

Klimaschutzinvestitionen für die Transformation des Energiesystems

nach Sektoren und Anwendungen

Inhaltsverzeichnis

1

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

2

Forschungsfrage und Methode

3

Gesamtergebnisse Klimaschutzinvestitionen

4

Detailergebnisse – Blick in die Sektoren

5

Klimaschutzbezogene Gesamtinvestitionen

6

Annuitäten und Energiekosten

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

01

Zusammengefasste Ergebnisse und Schlussfolgerungen

- Ziel der Studie ist es, die notwendigen Klimaschutzinvestitionen für den Umbau des Kapitalstocks im Rahmen der angestrebten Transformation hin zur Klimaneutralität abzuschätzen.
- Es gibt keine allgemein gültige Definition des Begriffs Klimaschutzinvestition. Als Klimaschutzinvestitionen werden hier diejenigen Investitionen aufgefasst, welche ohne Klimaschutz nicht getätigt würden.
- Berechnet werden die Klimaschutzinvestitionen auf Grundlage von Mengengerüsten aus der Modellierung von Klimaschutzenszenarien mit Bottom-up-Modellen. Für die Berechnung der Investitionen werden die Mengengerüste mit technologiespezifischen Kosten monetarisiert.
- Zwei Transformationspfade wurden betrachtet:
 - Der erste Pfad zielt auf die Erreichung der Klimaschutzziele für 2030 und 2045 ab (Zielpfad).
 - Der zweite Pfad setzt den Regulierungsstand von 2020 fort und erreicht eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um etwa 80 Prozent bis 2045 im Vergleich zu 1990 (Referenzpfad).

Zusammengefasste Ergebnisse und Schlussfolgerungen

- Für die Transformation bis zum Jahr 2045 werden deutlich höhere Investitionen benötigt als bisher. Der größte Anteil der Investitionen wird überwiegend in den kommenden 10–15 Jahren erforderlich.
 - Im betrachteten Transformationspfad steigen die Klimaschutzinvestitionen von rund 50 Mrd. Euro₂₀₂₀/a auf rund 150 Mrd. Euro₂₀₂₀/a im Zeitraum 2025 bis 2035.
 - Nach 2035 sind die wesentlichen Weichen für die Transformation gestellt, der Bedarf nach Klimaschutzinvestition wird rückläufig.
 - Investitionen werden insbesondere in den Sektoren Gebäude und Energiewirtschaft sowie für den Auf- und Ausbau der Infrastruktur benötigt.
 - Die Klimaschutzinvestitionen belaufen sich aktuell auf rund 8% der Bruttoanlageinvestitionen, dieser Anteil könnte zwischenzeitlich auf bis zu 20% steigen.
 - Bezogen auf das BIP lag der Anteil der Klimaschutzinvestitionen in den letzten Jahren bei rund 2%, bis 2030 erhöht sich der Anteil im Zielpfad auf zwischenzeitlich rund 4,5%.
- Für die Abschätzung der zukünftig aufzubringenden Investitionen werden zusätzlich zum Klimaschutzanteil auch die «Ohnehin»-Investition (für die Referenztechnologie) berücksichtigt. Unter dieser Abgrenzung werden im Zeitraum 2025–2035 jährliche Investitionen im Umfang von rund 400 Mrd. Euro₂₀₂₀ getätigt. Langfristig sinkt der Investitionsbedarf zurück auf das heutige Niveau.
- Die makroökonomischen Effekte werden im Rahmen eines anderen Vorhabens untersucht. Anhand der Erfahrung aus vergleichbaren Analysen werden leicht positive Effekte auf das Wirtschaftswachstum erwartet.

Zusammengefasste Ergebnisse und Schlussfolgerungen

- Für den Gebäudesektor zeigt sich ein sehr hoher Investitionsbedarf. Die relevanten Güter (Gebäude, Wärmeerzeuger) sind sehr langlebig. Betrachtet über die gesamte Lebensdauer wiegen die eingesparten Energiekosten die Mehrinvestitionen in den Klimaschutz in etwa auf (dabei wird kein Einsatz von Wasserstoff unterstellt). Nicht alle Akteure dürften aber fähig sein, ohne Förderung die Zusatzinvestition zu tätigen.
- In Verkehrssektor werden vergleichsweise wenig Mehrinvestitionen benötigt. Zudem ergeben sich bei den Energiekosten hohe Einsparungen. Die Klimaschutzinvestitionen sind wirtschaftlich. Beim Flugverkehr, welcher langfristig vollständig auf synthetischem Kerosin oder Biotreibstoffen basieren soll, steigen die Treibstoffkosten jedoch stark an.
- Im Vergleich zu den anderen Sektoren sind die notwendigen Klimaschutzinvestitionen im Industriesektor gering. Die Klimaschutzinvestitionen müssen jedoch für die Transformation im Vergleich zum Jahr 2020 um etwa den Faktor 2 bis 2,5 erhöht werden. Für den gesamten Industriesektor selbst ergibt sich dadurch jedoch keine Reduktion der Energiekosten. Der Einsatz von Wasserstoff führt im Industriesektor zu höheren Energiekosten (bei Unternehmen ohne Wasserstoffbedarf können die Energiekosten abnehmen).
- Auch für die stoffliche Nutzung von Energieträgern ergeben sich für den Industriesektor durch den Einsatz klimaneutraler synthetischer Energieträger deutlich höhere Energiekosten; dies betrifft vor allem die Grundstoffchemie und die Stahlerzeugung.

Forschungsfrage und Methode

02

Welche Investitionen erfordert die Transformation des Energiesystems?

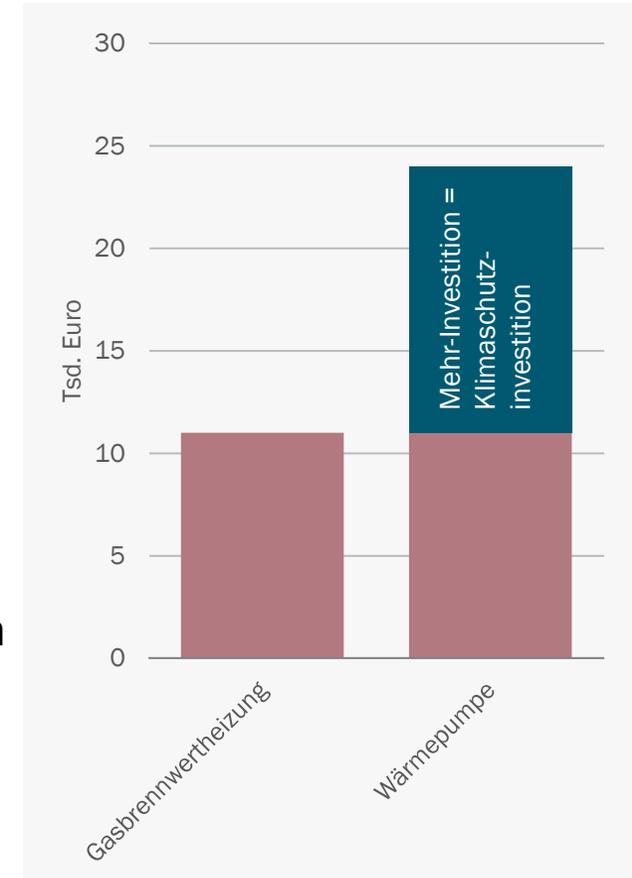
Untersuchungsgegenstand

- Abschätzung der notwendigen Klimaschutzinvestitionen (KSI) für den Umbau des Kapitalstocks im Rahmen der angestrebten Transformation hin zur Klimaneutralität
- Betrachtung von zwei Transformations-Pfaden:
 - a. Pfad zur Erreichung der Klimaziele 2030 und 2045 sowie
 - b. Referenzpfad, basierend auf der Fortschreibung des Regulierungsstands des Jahres 2020 (THG ca. -80% bis 2045 ggü. 1990)
- Ausweisung von jährlichen Investitionen sowie daraus abgeleitet: kumulierte Investitionen bis 2030/2045, in realen Preisen mit Preisbasis 2020
- Disaggregation der Klimaschutzinvestitionen nach Sektoren und Technologien
- Vergleich der Klimaschutzinvestitionen mit den eingesparten Energiekosten
- Einordnung der verschiedenen Investitionsgrößen
- Diese Arbeit stellt die Grundlagen für die Ermittlung volkswirtschaftlicher Auswirkungen der Klimaschutzinvestitionen bereit, die in weiteren Arbeiten berechnet und genauer analysiert werden.
- Die Ergebnisse dieser Arbeit sind ein notwendiger erster Schritt auf dem Weg zur Ermittlung gesamtwirtschaftlicher Auswirkungen; sie dürfen nicht als «Kosten der Transformation» missverstanden werden.

Methodischer Ansatz

Definition der Klimaschutzinvestitionen

- Investitionen, welche ohne Klimaschutz nicht getätigt würden
 - Mehr-Investitionen (oder teilweise auch Minder-Investitionen) gegenüber konventionellen (fossilen) Referenztechnologien
 - Investitionen in Güter, die ohne Klimaschutz nicht nachgefragt würden (z.B. CCS/NET, H₂-Infrastruktur)
- Abgrenzung:
 - Berücksichtigt werden sowohl Investitionen zur Erweiterung der Bestände an Anlagen/Fahrzeuge/Geräte, als auch Investitionen in den Ersatz bestehender Anlagen
 - Sach-Investitionen, aber keine laufenden Kosten, Forschungs- und Bildungsausgaben
 - keine Investitionen in Naturkapital (ohne Land- und Forstwirtschaftliche Maßnahmen)
 - Berücksichtigung von wegfallenden Investitionen (fossile Infrastruktur)
- Herausforderungen
 - Referenztechnologie nicht immer eindeutig, (z.B. Gasheizung, effiziente Elektrogeräte)
 - Unklare Zuordnung von Technologien, insbesondere bei Gas/H₂, wo diese sowohl mit grünen als auch mit fossilen Gasen genutzt werden können
 - Datengrundlagen je nach Sektor und Anwendung unterschiedlich
 - Bei der Stromerzeugung wurde keine hypothetische, kontrafaktische Entwicklung ohne Klimaschutz erstellt



Methodischer Ansatz

Grundlagen

- Mengengerüst aus der Modellierung von Klimaschutzszenarien mit Bottom-up-Modellen
 - Roadmap Energieeffizienz 2045 (Referenz und Zielszenario)
 - jährliche Installationen bzw. Absätze (Erweiterung und Ersatz)
- Technologiekosten und Annahmen zur Entwicklung der Technologiekosten (aus Literatur)
- Die Investitionen werden in der Regel aus der Verknüpfung der jährlichen Neuinstallationen und den spezifischen Technologiekosten berechnet
- Klimaschutzinvestition: Investitionen in Klimaschutzgüter abzüglich hypothetischer Investitionen in fossile Referenztechnologien; Beispiele:
 - Wärmepumpe (Klimaschutztechnologie) im Vergleich zu Gasbrennwertheizung (Referenztechnologie)
 - Gebäude: energetische Sanierung vs. Instandhaltung («Pinselsanierung»)
 - Elektro-Pkw im Vergleich zu Verbrenner-Pkw
- Referenzpfad: Trendfortschreibung basierend auf dem Regulierungsstand 2020 (inkl. Klimaschutzprogramm 2030 aus dem Jahr 2019, aber ohne Klimaschutzpaket 2022)
- Hinweise: Das Roadmap-Szenario besitzt einen starken Fokus auf Effizienzmaßnahmen. Annahmen über künftige Entwicklungen beeinflussen die Ergebnisse. Bezüglich der Entwicklung der zukünftigen Preise (Technologien, Energie, aber auch CO₂) bestehen teilweise erhebliche Unsicherheiten.

Methodischer Ansatz

Ergänzende Analysen

- Gesamtinvestitionen (siehe Abschnitt 4)
 - Zusätzlich zu den Klimaschutzinvestitionen werden die klimaschutzbezogenen Gesamtinvestitionen betrachtet, die mit der Transformation im Energiesystem verbunden sind. Diese Gesamtinvestitionen beinhalten das Investitionsvolumen inkl. der Investition für die Referenztechnologie (z.B. Gebäude, Heizungsanlagen).
 - Die klimaschutzbezogenen Gesamtinvestitionen geben Auskunft über das Investitionsvolumen, das insgesamt mit der Transformation verbunden ist und zeigt, welche Güter insgesamt "angefasst" werden müssen (z.B. Häuser, Fahrzeuge, Produktionsanlagen).
- Annualisierte Klimaschutzinvestitionen und eingesparte Energiekosten (siehe Abschnitt 5)
 - Mit der Annualisierung werden die jährlichen Investitionen über die Lebensdauer der Güter verzinst und verteilt.
 - Ein Vergleich mit den eingesparten Energiekosten gibt Hinweise auf die Wirtschaftlichkeit der Klimaschutzmaßnahmen (sektoral und in Summe, nicht bezogen auf Einzelmaßnahmen und -akteure).
- Zur Einordnung werden die verschiedenen ermittelten Investitionsaggregate mit gesamtwirtschaftlichen Größen verglichen. Diese Vergleiche beinhalten keine Aussagen über die volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Investitionen. Diese werden auf Basis der hier ermittelten Werte in weiteren Studien anhand detaillierter Rechnungen mit entsprechenden volkswirtschaftlichen Modellierungen ermittelt.

Begriffserklärungen

Definitionen der verwendeten Investitions- und Kostenbegriffe

- **Klimaschutzinvestitionen:** Investitionen, welche ohne Klimaschutz nicht getätigt würden. Sie berücksichtigen nur die Mehr- (und ggf. Minder-)Investitionen ggü. den konventionellen (fossilen) Referenztechnologien, die ohnehin getätigt werden müssten; beispielweise die Mehrkosten einer Wärmepumpe im Vergleich zu einer Gasbrennwertheizung. Bei Investitionen in Technologien, die ohne Klimaschutz nicht getätigt würden (z.B. CCS und Wasserstoffherzeugung), werden die gesamten Investitionen als Klimaschutzinvestition betrachtet (keine Ohnehin-Investitionen).
- **Klimaschutzbezogene Gesamtinvestitionen:** Dabei handelt es sich um die Klimaschutzinvestition zuzüglich der Ohnehin-Investitionen durch die konventionellen Referenztechnologien. Sie beinhalten beispielweise die Gesamtinvestitionen für Wärmepumpen, aber auch Investitionen in Gasbrennwertheizungen, soweit solche im Szenario noch getätigt werden. Die klimaschutzbezogenen Gesamtinvestitionen geben Auskunft über das Volumen, das insgesamt im Laufe der Transformation umgeschlagen werden muss, inklusive derjenigen Investitionen, die ohnehin getätigt werden.
- **Differenzinvestitionen:** Diese Investitionen beziehen sich auf die Differenz zwischen dem Ziel- und dem Referenzpfad. Die Differenzen können sich je nach Kontext auf die Klimaschutzinvestitionen oder auf die klimaschutzbezogenen Gesamtinvestitionen beziehen.
- **Kumulierte Investitionen:** Summierung von jährlichen Investitionen über einen angegebenen Zeitraum, z.B. Summe der jährlichen Investitionen im Zeitraum 2020 bis 2030 oder im Zeitraum 2020 bis 2045.

Begriffserklärungen - Fortsetzung

Definitionen der verwendeten Investitions- und Kostenbegriffe

- **Annualisierte Klimaschutzinvestitionen:** Gleichmäßige Verteilung der Klimaschutzinvestitionen und der Kapitalzinsen über die Lebensdauer der Sachgüter. Beispiel für ein Sachgut mit einer Lebensdauer von 10 Jahren. Die Investition des Gutes im Jahr t_1 und die Kapitalzinsen werden gleichmäßig auf die Jahre t_1 bis t_{10} verteilt (wobei die Jahresscheiben in die Investitionen der Jahre t_1 bis t_{10} einfließen).
- **Eingesparte Energiekosten:** Die Energiekosten werden aus dem jährlichen Energieverbrauch und den Energieträgerpreisen separat für den Referenz- und den Zielpfad berechnet. Die Berechnung erfolgt auf Ebene der Verbrauchssektoren nach Energieträgern (sektorspezifische, aber über beide Szenarien identische Energiepreise). Die eingesparten Energiekosten ergeben sich aus den Energieausgaben im Referenzpfad abzüglich der Energieausgaben im Zielpfad. In einzelnen Jahren und Sektoren können sich im Zielpfad auch höhere Energieausgaben ergeben (u.a. durch den Einsatz teurer strombasierter Energieträger wie Wasserstoff).
- **Direkte Mehrkosten:** Vergleich zwischen den beiden Szenarien: Differenz zwischen den annualisierten Klimaschutzinvestitionen abzüglich der eingesparten Energiekosten.
- Die hier genannten Investitionen und Energiekosten sowie Mehrkosten sind in einer volkswirtschaftlichen Betrachtung ermittelt. Sie beziehen sich nicht auf Akteure und berücksichtigen keine Verteilungseffekte oder Anreizinstrumente. (Die Investitionen in Anlagen und Bauten insgesamt werden nicht dadurch reduziert, dass z.B. der Staat einen Teil davon durch eine Förderung übernimmt. Nur die Verteilung der Lasten und Einsparungen auf die Akteure wird verändert.)

Gesamtergebnisse Klimaschutzinvestitionen

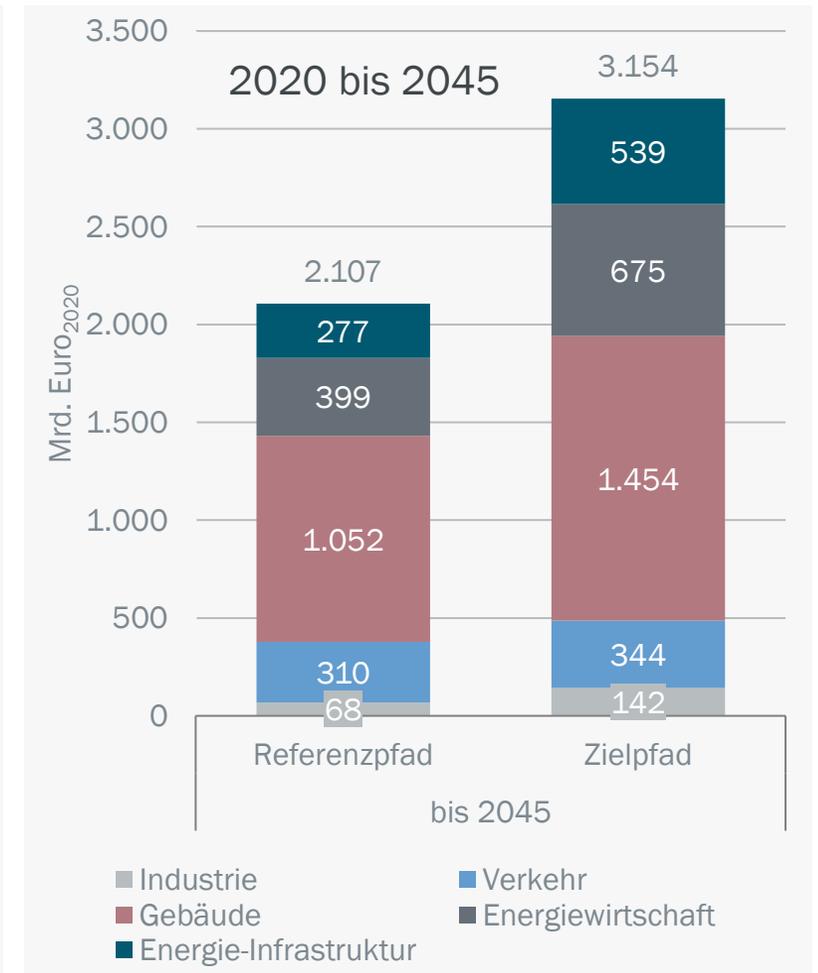
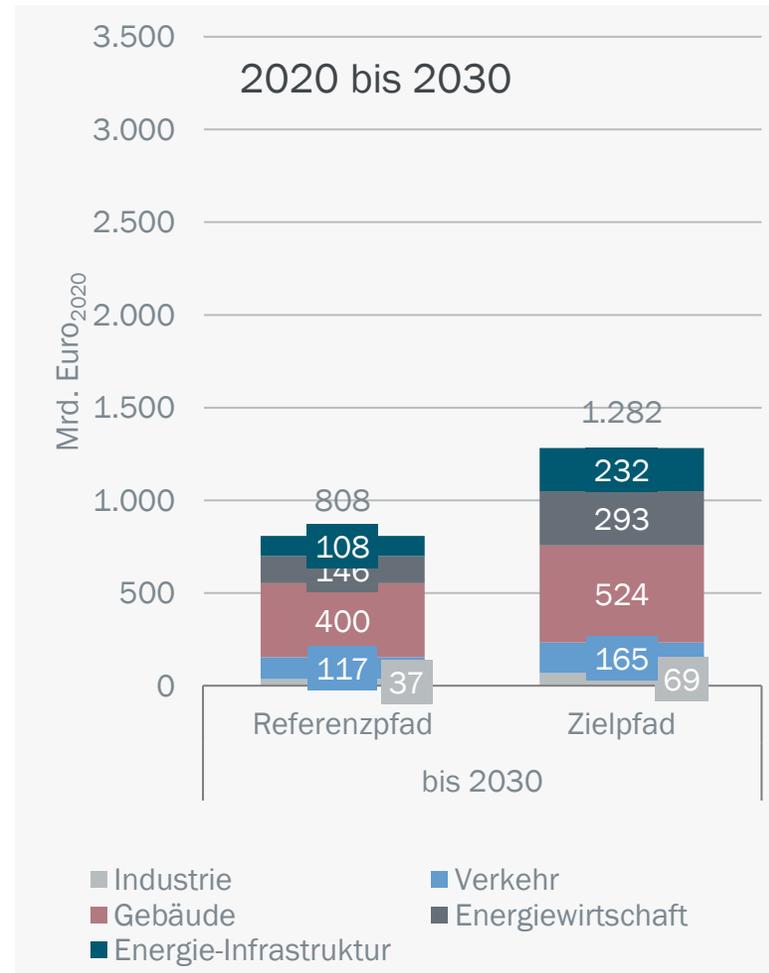


03

Klimaschutzinvestitionen bis 2030 / 2045

Kumulierte Klimaschutzinvestitionen

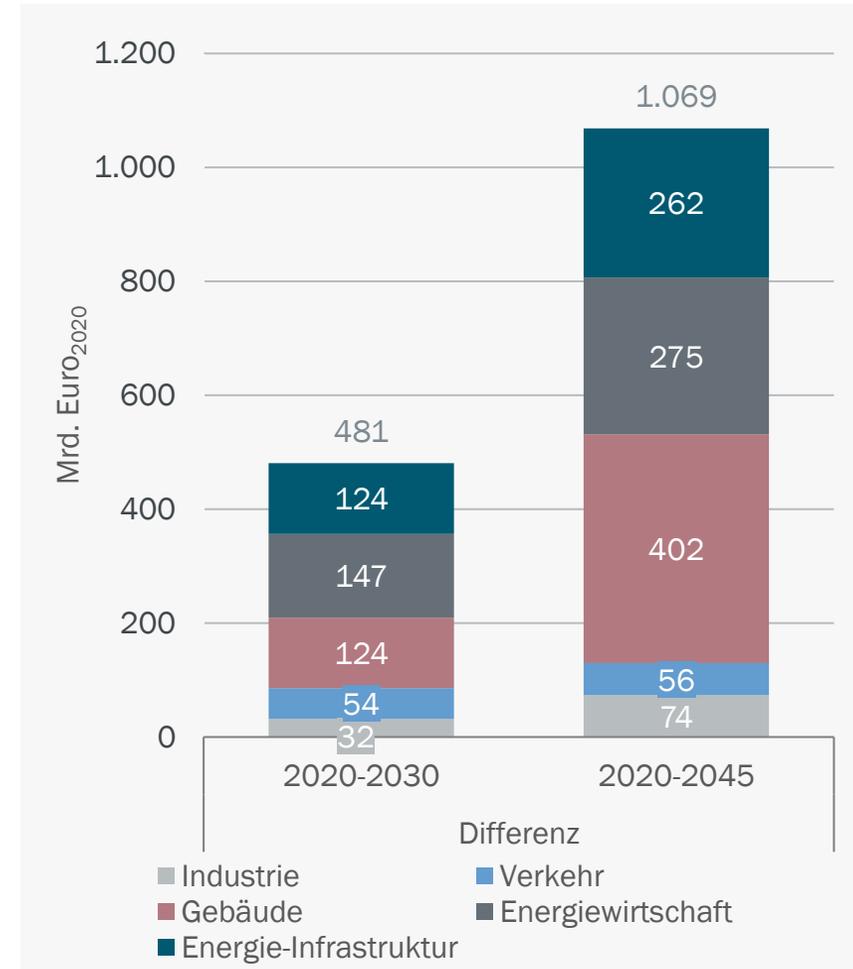
- Bereits im Referenzpfad (basierend auf der aktuellen Regulierung) werden rund 2/3 der zur Zielerreichung notwendigen Klimaschutzinvestitionen (KSI) angereizt.
- Der Gebäudesektor (enthält Wohn und Nichtwohngebäude des Sektors GHD wie z.B. Bürogebäude, Krankenhäuser) weist den höchsten, der Industriesektor den geringsten Bedarf an Klimaschutzinvestitionen auf.
- Hohe Investitionen sind auch in der Energiewirtschaft und der Energieinfrastruktur erforderlich.



Kumulierter zusätzlich notwendiger Investitionsbedarf

Differenzinvestitionen: Ziel- zu Referenzpfad

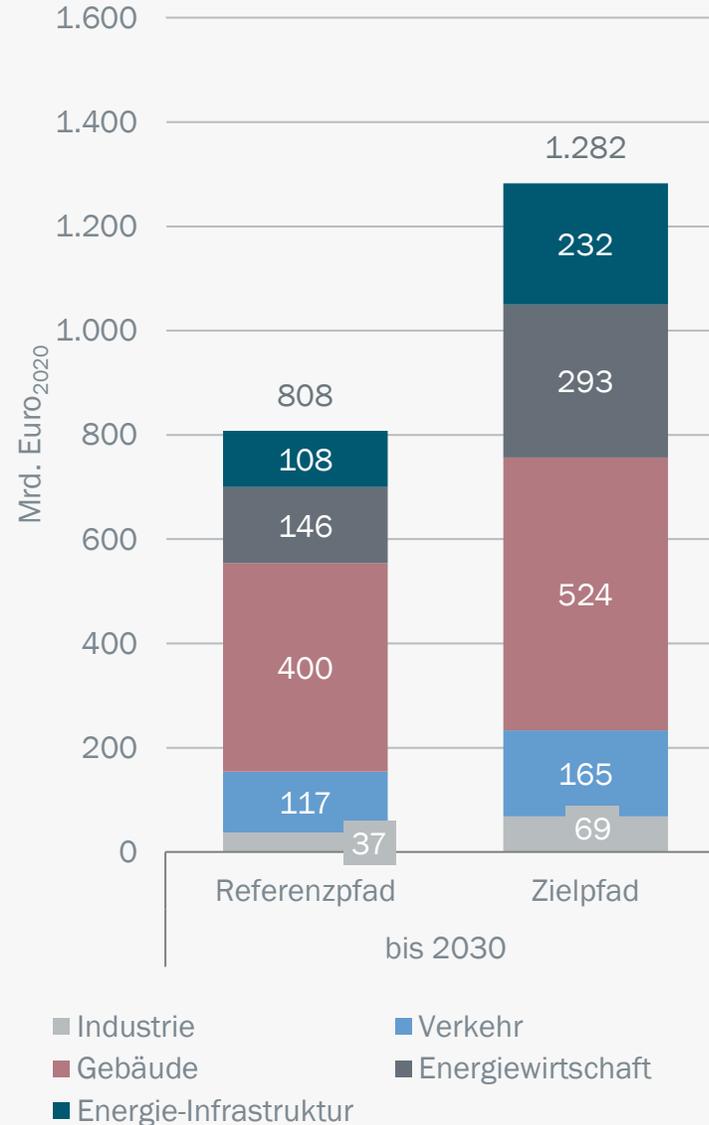
- Ab dem Jahr 2020 bis zum Jahr 2030 (respektive 2020 - 2045) kumulierte Klimaschutzinvestitionen: Differenz zwischen Referenz und Zielpfad.
- Hohe Zusatzinvestitionen sind notwendig in den Bereichen Gebäude, Energieerzeugung und Energie-Infrastruktur.
- Gebäude: Der Zusatzbedarf ergibt sich insbesondere durch den starken Ausbau der Wärmepumpen, verstärkt durch den vorzeitigen Ersatz von Gaskesseln vor 2045, sowie die höhere Sanierungsaktivität. (Der Ausbau und die Erzeugung der Fernwärme ist in den Sektoren Energiewirtschaft und Energie-Infrastruktur verbucht.)



Kumulierte Investitionen bis 2030

Vergleich mit Studie BCG/BDI

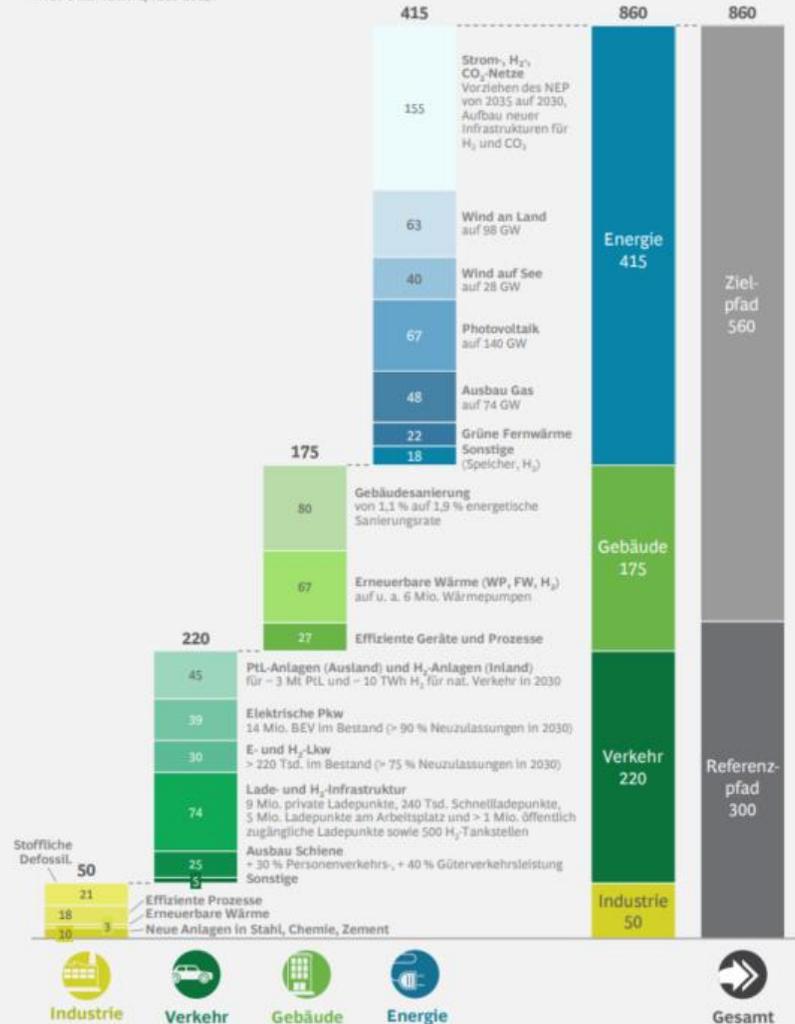
- Höhere Investitionen in der Referenz und im Zielpfad, Differenzinvestitionen sind in etwa vergleichbar.
- Ursache für die höheren Klimaschutzinvestitionen liegt in der Entwicklung der Bereiche Gebäude und Energie-Infrastruktur.
- Für die Sektoren Verkehr, Industrie und Energie-Erzeugung werden KSI in einer vergleichbaren Größenordnung abgeschätzt.



860 Mrd. Euro Mehrinvestitionen für Klimaschutz bis 2030

ABBILDUNG 18 | Kumulierte Mehrinvestitionen 2021 – 2030

Mrd. € kumuliert, real 2019



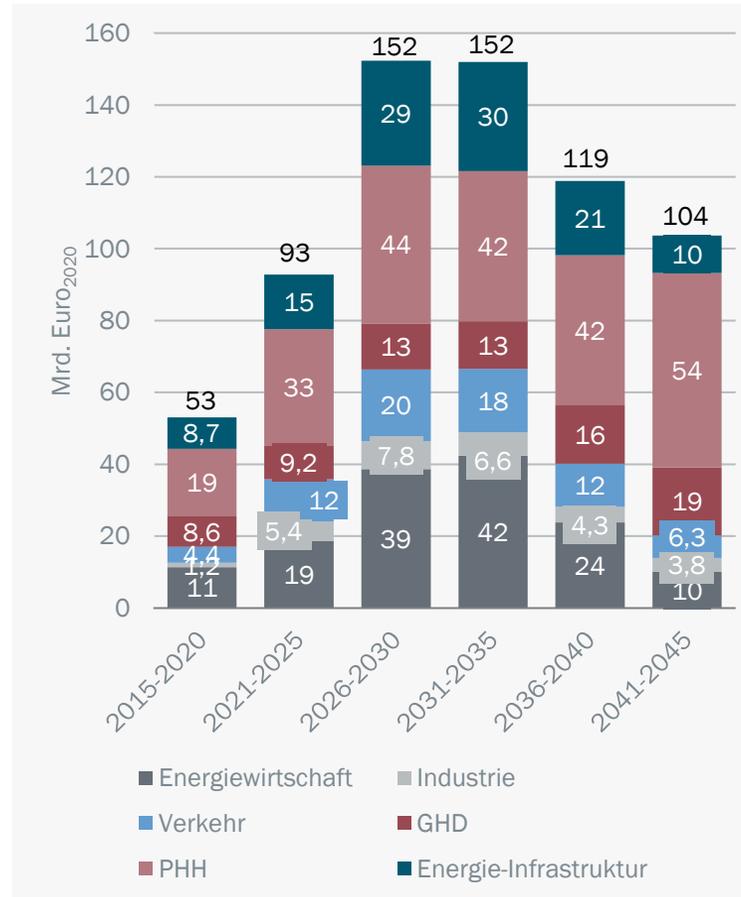
Anmerkung: Bei erneuerbarer Wärme sowie alternativen Antrieben im Verkehr beschreiben die Mehrinvestitionen die Anschaffungskosten ggü. konventionellen

Jährliche Klimaschutzinvestitionen

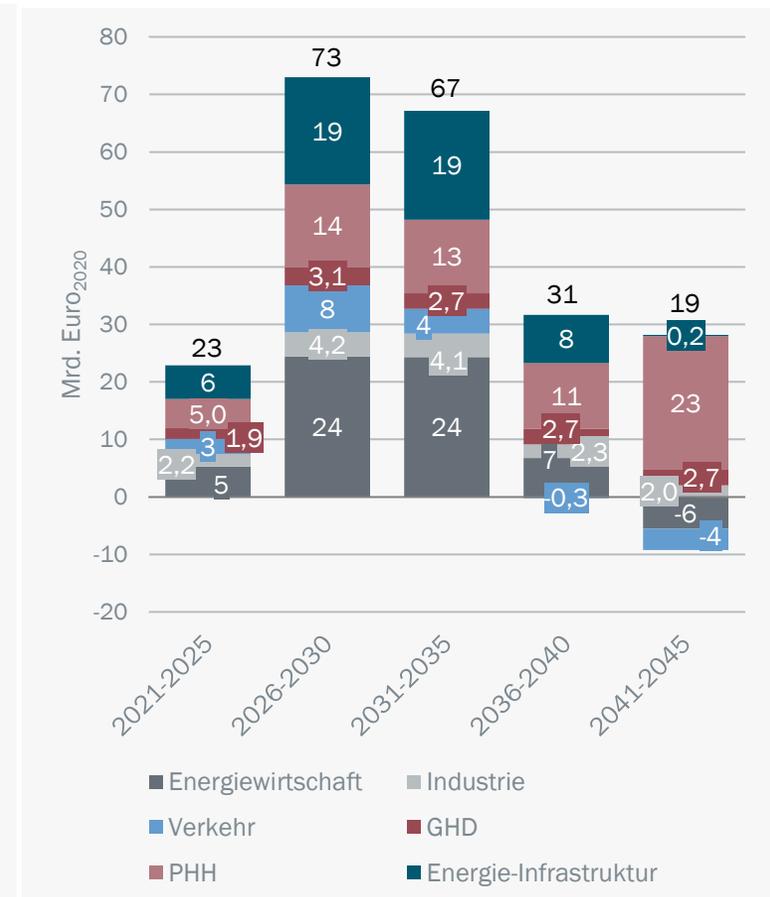
Gemittelte Jahreswerte im Zeitverlauf

- Der Bedarf an Klimaschutzinvestitionen und Differenzinvestitionen ggü. dem Referenzpfad sind zwischen 2025 und 2035 am höchsten.
- Gebäude: konstant hoher und im Zeitverlauf ansteigender Investitionsbedarf (nach 2045 abnehmend).
- Energiewirtschaft und Energieinfrastruktur: starker Ausbau und Investitionsbedarf zwischen 2025 und 2035
- Längerfristig ist der Investitionsbedarf rückläufig, in den Sektoren Energiewirtschaft und Verkehr wird er geringer als im Referenzpfad.

Zielpfad



Differenzinvestition ggü. Referenz

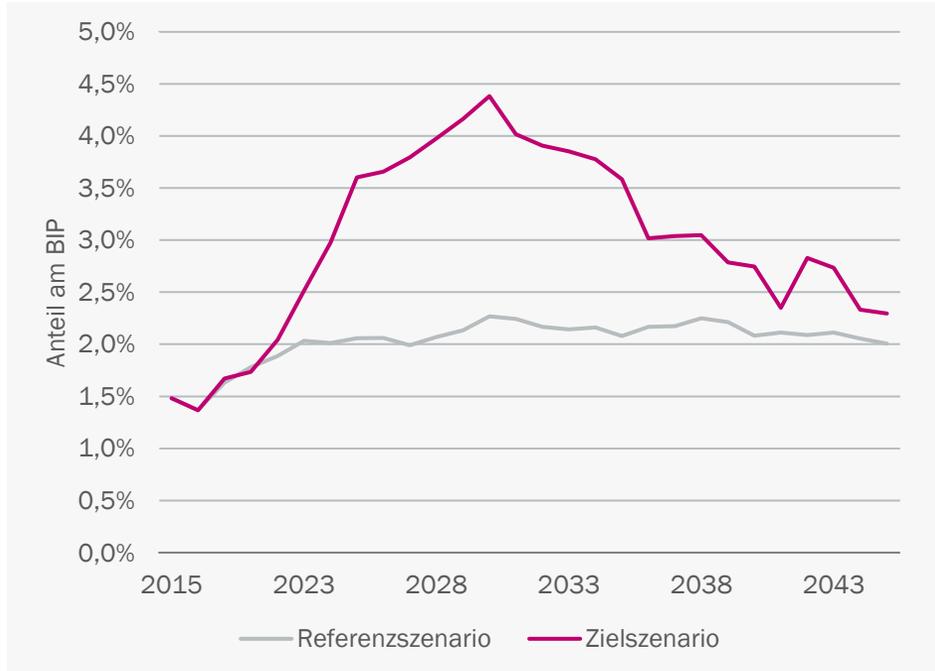


Einordnung der Investitionen

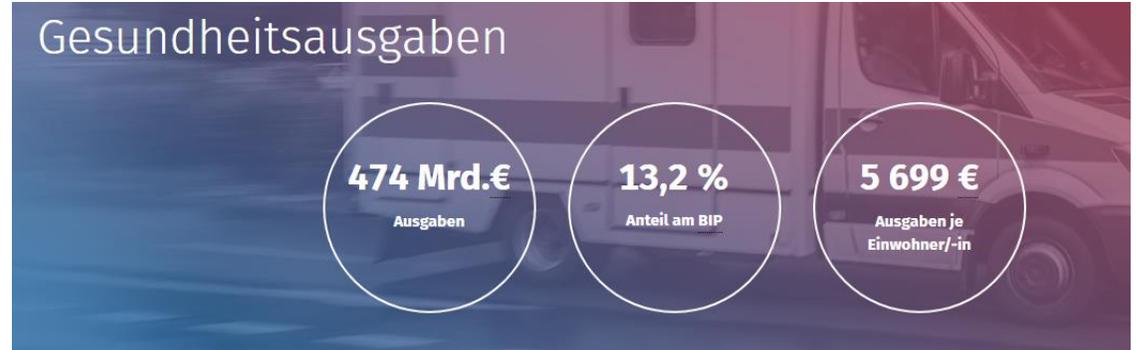
Klimaschutzinvestitionen – Anteil am BIP

Jährliche Mittelwerte 2025–2045:

- Referenz: rund 85 Mrd. Euro₂₀₂₀
- Zielpfad: rund 132 Mrd. Euro₂₀₂₀



Hinweis: BIP-Anteil bezogen auf das BIP des jeweiligen Jahres
BIP-Berechnung basierend auf Abschätzungen von GWS 2024



Detailergebnisse – Blick in die Sektoren



04

Verkehr – Aufteilung der Kostenkategorien



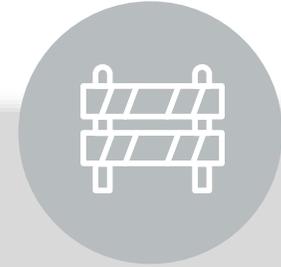
CAPEX - Fahrzeuge

- Fahrzeugkategorien: Pkw, leichte und schweren Nutzfahrzeuge und Busse
- Fahrzeugmehrkosten der elektrischen Antriebe (gegenüber Referenztechnologie: fossil)
- Batteriepreisentwicklung bestimmt die Fahrzeugkostenentwicklung ex-ante



Ladeinfrastruktur

- Ladeinfrastruktur für Elektromobilität in den Kategorien: private Wallbox, öffentliche Ladestation (AC / DC)
- Für jedes Elektrofahrzeug wird ein privater Ladepunkt angenommen
- Hochlauf öffentliche Ladepunkte 2030:
 - Ziel: 300 Tsd. AC + 30 Tsd. DC (BDEW)
 - Ref: 190 Tsd. AC + 20 Tsd. DC



Schienenverkehr

- Unterschiedliche Nachfrage beim Schienenverkehr (Modal Split)
- Kategorien: Mehrinvestitionen in Schienenverkehr, Elektrifizierung Schienenverkehr
- Beim Schienenverkehr konnten aktuell nur die Differenzkosten berechnet werden

Verkehr

Kurzfristig höhere Investitionen im Zielpfad, langfristig wird der Zielpfad günstiger

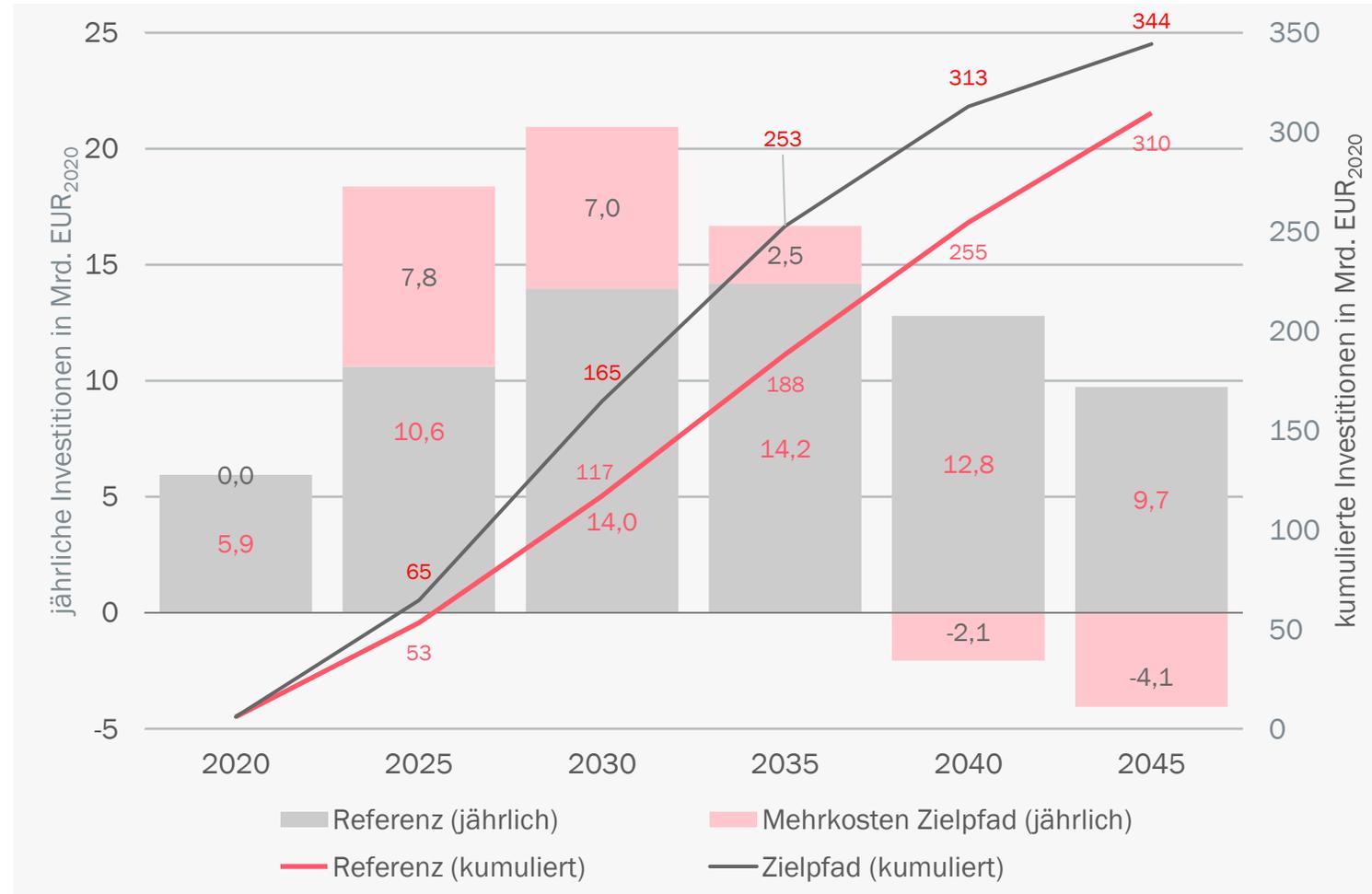
Referenz

- In der Referenz steigen die jährlichen Investitionen in Klimaschutz von rund 6 Mrd. EUR₂₀₂₀ auf 14 Mrd. EUR₂₀₂₀.
- Kumulierte Investitionen, von 2020
 - bis 2030: 117 Mrd. EUR₂₀₂₀
 - bis 2045: 310 Mrd. EUR₂₀₂₀

Zielpfad

- Bis zum Jahr 2037 ergeben sich jährliche Mehrinvestitionen, danach ist der Investitionsbedarf im Zielpfad geringer als in der Referenz
- Kumulierte Investitionen, von 2020
 - bis 2030: 165 Mrd. EUR₂₀₂₀ (+48 Mrd.)
 - bis 2045: 344 Mrd. EUR₂₀₂₀ (+33 Mrd.)

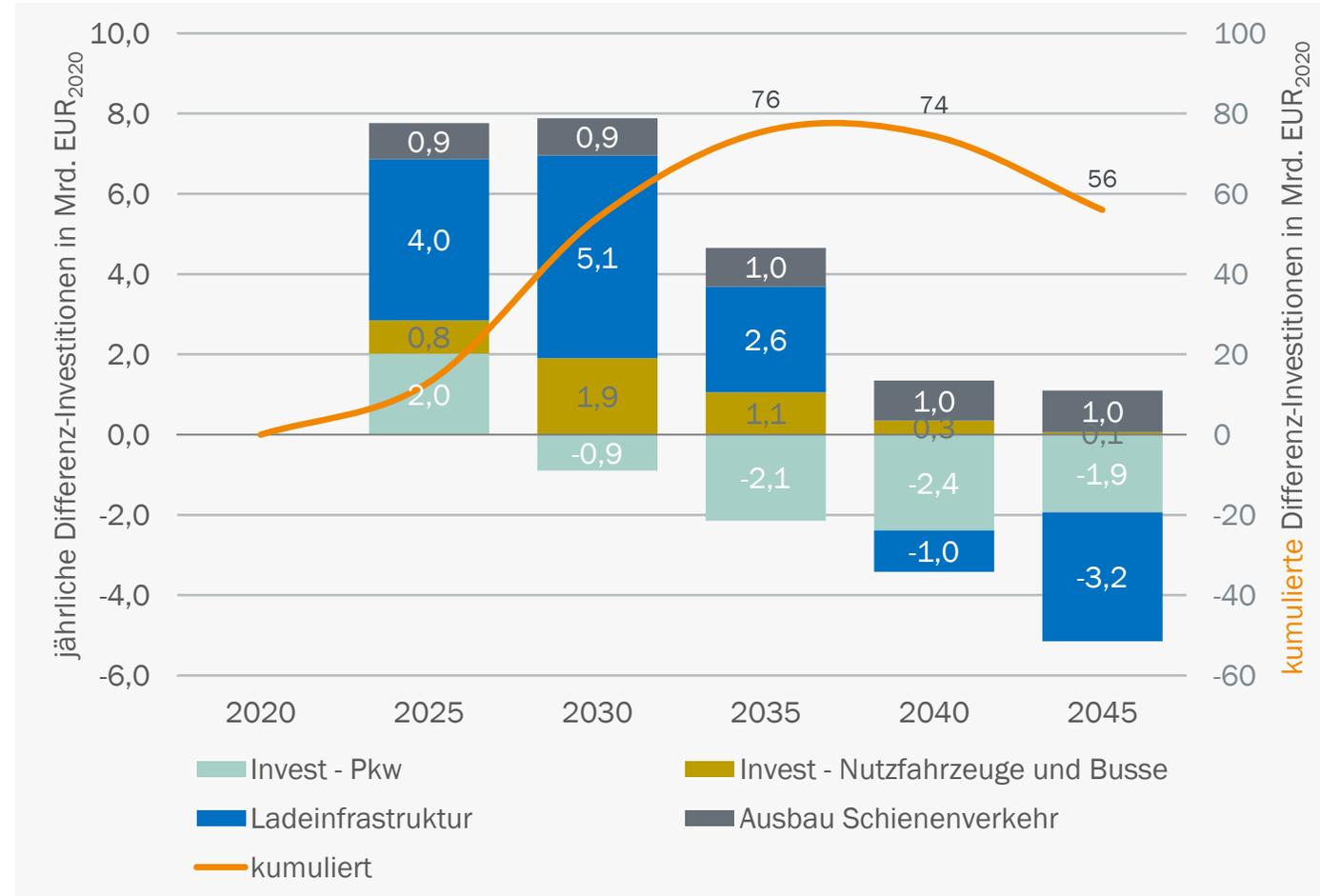
Hinweis: Werte ohne Schienenverkehr



Verkehr

Der schnelle Ausbau der privaten und öffentlichen Ladeinfrastruktur ist der Aufwandstreiber bis 2030

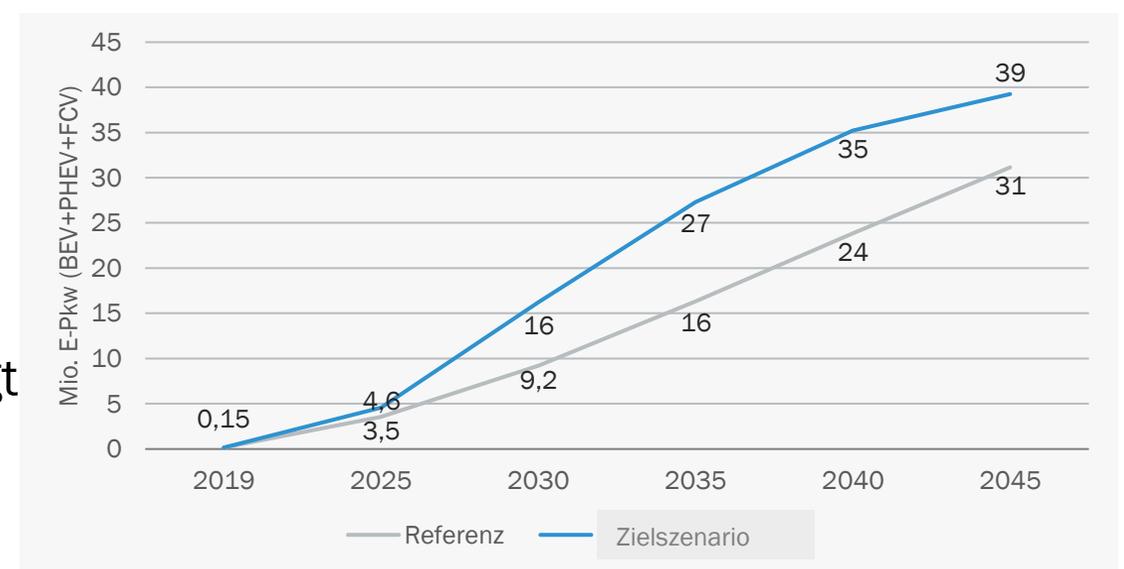
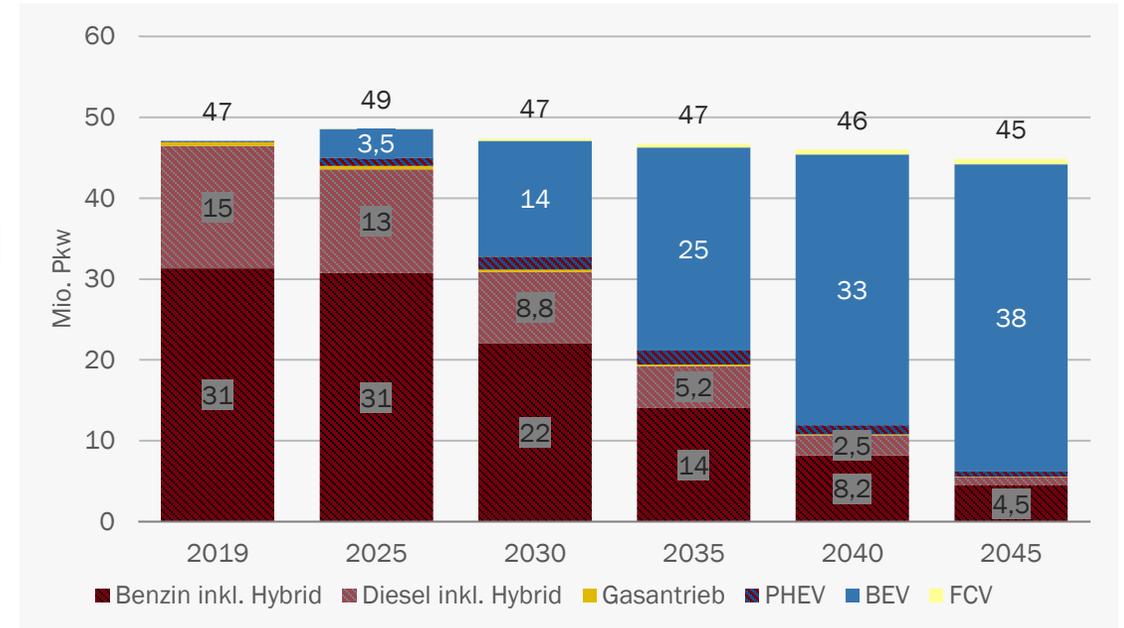
- Die jährlichen Mehr-Investitionen betragen bis zu 9 Mrd. EUR₂₀₂₀ (Maximum im Jahr 2027)
- Im Jahr 2045 ist der Investitionsbedarf im Zielpfad rund 4 Mrd. EUR₂₀₂₀ geringer
- Kumulierte Mehrinvestitionen steigen bis 2037 auf annähernd 80 Mrd. EUR₂₀₂₀ und nehmen dann wieder ab (2045: 56 Mrd. EUR₂₀₂₀).
- Der Aufbau der Ladeinfrastruktur treibt die Klimaschutzinvestitionen; im Zielpfad sind es hier jährlich rund 10 Mrd. EUR₂₀₂₀. Im Zielszenario erfolgt der Hochlauf früher und schneller (Mehrinvestitionen bis 2035). In der Referenz erfolgt der Ausbau verzögert, dadurch erklären sich die geringeren Investitionen im Zielszenario nach 2035.
- Die Mehrinvestitionen für elektrische Fahrzeuge sinken im Zeitverlauf und werden zu Minder-Investitionen..



Verkehr

Kleinere Autos und stärkere Elektrifizierung im Zielpfad

- Die Elektrifizierung erfolgt im Zielpfad deutlich beschleunigt.
- Im Jahr 2030 wird mit 16 Mio. E-Pkw (BEV: 14 Mio. und rund 2 Mio. PHEV) gerechnet, um das Klimaziel zu erreichen.
- Im Zielpfad sind im Jahr 2045 fast 90% der Pkw elektrifiziert. Zum Vergleich: In der Referenz sind es in 2045 knapp 70%.
- Anteil der Pkw-Segmente „Minis“ und „Kleinwagen“ liegt im Zielszenario im Jahr 2030 bei 21% (2019: 20%) und in der Referenz im Jahr 2030 bei 17% (Trend).



Industrie – Aufteilung der Kostenkategorien

Effizienzverbesserung

Wärmedämmung Gebäude

spez. Sanierungskosten und -rate
mit GHD-Sektor abgestimmt

Geräte

Anlegbare Kosten
Amortisation: 2 Jahre

Querschnittstechnologien

Anlegbare Kosten
Amortisation: 4 Jahre

Öfen

Anlegbare Kosten
Amortisation: 4 Jahre

Elektrolyse

spez. Investitionskosten
Chlor-Alkali-Elektrolyse

Anlagenzubau

Wärmepumpen

spez. Investitionskosten und
Volllaststunden analog GHD-Sektor

Solarthermie

spez. Investitionskosten und
Volllaststunden analog GHD-Sektor

Fernwärme

spez. Investitionskosten und
Volllaststunden analog GHD-Sektor

CCS

anlagenscharfe Transformationskosten
Zement, Kalk, (HVC, Eisen/Stahl)

Anlagenaustausch

Öfen

anhand EE-Einsatz/Elektrifizierung

Eisen/Stahl

anlagenscharfe Transformationskosten
Hochöfen → DRI (~100%)

Zement

anlagenscharfe Transformationskosten
Klinkerersatz/-vermeidung

Plattformchemikalien (HVC)

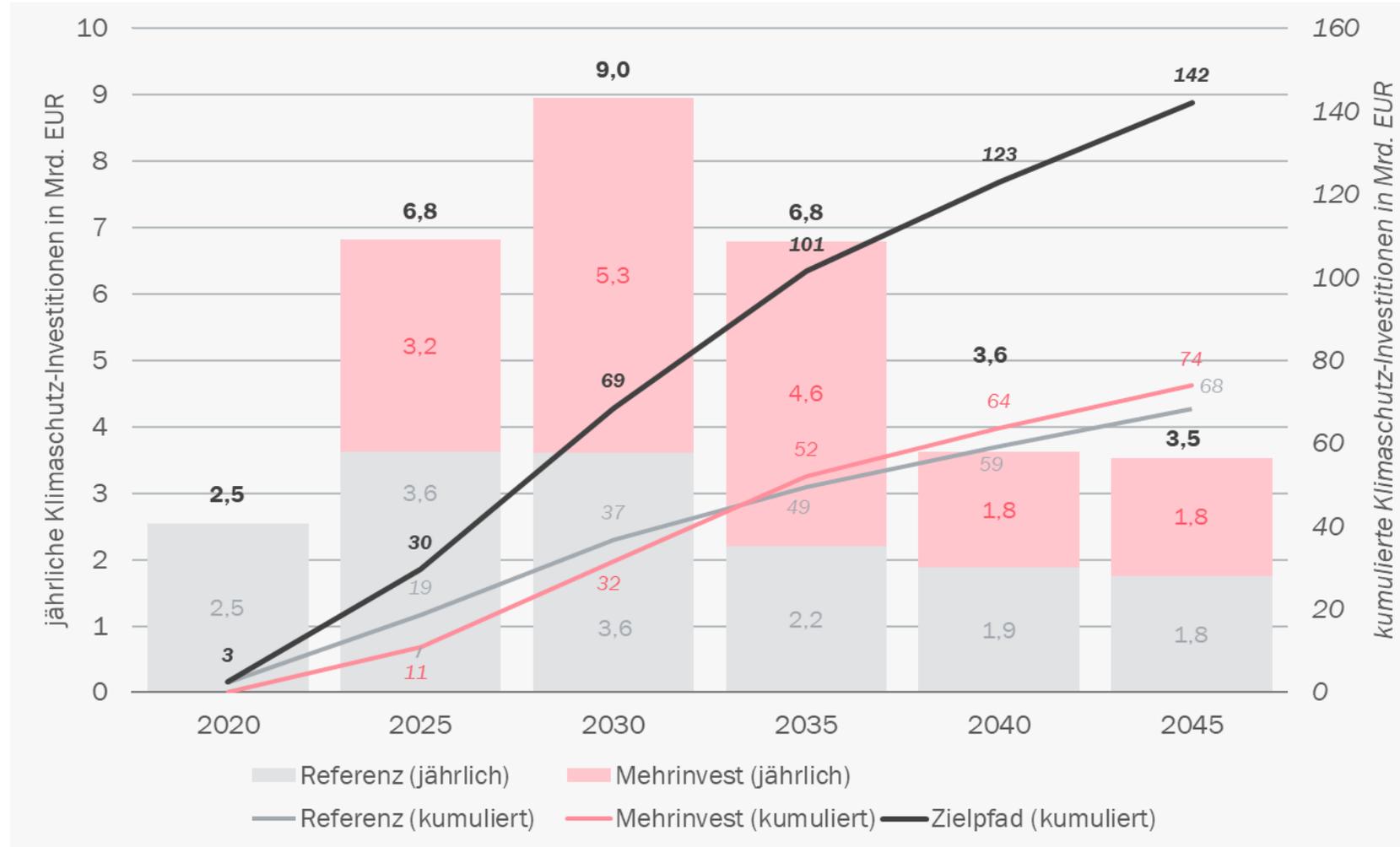
anlagenscharfe Transformationskosten
Steamcracker → MtO (~50%)

Industrie – Übersicht Investitionen

Verdoppelung der Klimaschutz-Investitionen

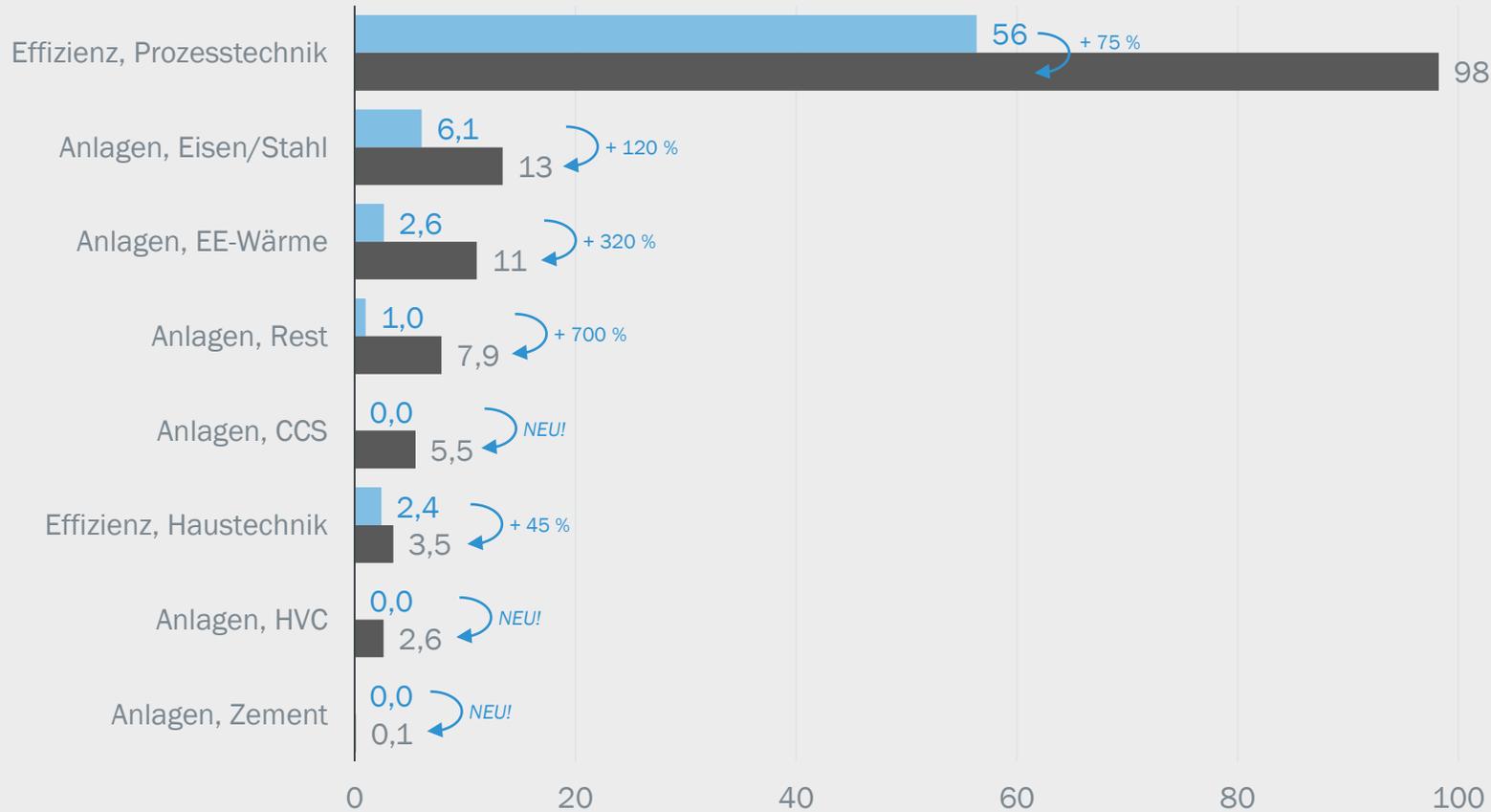
- Klimaschutz-Mehr-Investitionen ähnlich zu Klimaschutz-Baseline-Investitionen
 - 2021–2030
 - Referenz: 37 Mrd. Euro₂₀₂₀
 - Zielpfad: 69 Mrd. Euro₂₀₂₀
 - 2031–2045
 - Referenz: 32 Mrd. Euro₂₀₂₀
 - Zielpfad: 74 Mrd. Euro₂₀₂₀

- Investitionsspitze um 2030 mit rund 9 Mrd. Euro₂₀₂₀ jährlich



Industrie – Aufschlüsselung der Investitionen

Kumulierte Klimaschutz-Investitionen 2021–2045 in Mrd. EUR₂₀₂₀
Referenz (blau) und Zielpfad (anthrazit)



Effizienz in Summe mit dem höchsten Anteil an den Investitionen

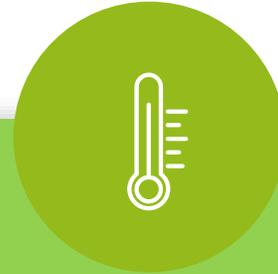
- hoher Anteil der Effizienzinvestitionen an Klimaschutzinvestitionen
 - Referenz 80 %
 - Zielpfad 70 %
- Dekarbonisierung Eisen/Stahl teuerster Einzelprozess
- Relative Anstrengung bei Anlagenumstellung am höchsten

Gebäude – Aufteilung der Kostenkategorien



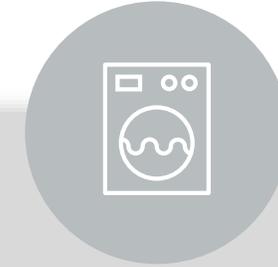
Gebäudehülle

- Alle energetischen Sanierungen werden als Klimaschutzinvestitionen betrachtet
- Neubau: Kostendifferenz ggü. Effizienzstandard 2002
- Investition abhängig von Fläche und Effizienzstandard
- steigende Baukosten werden berücksichtigt, unterstellt wird +1%/a (im Mittel der letzten 10 Jahre lag die Zunahme +1,6 %, in den Jahren 2018-21 war der Anstieg deutlich höher)



Wärmeerzeuger

- jährliche Einbaumengen nach Technologien und Gebäudetyt und Art des Einbaus (Neubau, Wechsel, Ersatz)
- Je Gebäudetyt und Sanierungsstandards unterschiedliche Anlagengröße (in kW)
- Referenztechnologie: Gasbrennwert



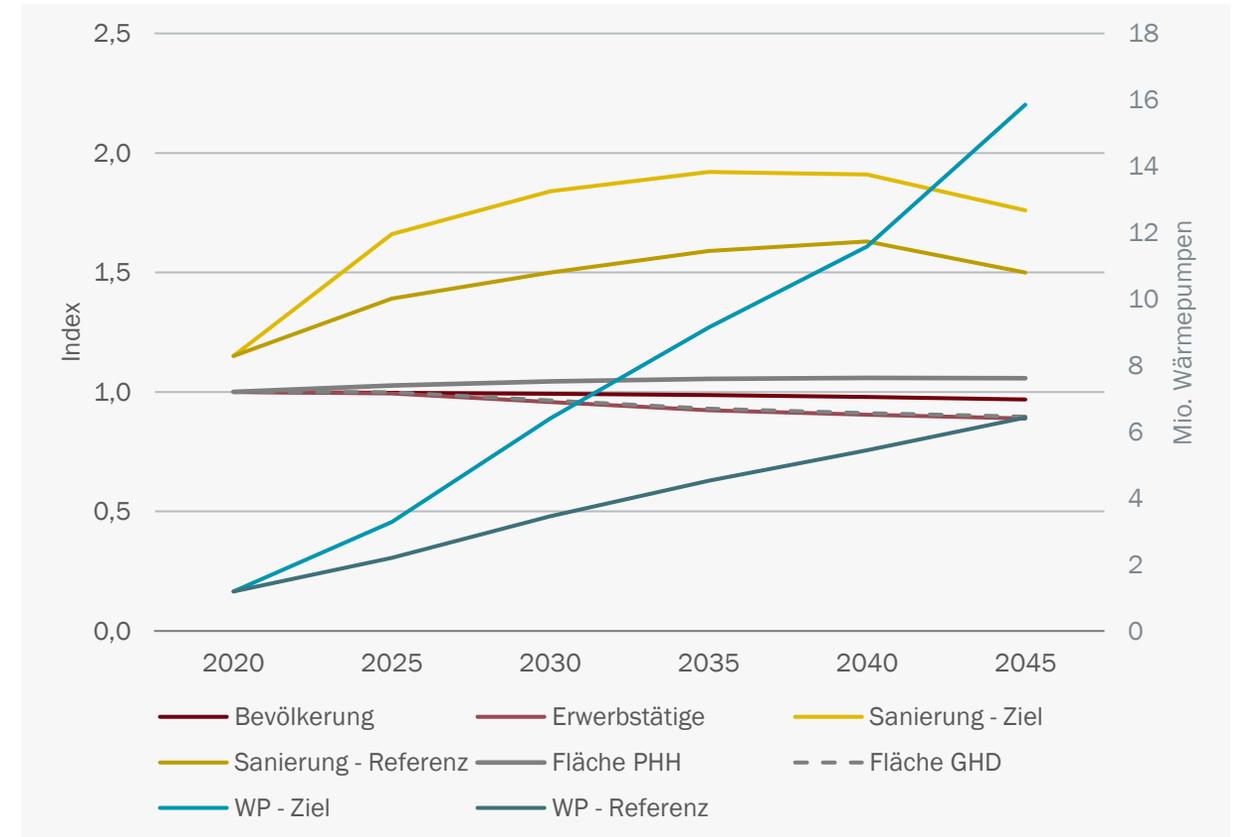
Geräte, Prozesse

- Geräte & Beleuchtung
 - Investitionen in Elektrogeräte anhand Angaben aus der LWR
 - Eigene Schätzung des Klimaschutzanteils
- Lüftungsanlagen: Ausstattung und spez. Kosten
- Gewerbliche Prozesse

Gebäude

Zentrale Mengen- und Effizienztreiber

- Bevölkerung und Zahl der Erwerbstätigen bleiben annähernd konstant
- Wärmepumpen:
 - Zielszenario auf über 15 Mio. ansteigend (2030: 6,4 Mio.)
 - Referenz rund 6.5 Mio. Wärmepumpen in 2045 (2030: 3,5 Mio.)
- Sanierungsrate: bereits in Referenzszenario auf rund 1,5% ansteigend, im Zielszenario auf rund 1,8–1,9%



Gebäude

Jährliche Klimaschutzinvestitionen (KSI)

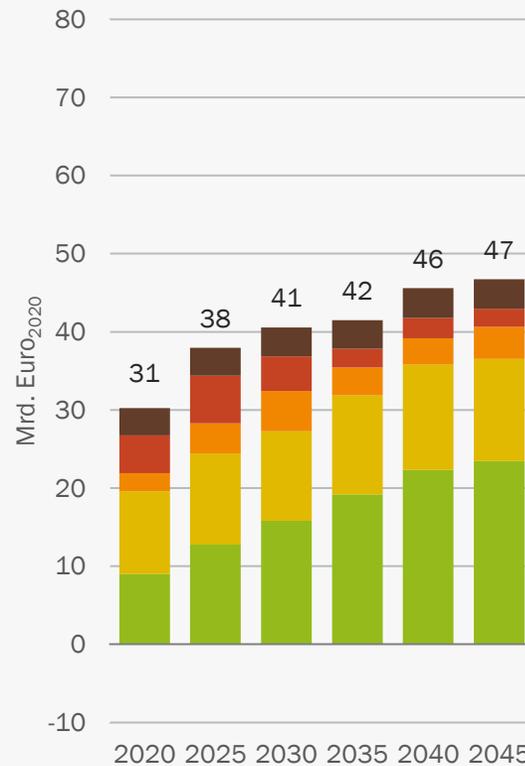
Referenz:

- Jährliche KSI ansteigend, von rund 30 auf 45 Mrd. Euro₂₀₂₀; Haupttreiber des Anstiegs sind die Gebäudeeffizienz (energetische Sanierungen) und steigende Baukosten.

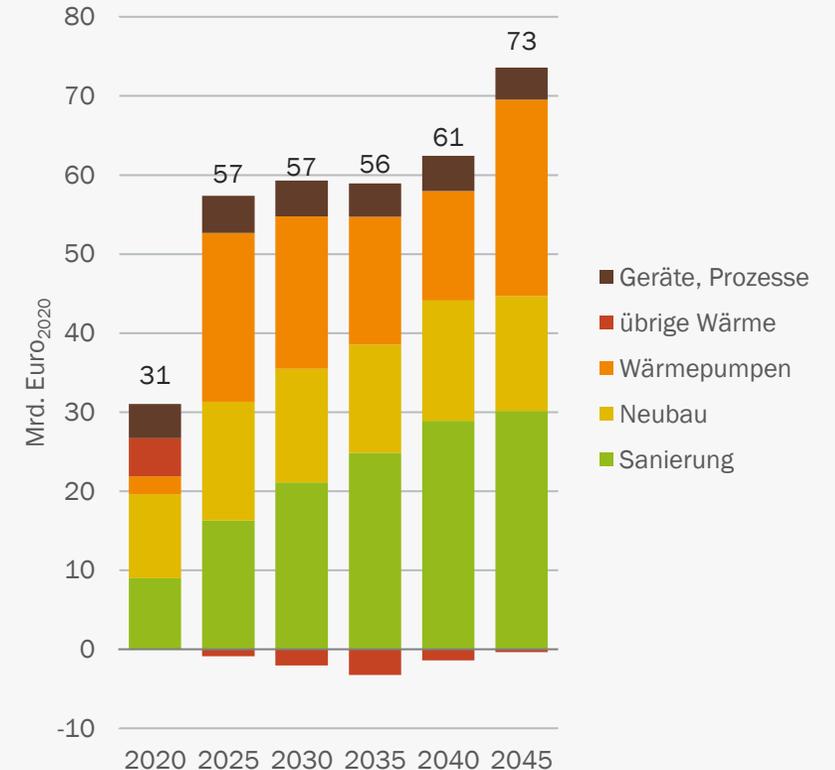
Zielszenario:

- Starker Anstieg ab 2025 auf rund 55 Mrd. Euro₂₀₂₀/a.
- Die vorzeitige Stilllegung von Gasheizungen zwischen 2040 bis 2045 führt vorübergehend zu einem nochmals erhöhten Investitionsbedarf.

Referenzszenario



Zielszenario

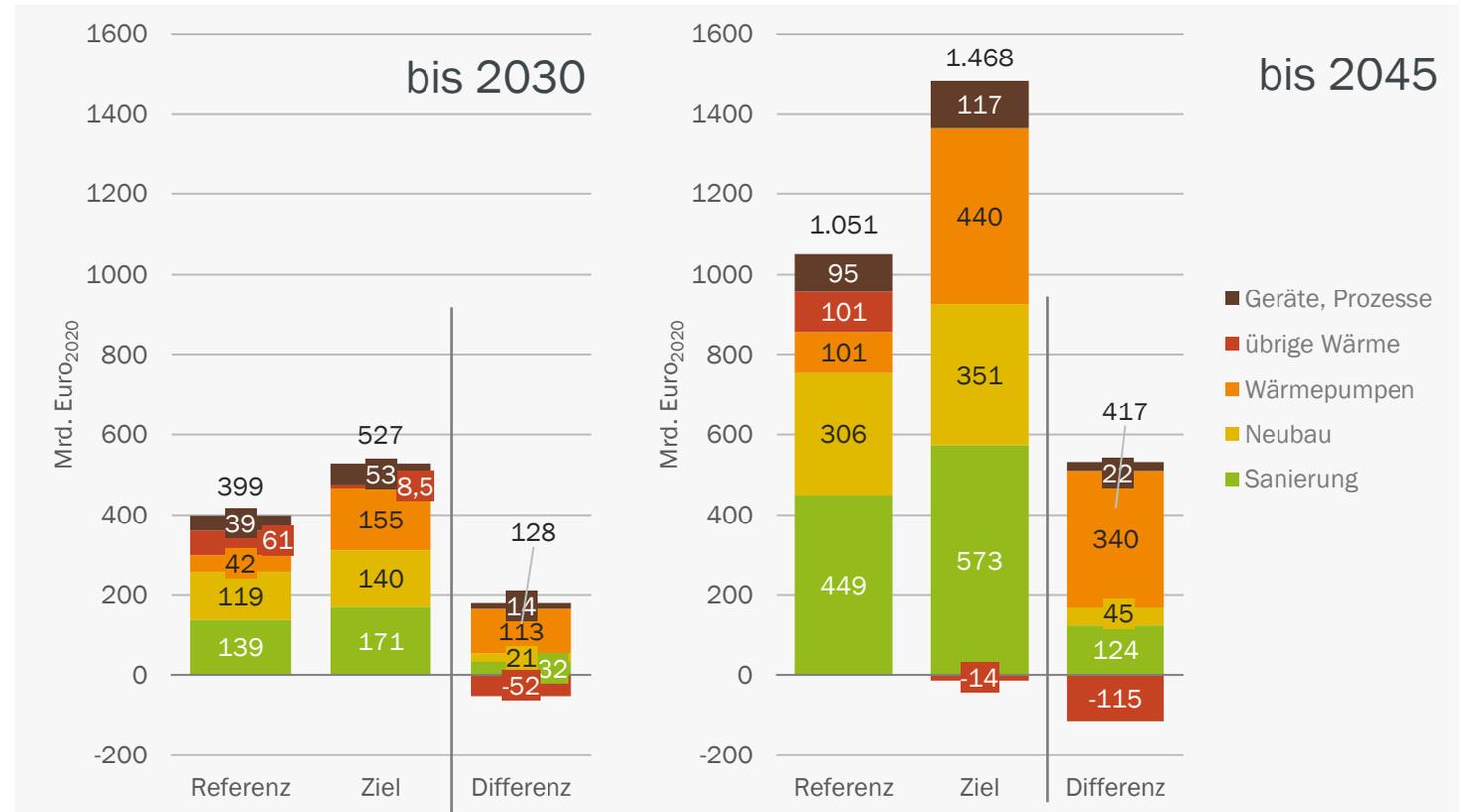


Hinweis: übrige Wärme beinhaltet Biomasseheizungen, Solarthermie und Fernwärmeanschlüsse. Im Zielszenario werden sehr wenig Biomassekessel eingesetzt, dadurch ergeben sich in der Summe negative Mengen.

Gebäude

Kumulierte Klimaschutzinvestitionen

- Mehrinvestitionen ggü. der Referenz fallen hauptsächlich bei der Wärmeversorgung durch Wärmepumpen an.
- Bei der Wärmeversorgung mit Wärmenetzen werden die Investitionen überwiegend im Sektor Energiewirtschaft verbucht (Wärmeerzeugung, Netz). Im Gebäudesektor wird lediglich der Gebäudeanschluss berücksichtigt.
- Die Minderinvestitionen bei der übrigen Wärme ergeben sich durch die Biomasse (weniger Ausbau im Zielszenario).
- Investitionen in die Gebäudeeffizienz (u.a. Sanierungen) sind bereits mit aktueller Regulierung hoch (und aufgrund unterstellter Baukostenentwicklung).

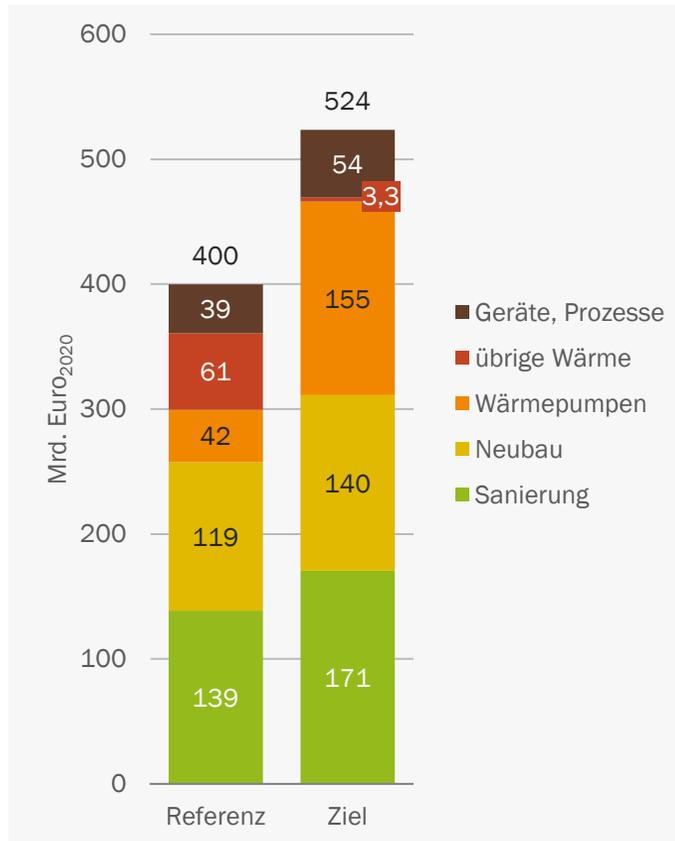


Gebäude

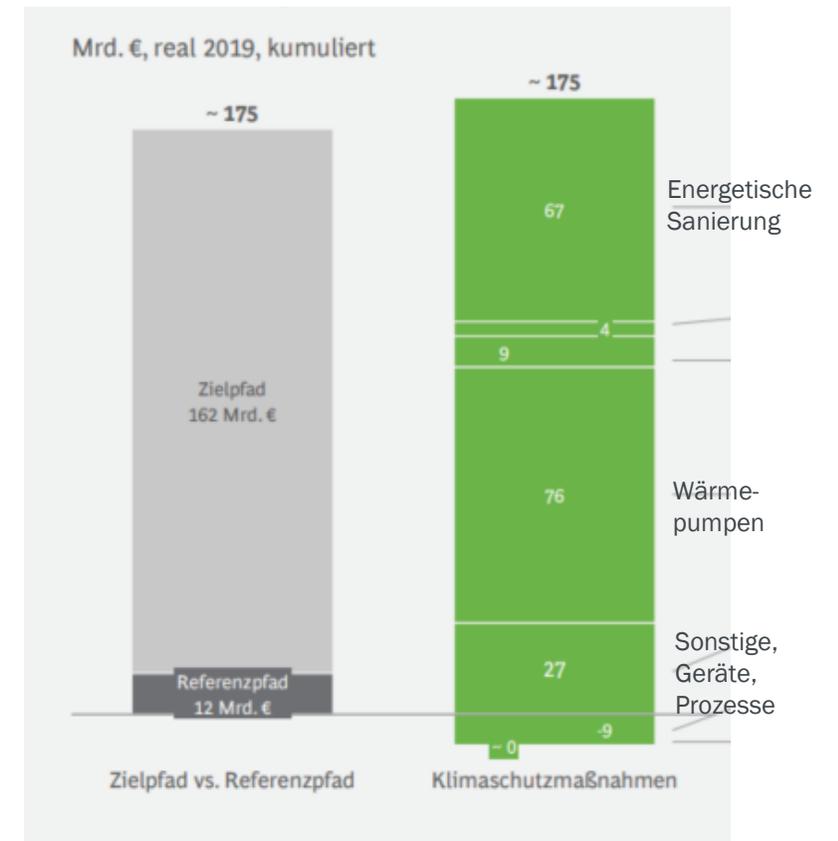
Vergleich mit BCG/BDI

- Unterschiede liegen überwiegend in der Beurteilung der Referenz
- Der Referenzpfad ist bei BCG/BDI weniger ambitioniert :
 - 2030: 2 Mio. WP (RM-Ref 3,5 Mio.)
 - Sanierungsrate steigt weniger stark an, im Mittel auf rund 1,3 % (RM-Ref 1,5%).
- Die vglw. geringen Klimaschutzinvestitionen im Referenzpfad von BCG/BDI deuten auch auf einen methodischen Unterschied hin. Die Sanierungen in der Referenz scheinen in der BCG/BDI-Studie nicht bei den KSI berücksichtigt zu sein, diese umfassen vermutlich nur den Wärmepumpen-hochlauf.

bis zum Jahr 2030



Werte BCG/BDI



Energiewirtschaft – Aufteilung der Kostenkategorien

Erzeugung

Erneuerbare Stromerzeugung

- Wind Onshore
- Wind Offshore
- Photovoltaik
- Bioenergie

- Backup Gaskraftwerke (Erdgas, Wasserstoff)

Fernwärmeerzeugung

- Erneuerbare Fernwärme (Solarthermie, Geothermie, Großwärmepumpen, E-Heizer etc.)

Wasserstoffherzeugung

- Elektrolyseure

Infrastruktur und weitere Bereiche

Netze, Speicher, Raffinerien und CCS

- Stromnetz
- Gasnetz
- H₂: Netz und Speicher
- Fernwärme: Netz und Speicher
- Batterien
- Raffinerien und Mineralölinfrastruktur
- CCS
 - Anlagen: MVA, ohne Industrie
 - DAC
 - CO₂-Transport
 - CO₂-Speicherung

Energiewirtschaft

Mengentreiber im Zielszenario im Vergleich zur Referenz

- Höhere THG-Einsparung und damit höherer Stromverbrauch
 - 2030: durch mehr Wärmepumpen und E-Pkw
 - Bis 2045: zusätzlich inländische Wasserstoffproduktion (in Referenz: kein H2-Einsatz)
- Stärkerer und schnellerer EE-Ausbau (PV, Windkraft)
- Beendigung Kohleverstromung in 2030 in Zielszenario

	2022	2030		2045	
		Referenz	Ziel	Referenz	Ziel
Einsparung THG im Vergleich zu 1990	40%	>55%	65%	~80%	100%
Brutto-Stromverbrauch [TWh]	547	590	718	752	1081
Wärmepumpen [Mio.]	1	3	6	7	15
E-Pkw [Mio.]	1,2	9	16	31	39
Elektrolyseure [GW]	0	0	11	0	46
Wind Onshore [GW]	58	71	115	108	160
Wind Offshore [GW]	8	20	30	53	70
PV [GW]	67	98	215	174	400

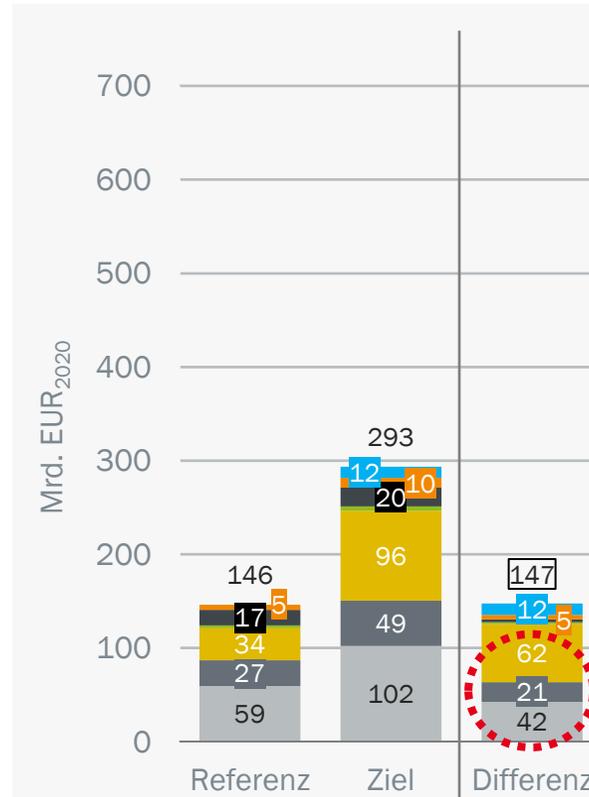
Energiewirtschaft: Erzeugung

Kumulierte Klimaschutzinvestitionen

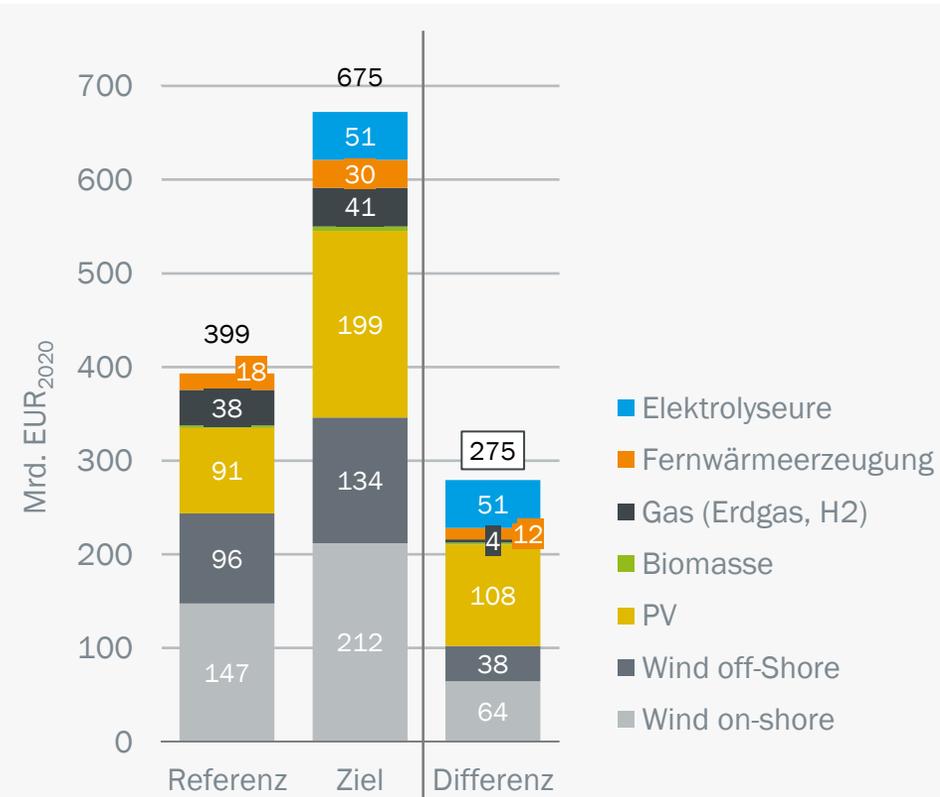
- **2020 bis 2030:**
 - rund 150 Mrd. Euro₂₀₂₀ kumulierte Mehrinvestitionen im Zielszenario im Vergleich zur Referenz, entspricht 15 Mrd. Euro₂₀₂₀ / Jahr
 - 85 % durch PV, Wind Onshore und Wind Offshore

- **2030 bis 2045:**
 - Zusätzlich ~130 Mrd. Euro₂₀₂₀ kumulierte Mehrinvestitionen zwischen 2030 und 2045, entspricht ~ 9 Mrd. Euro₂₀₂₀/Jahr
 - Haupttreiber: EE-Ausbau
 - Zusätzlich: Elektrolyseure (Dekarbonisierung Fernwärme)

2020 bis 2030



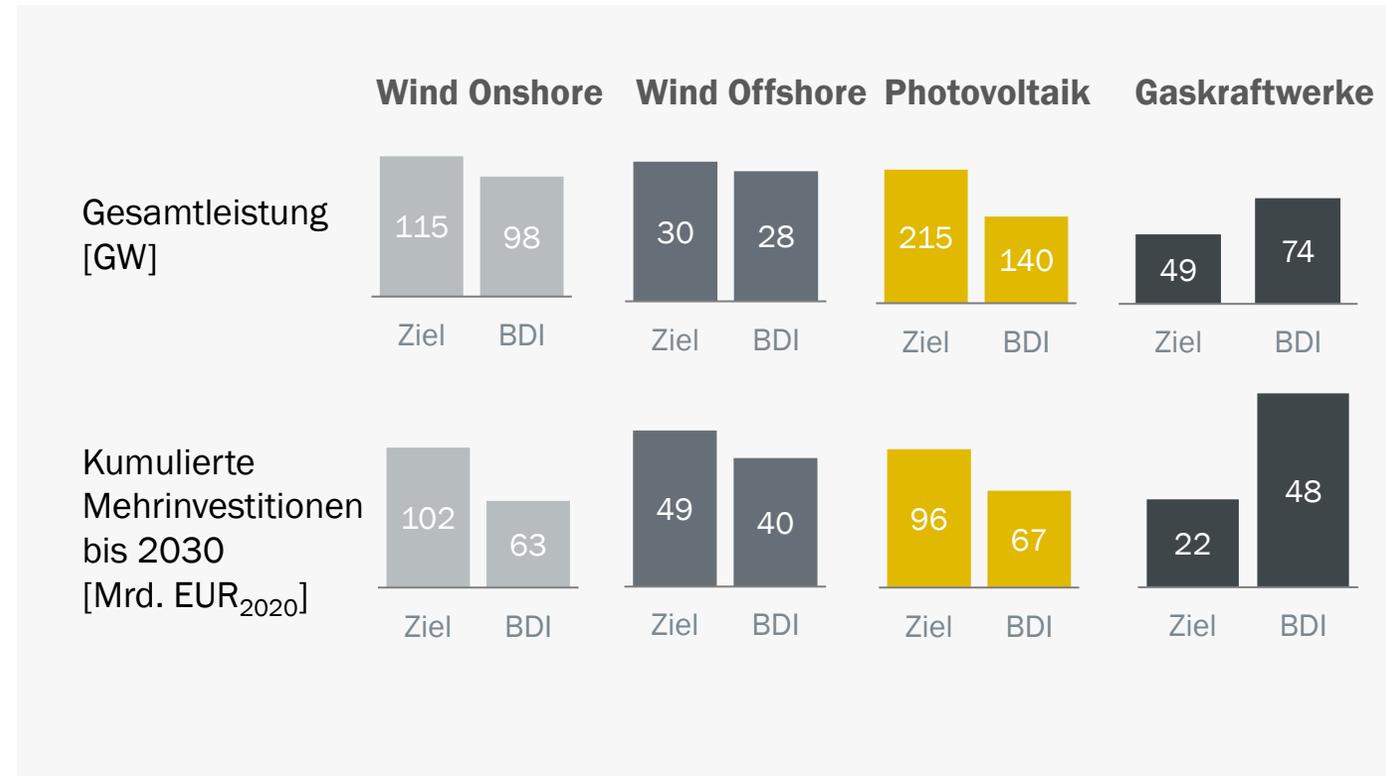
2020 bis 2045



Energiewirtschaft: Erzeugung

Vergleich mit BDI/BCG bis 2030

- Die Klimaschutzinvestitionen sind bis zum Jahr 2030 rund 20 % höher als bei BDI.
 - Zielszenario: ~ 270 Mrd. Euro₂₀₂₀
 - BDI: ~ 220 Mrd. Euro₂₀₂₀
- Differenz ergibt sich aus höherem EE-Ausbau (PV, Wind Onshore) verglichen mit BDI, dieser wird teilweise kompensiert durch geringeren Zubau von Gaskraftwerken)



Energiewirtschaft: Infrastruktur und weitere Bereiche

Kumulierte Klimaschutzinvestitionen

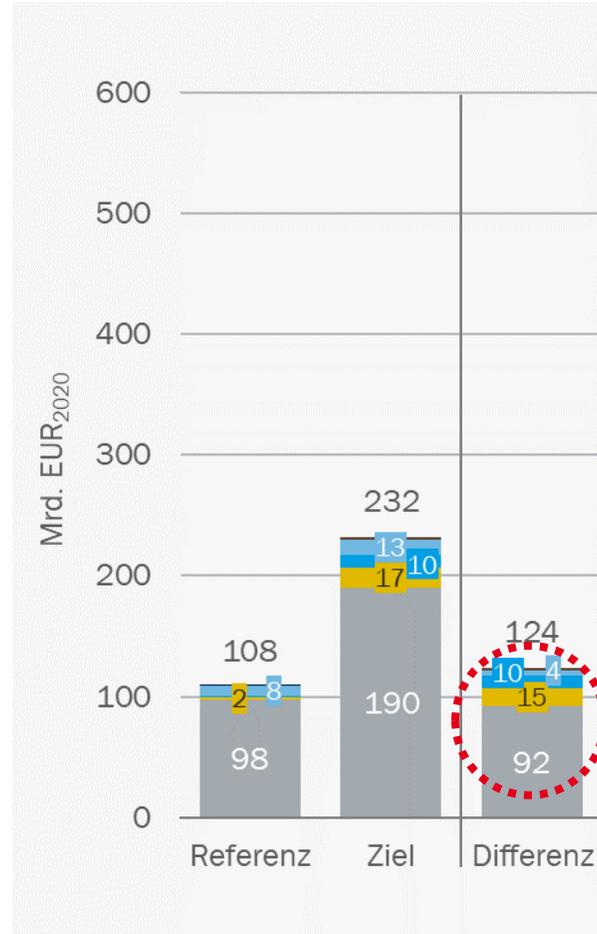
2020 bis 2030:

- rund 120 Mrd. Euro₂₀₂₀ kumulierte Mehrinvestitionen im Zielszenario im Vergleich zur Referenz, entspricht 11 Mrd. Euro₂₀₂₀ / Jahr
- 74% durch Stromnetzausbau, 12% durch Batterien, 8% für H₂-Netz
- Rückgang der Investitionen bei Gasnetz und Raffinerien (nicht bei den KSI ausgewiesen)

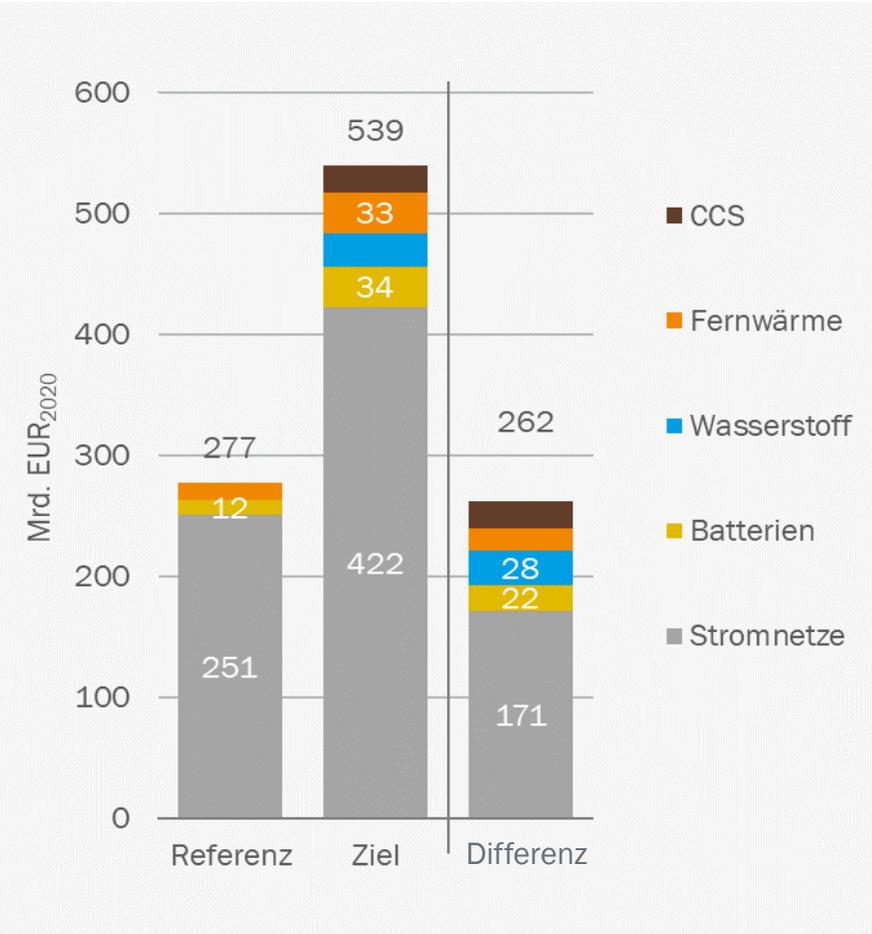
2030 bis 2045:

- Zusätzlich ~140 Mrd. Euro₂₀₂₀ kumulierte Mehrinvestitionen zwischen 2030 und 2045, entspricht ~9 Mrd. Euro₂₀₂₀/Jahr
- Haupttreiber: Stromnetz, Batterien,
- Zusätzlich: Wasserstoffinfrastruktur, Fernwärme, CCS

2020 bis 2030



2020 bis 2045



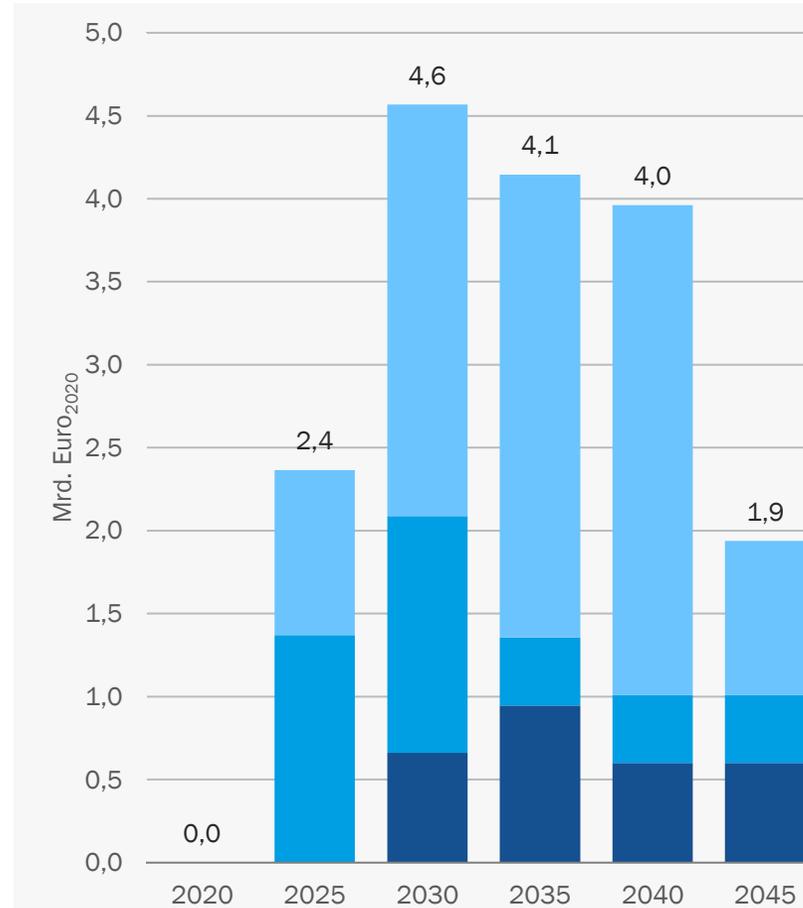
Energiewirtschaft: Infrastruktur und weitere Bereiche

Wasserstoff

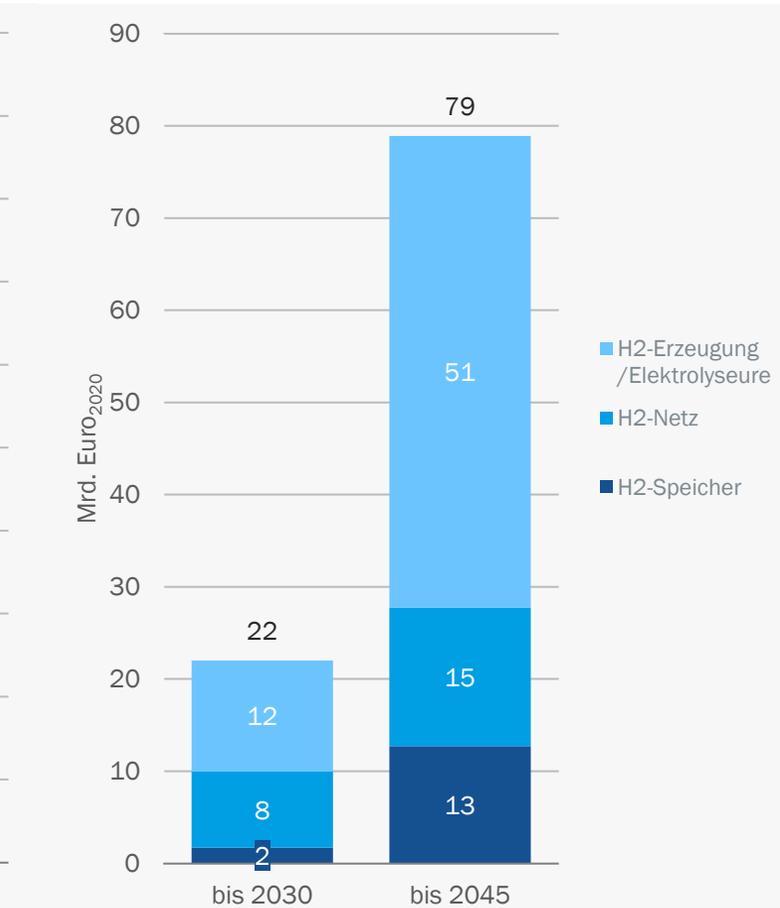
H₂-Infrastruktur im Roadmap-Szenario:

- Netzlänge:
 - 4.600 km Leitung bis 2030
 - 8.000 km in 2045
- Elektrolyseure:
 - 11,5 GW in 2030
 - 46 GW in 2045
- H₂-Speicher: 40 TWh in 2045
- Der Netzausbau ist dominant in den Jahren 2025 bis 2030.
- Ab 2030 wird der Großteil der Investitionen für die Erzeugung aufgewendet (Elektrolyseure).
- Im Referenzpfad wird keine inländische Wasserstofferzeugung unterstellt.

Jährliche Investitionen



Kumulierte Investitionen

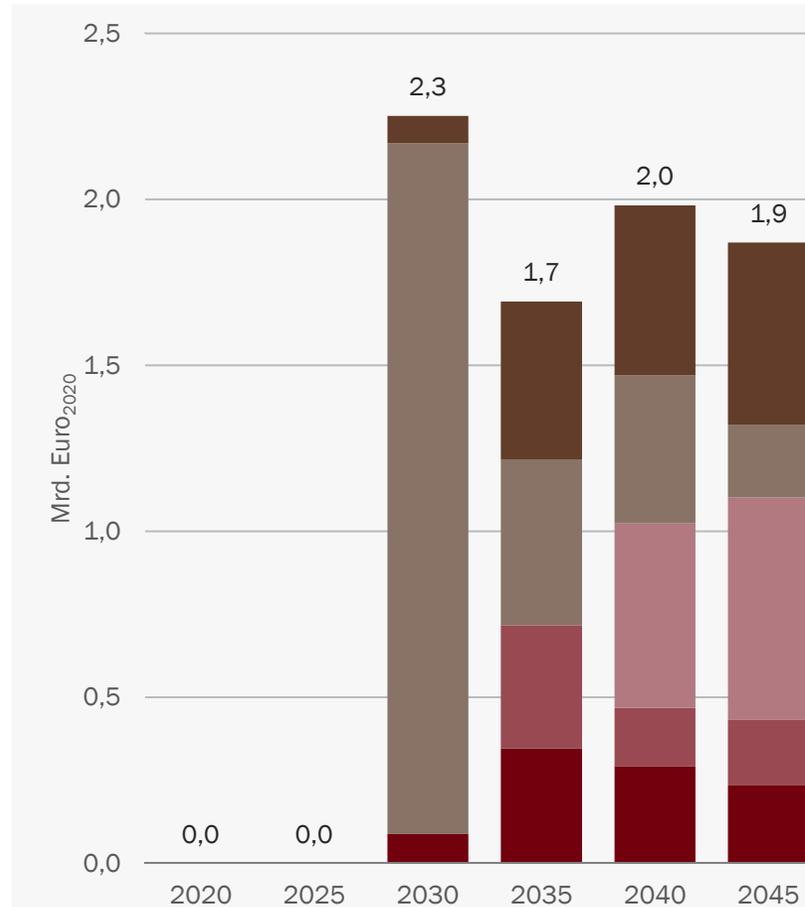


Energiewirtschaft: Infrastruktur und weitere Bereiche

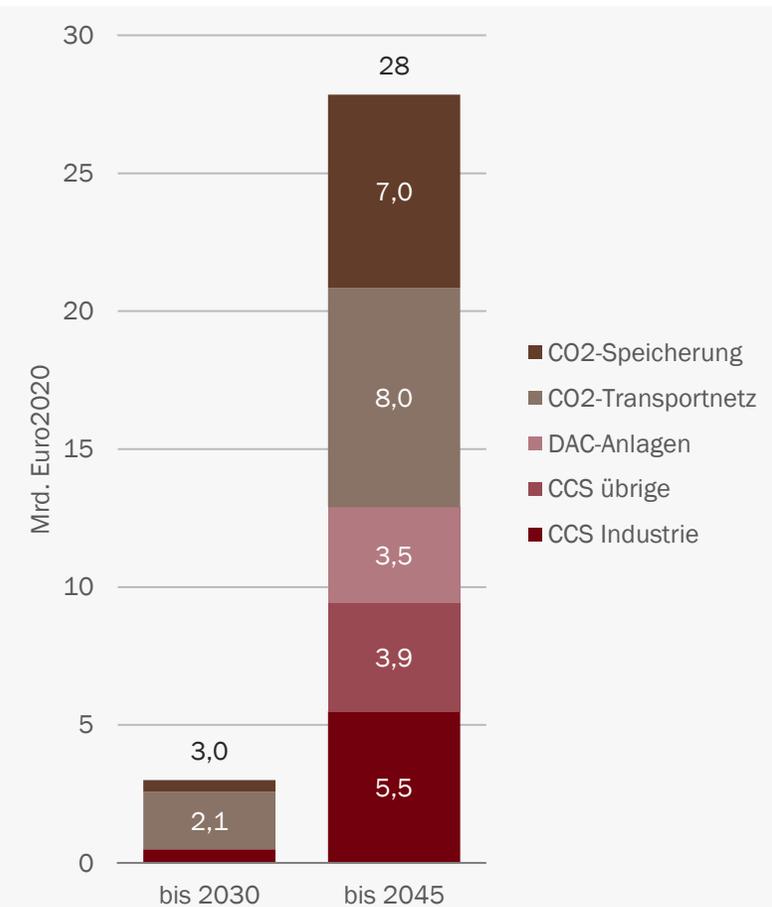
CCS

- Startnetz mit 900 km bis 2030, bis zum Jahr 2045 wird Netz auf 3.500 km ausgebaut.
- Die abgeschiedenen CO₂-Mengen liegen im Jahr 2045 im Szenario bei rund 40 Mt CO₂eq.
- Die Kosten für DAC dürften nach neusten Quellen etwas höher ausfallen.
- CCS mit hohem OPEX-Anteil (hier nicht berücksichtigt).
- Im Referenzpfad wird kein Einsatz von CCS und Negativemissions-technologien unterstellt.

Jährliche Investitionen



Kumulierte Investitionen



Energiewirtschaft: Infrastruktur und weitere Bereiche

Wegfallende Investitionen in fossile Kraftwerke und Infrastruktur

Die Klimaschutzinvestitionen ersetzen teilweise Investitionen in fossile Infrastruktur (in den fossilen Kapitalstock):

- Sowohl in der Referenz als auch im Zielpfad erfolgt die letzte Investition in ein Kohlekraftwerk im Jahr 2020 (Datteln)
- Aufgrund der geringeren Nutzung von Erdgas und von Mineralölprodukten ergeben sich im Zielpfad geringere Investitionen in das Erdgasnetz und in Raffinerien
- Im Zielpfad werden gegenüber dem Referenzpfad Investitionen im folgenden Umfang eingespart:
 - Gasnetz
 - bis 2030: 8 Mrd. Euro₂₀₂₀
 - bis 2045: 38 Mrd. Euro₂₀₂₀
 - Raffinerien
 - bis 2030: 0,6 Mrd. Euro₂₀₂₀
 - bis 2045: 5,5 Mrd. Euro₂₀₂₀

Klimaschutzbezogene Gesamtinvestitionen

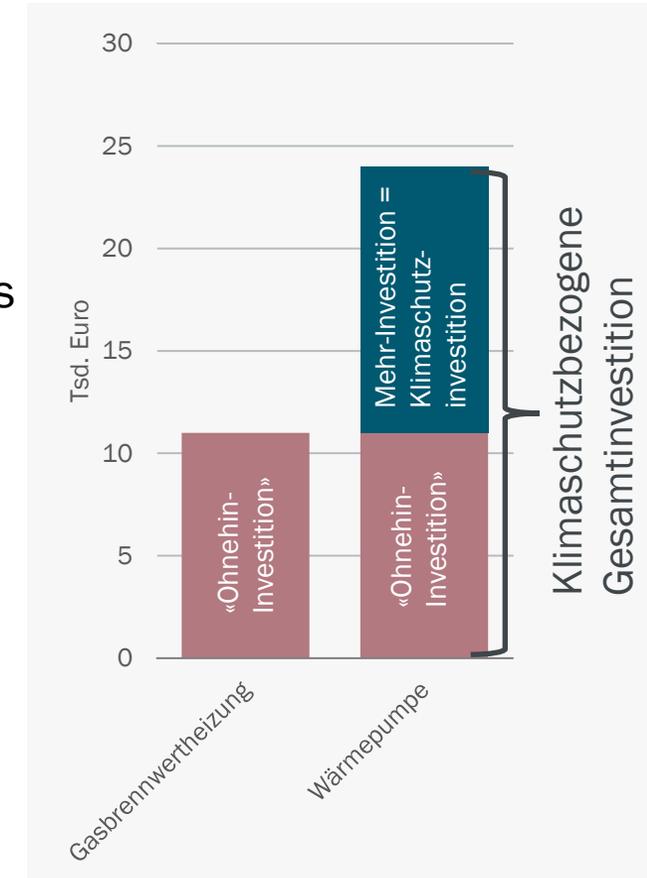
A large, bold white number '05' is positioned on the right side of the slide. The background is a solid teal color with a faint, blurred image of a telescope or similar optical instrument running diagonally across the frame.

05

Klimaschutzbezogene Gesamtinvestitionen

Investitionen in den Energie- und Klimaschutz-relevanten Bereichen

- Im Gegensatz zu den Klimaschutzinvestitionen beinhalten die klimaschutzbezogenen Gesamtinvestitionen das Investitionsvolumen inkl. der Investition für die Referenztechnologie (siehe Abb. rechts).
- Die klimaschutzbezogenen Gesamtinvestitionen geben Auskunft über das Volumen, das insgesamt im Laufe der Transformation umgeschlagen werden muss, inklusive derjenigen Investitionen, die ohnehin getätigt werden, wie z.B. Neubau von Gebäuden, Heizungen und Produktionsanlagen.
- Sie ermöglichen Aussagen zur Entwicklung des Investitionsbedarfs
 - im Zeitverlauf 2025 bis 2045
 - im Vergleich zum aktuellen Zeitraum 2015/2020,
 - unterschieden nach Sektoren.
- Die Abgrenzung der berücksichtigten Sachgüter ist grundsätzlich identisch zu den KSI, sie beinhalten jedoch zusätzlich Investitionen in fossile Infrastruktur und Anlagen (inkl. Kohlekraftwerke, Gasnetz, Raffinerien).
- Die klimaschutzbezogenen Gesamtinvestitionen beinhalten jedoch nicht alle Investitionen der deutschen Volkswirtschaft, welche in der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) unter den Bruttoanlageinvestitionen zusammengefasst werden.

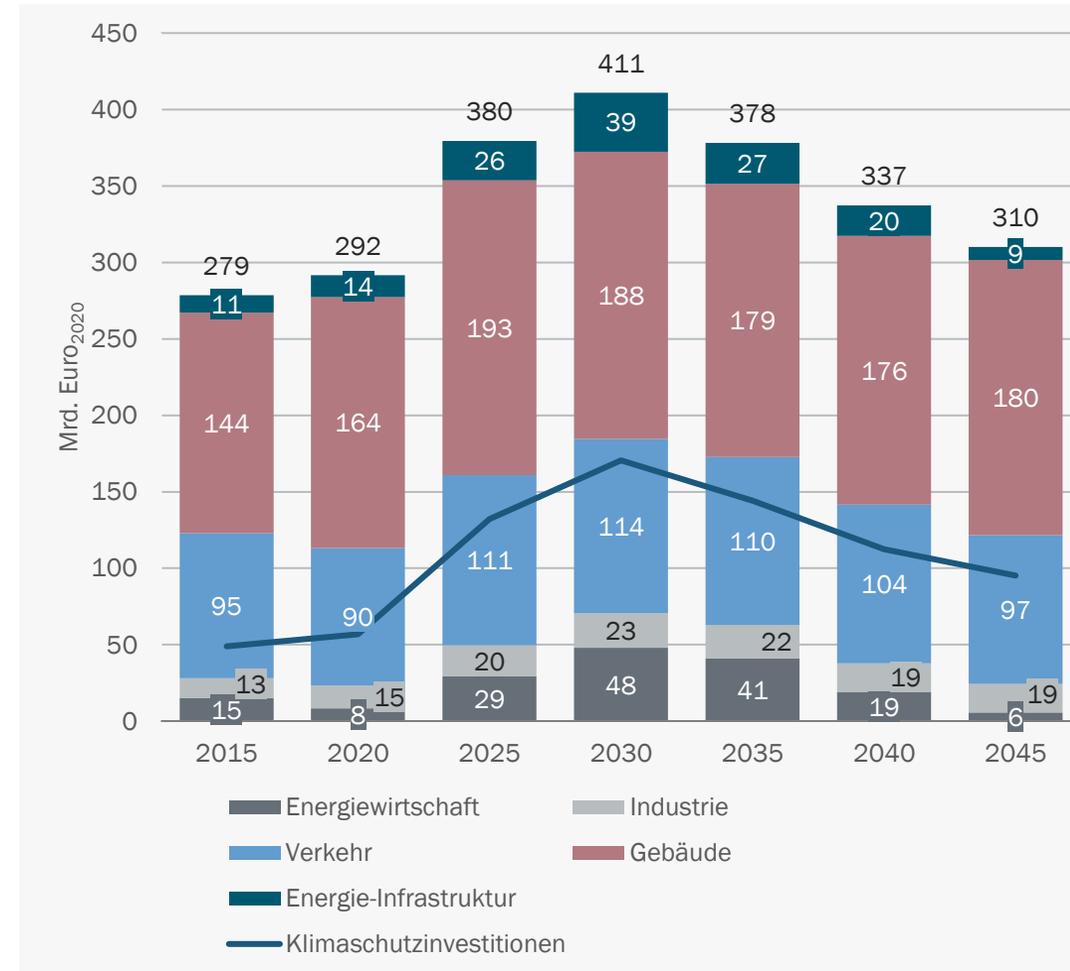


Hinweis: den klimaschutzbezogenen Gesamtinvestitionen werden sowohl Investitionen in Wärmepumpen als auch in Gasbrennwertheizungen zugerechnet.

Klimaschutzbezogene Gesamtinvestitionen

Investitionen in den Energie- und Klimaschutz-relevanten Bereichen im Zielszenario

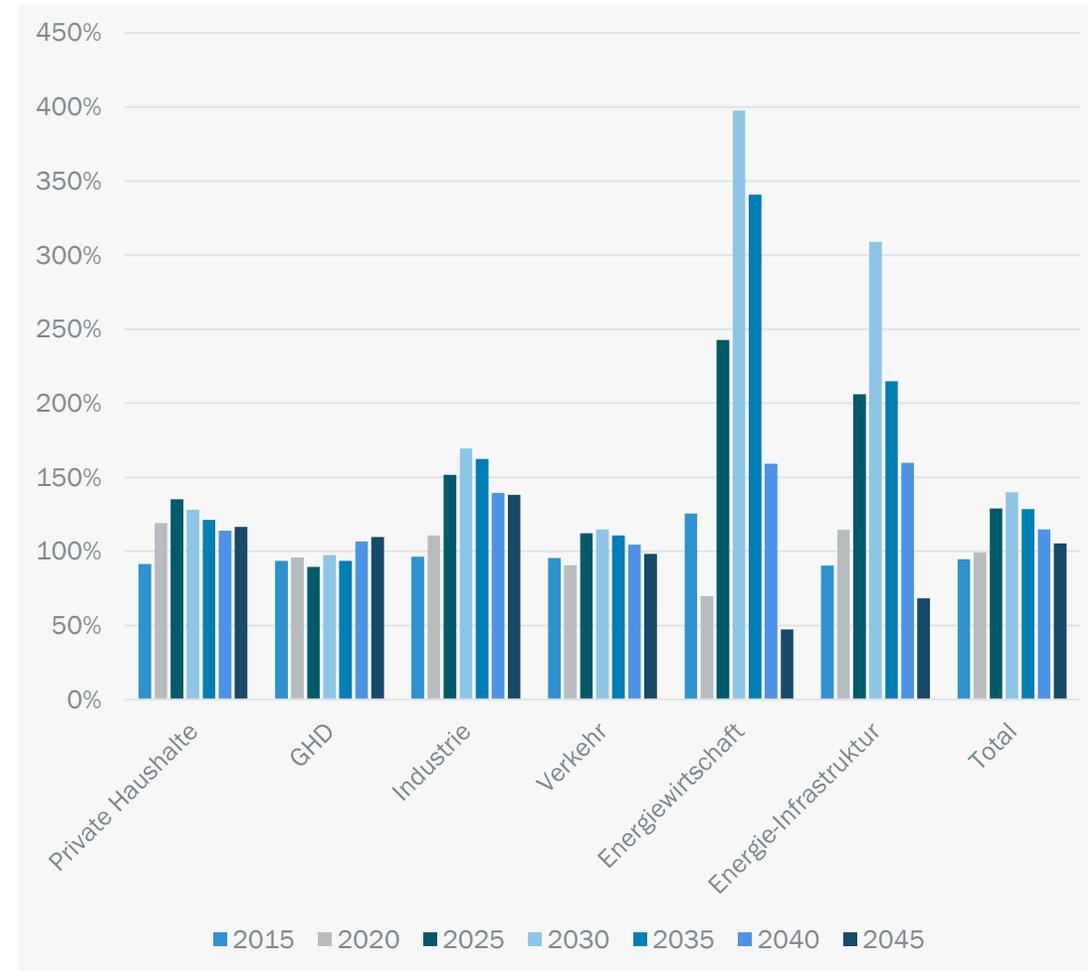
- Am aktuellen Rand liegen die jährlichen Investitionen in die erfassten Sachgüter im Bereich von 280 bis 290 Mrd. Euro₂₀₂₀.
- Bis zum Jahr 2030 steigt das benötigte Investitionsvolumen auf über 400 Mrd. Euro₂₀₂₀ – längerfristig nimmt der Investitionsbedarf ab und liegt 2045 nur noch unwesentlich über dem Niveau der Jahre 2015/2020.
- Am größten ist der Investitionsbedarf im Gebäudesektor, der Anteil beläuft sich auf rund 50% (neue Gebäude, energetische Sanierungen, Wärmepumpen, aber auch Elektrogeräte).
- Bei der Betrachtung der klimaschutzbezogenen Gesamtinvestitionen ist auch der Verkehrssektor von hoher Bedeutung (Ersatz der Fahrzeuge und Infrastruktur), der Anteil am gesamten Investitionsbedarf liegt bei rund 30%.



Die klimaschutzbezogenen Gesamtinvestitionen steigen (vorübergehend) an

Index: klimaschutzbezogene Gesamtinvestitionen im Vergleich zum Zeitraum 2015-2020 (=100%)

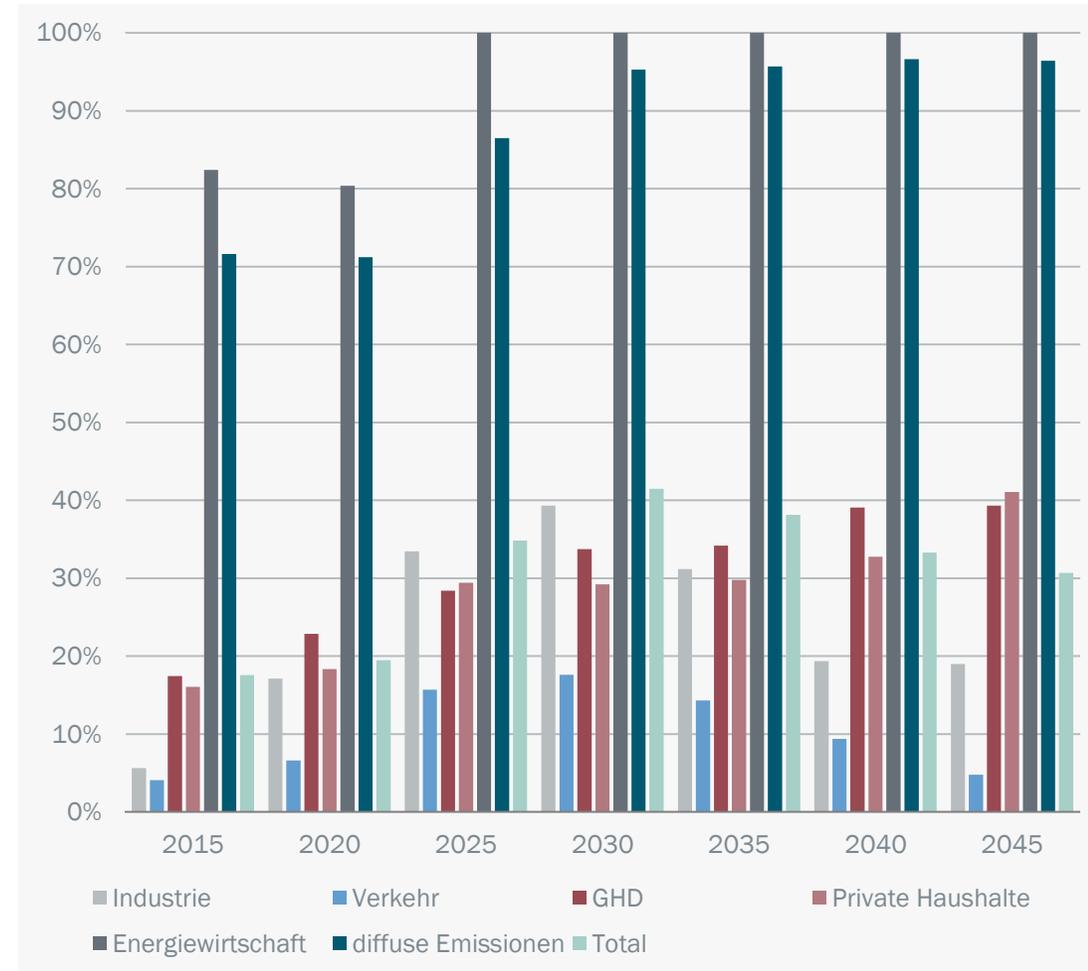
- In allen Sektoren steigt der Investitionsbedarf im Zeitverlauf an.
- Vergleichsweise gering ist der Anstieg im Verkehrssektor sowie im GHD-Sektor, hier dämpfen die geringen Neubaupläne den Anstieg (aufgrund abnehmender Erwerbstätiger).
- In den Sektoren Gebäude (Private Haushalte und GHD) und Industrie erhöht sich der Investitionsbedarf zwischenzeitlich um rund 30% respektive 60%, nimmt aber längerfristig wieder ab.
- In den Bereichen Energiewirtschaft und Energie-Infrastruktur müssen die Investitionen im Vergleich zum Zeitraum 2015/2020 um ein Vielfaches erhöht werden – aber auch hier gilt: Nach der erfolgten Transformation nimmt der Investitionsbedarf wieder deutlich ab. Das absolute Volumen bleibt aber geringer als in den Sektoren Gebäude und Verkehr.



Ansteigende Anteile der Klimaschutzinvestitionen

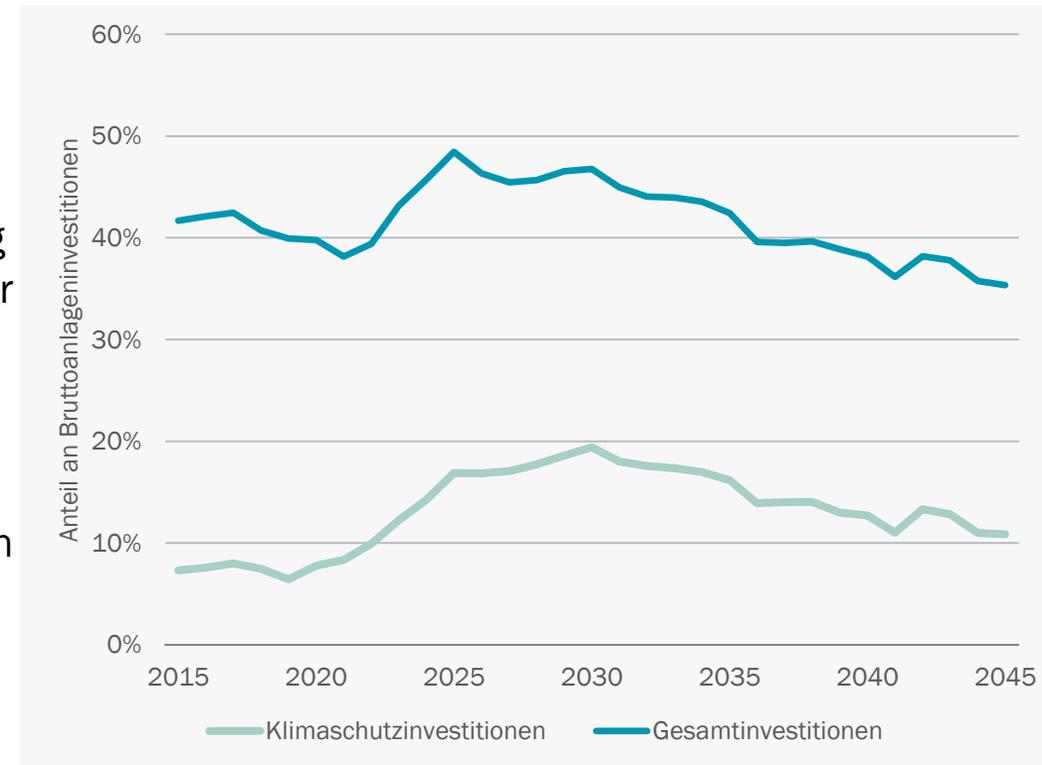
Anteile Klimaschutzinvestitionen an den klimaschutzbezogenen Gesamtinvestitionen

- Die Anteile der Klimaschutzinvestitionen bezogen auf die Gesamtinvestitionen (im jeweiligen Jahr) unterscheiden sich zwischen den Sektoren.
- Energiewirtschaft: bis 2020 spielen auch Kohlekraftwerke eine Rolle (Anteil bis 20%), danach werden ausschließlich Klimaschutzinvestitionen getätigt (dazu werden auch die Gaskraftwerke gezählt, da diese auch mit Biogas und/oder H₂ genutzt werden können).
- Am geringsten ist der Klimaschutzanteil im Verkehrssektor (im Mittel rund 10%).
- Bei Industrie und Gebäuden liegen die Anteile im Jahr 2020 bei rund 20%. Mit der beschleunigten Transformation steigen die Klimaschutz-Anteile bis zum Jahr 2030 auf 30%–40%. Im Gebäudesektor bleibt der Anteil bis 2045 hoch (und nimmt dann ab), in der Industrie sinkt er nach 2035 wieder auf rund 15%–20%



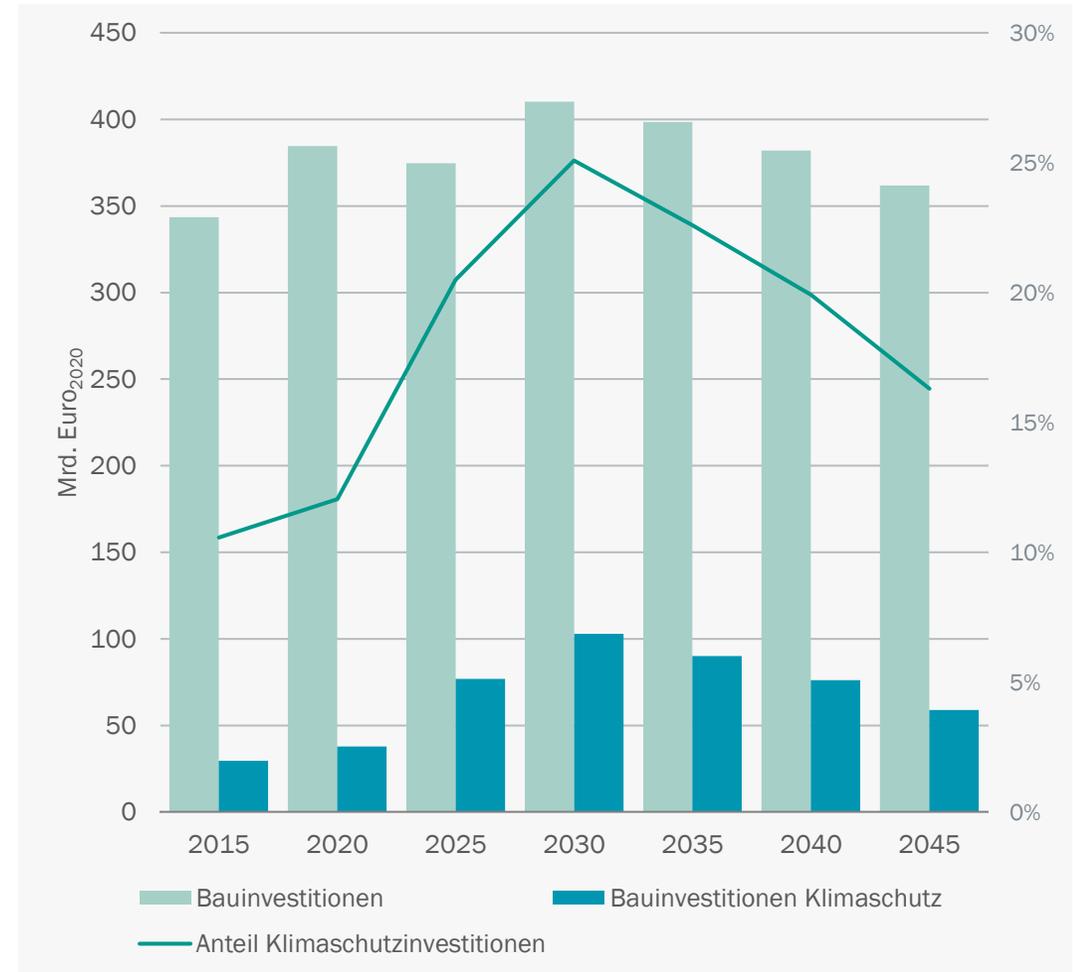
Anteile an den Bruttoanlageinvestitionen

- In der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) bilden die Bruttoanlageinvestitionen zusammen mit den Vorratsveränderungen die Bruttoinvestitionen der deutschen Volkswirtschaft.
- Die Bruttoanlageinvestitionen werden unterschieden in die Hauptkomponenten Bauinvestitionen und Ausrüstungsinvestitionen sowie in sonstige Anlagen. Bruttoanlageinvestitionen werden definiert als Nettozugang an produzierten Anlagegütern, die zur Verwendung bei der Produktion anderer Güter und Dienstleistungen vorgesehen sind. Hierin sind alle Wohn- und Nichtwohnbauten enthalten, Straßen-, Schienen- und Tiefbau, Produktionsanlagen der Industrie, technische Ausrüstungen (z.B. Computer, Maschinen, Laboreinrichtungen, medizinische Apparate) im Dienstleistungssektor. Nicht enthalten sind Konsumgüter, z.B. Elektrogeräte in den privaten Haushalten.
- Die jährlichen Bruttoanlageinvestitionen beliefen sich im Mittel der Jahre 2018–2022 auf rund 730 Mrd. Euro₂₀₂₀. Bis zum Jahr 2045 könnten sie gemäß Berechnungen von GWS annähernd 900 Mrd. Euro₂₀₂₀ steigen.
- Der Anteil der berechneten Klimaschutzinvestitionen im Zielszenario an den Bruttoanlageinvestitionen liegt am aktuellen Rand bei 8%. Durch den Anstieg der Klimaschutzinvestitionen erhöht sich der Anteil bis 2030 auf knapp 20%, nimmt dann aber wieder ab.
- Der Anteil der klimaschutzbezogenen Gesamtinvestitionen (Klimaschutzinvestitionen inkl. der ohnehin zu tätigen Investitionen) beläuft sich auf 40% bis annähernd 50%.
- Das bedeutet, dass etwa 40% bis 50% der Investitionsgüter (z.B. Gebäude, Fahrzeuge, Kraftwerke, Infrastruktur, Produktionsanlagen) für die Transformation zur Klimaneutralität relevant sind und entsprechende Technologien (wie Wärmeschutz, E-Fahrzeuge, effiziente Produktionsanlagen) bei Erhaltungs- und Neuinvestitionen betroffen sind.



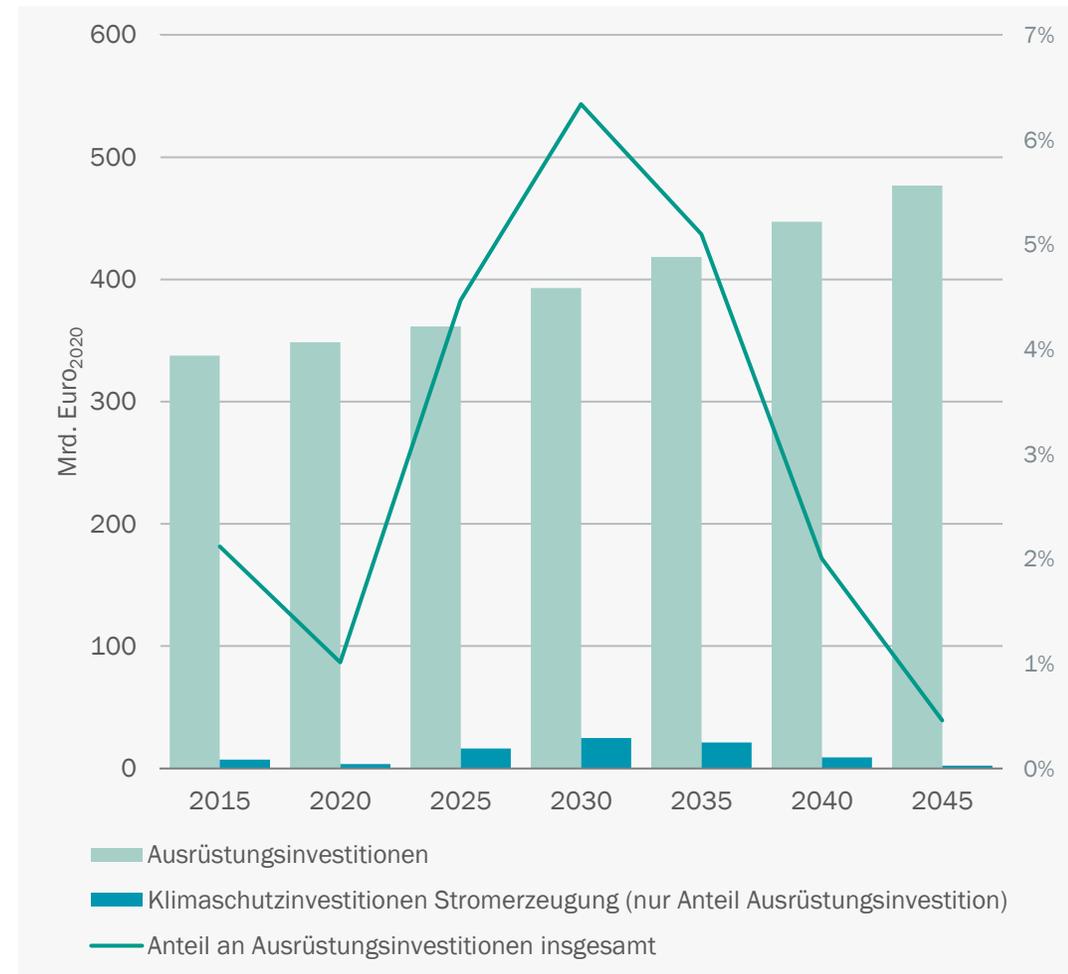
Klimaschutzinvestitionen: Anteile an den Bauinvestitionen

- Bauinvestitionen enthalten Investitionen in Gebäude (Neubauten, energetische Sanierungen), sie erfassen aber auch Investitionen in weitere Infrastrukturen wie z.B. die Ladeinfrastruktur, Strom- und Wärmenetze. Auch die Installation von PV- oder Windanlagen beinhalten einen Anteil an Bauinvestitionen.
- Eine approximative Aufteilung der berechneten Klimaschutzinvestitionen auf Ausrüstungsinvestitionen und Bauinvestitionen zeigt, dass die jährlichen Bauinvestitionen für Klimaschutz im Laufe der Transformation ansteigen, im betrachteten Szenario der Roadmap von rund 35 Mrd. Euro₂₀₂₀/Jahr im Zeitraum 2015-2020 auf bis zu 95 Mrd. Euro₂₀₂₀/Jahr im Zeitraum 2030-2035 (mit einem Maximum im Jahr 2030 mit 103 Mrd. Euro₂₀₂₀). Nach 2035 nehmen die Bauinvestitionen für Klimaschutz wieder ab.
- Damit verbunden ist ein Anstieg des Anteils der Klimaschutzinvestitionen an den Bauinvestitionen, von rund 10% auf bis zu 25%. Längerfristig (2045) sinkt der Anteil auf rund 15%.



Ausrüstungsinvestitionen in EE-Stromerzeugung: Anteile an den Ausrüstungsinvestitionen

- Im Zuge der Transformation des Energiesystems steigen die Investitionen in die EE-Stromerzeugung an, u.a. für PV-, Wind-, Biomasse- und Gas- bzw. H₂-Anlagen (siehe Abschnitt 3).
- Diese Investitionen werden im Rahmen dieser Studie mehrheitlich, aber nicht ausschließlich, den Ausrüstungsinvestitionen zugerechnet (Anteil Ausrüstungsinvestitionen rund 60-65%, basierend auf Abschätzungen von GWS).
- Die Ausrüstungsinvestitionen in die EE-Stromerzeugung steigen an, von rund 5-7 Mrd. Euro₂₀₂₀/Jahr im Zeitraum 2015-2020 auf bis zu 20-25 Euro₂₀₂₀ /Jahr im Zeitraum 2030-2035.
- Nach 2035 nehmen die Ausrüstungsinvestitionen für die EE-Stromerzeugung wieder ab – während die Ausrüstungsinvestitionen der Volkswirtschaft weiter ansteigen.
- Der Anteil der Ausrüstungsinvestitionen in die EE-Stromerzeugung an den Ausrüstungsinvestitionen insgesamt steigt an von rund 2% im Zeitraum 2015-2020 auf 5-6% im Zeitraum 2030-2035. Nach abgeschlossenem Umbau sinkt der Anteil wieder auf rund 1%.



Annuitäten und Energiekosten

06

Annuitäten und Energiekosten

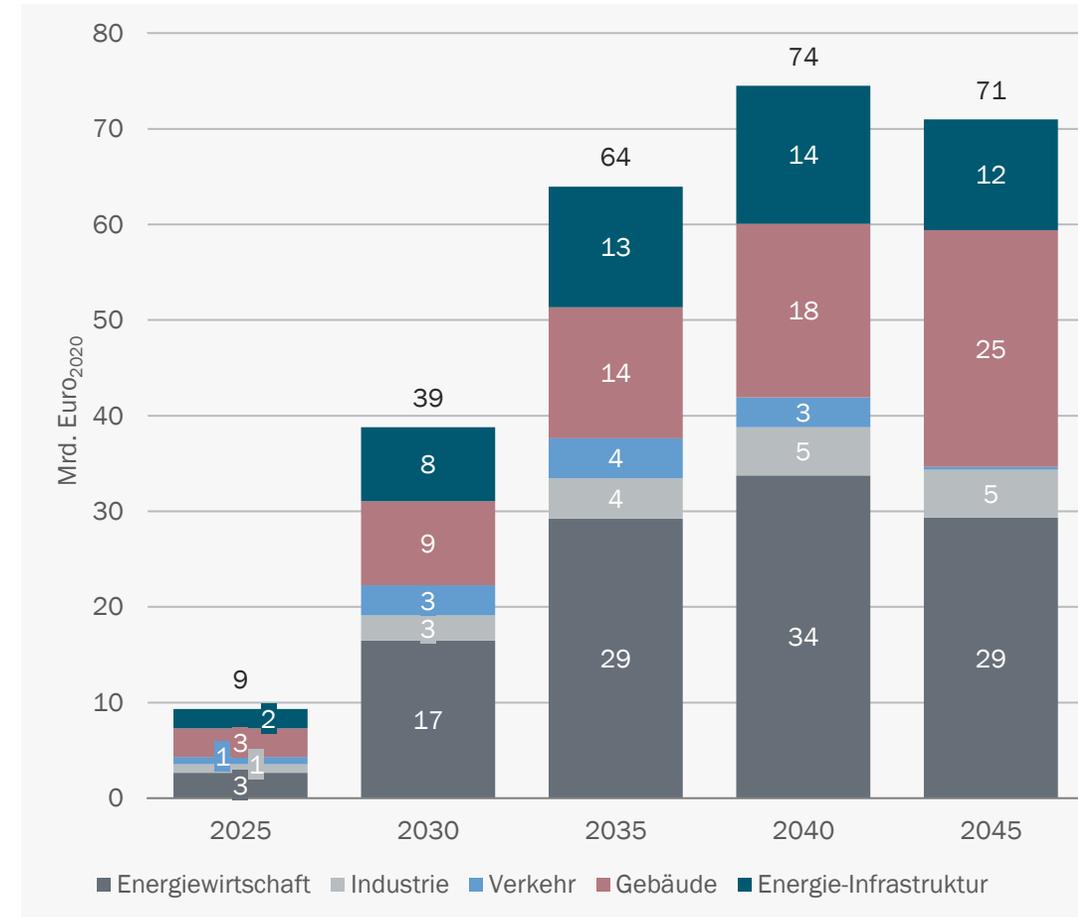
Vorgehen und Abgrenzung

- Im letzten Abschnitt werden die Klimaschutzinvestitionen mit den durch die umgesetzten Effizienz- und Klimaschutzmaßnahmen eingesparten Energiekosten verglichen.
- Dazu werden die Investitionen gleichmäßig auf die Lebensdauer der jeweiligen Sachgüter verteilt. Bei der angewendeten Annuitätenmethode werden zudem Kapitalkosten mitberücksichtigt, dazu werden Sektor- bzw. Anwendungsspezifische Zinssätze angenommen. Die verwendeten Zinssätze liegen zwischen 3% und 7%.
- Die Energiekosten werden auf den Ebenen Sektor und Energieträger berechnet, aus dem Energieverbrauch in den Energieszenarien und den unterstellten Endverbraucherpreisen für Energie (je nach Sektor mit unterschiedlichen Steuern, Abgaben und CO₂-Preisen). In beiden Szenarien werden identische Energiepreise unterstellt. Grundlage dazu bilden ein Preisszenario des World Energy Outlook der IEA (2022; Szenario stated policies) und eigene Annahmen (Stand Herbst 2023).
- Die Energiepreise sind in den Jahren 2022 und 2023 infolge des russischen Angriffskriegs gegen die Ukraine sehr hoch und werden dann wieder rückläufig.
- Verglichen werden die Differenzen zwischen dem Referenz- und dem Zielpfad. Dies ermöglicht die Aussage, inwieweit die zusätzlichen Klimaschutzinvestitionen (im Vergleich zum Referenzpfad) durch reduzierte Energiekosten amortisiert werden können. Der Vergleich erfolgt auf aggregierter Ebene (Endverbrauch insgesamt und Endverbrauchssektoren). Zwischen den einzelnen Branchen und Akteuren können sich Unterschiede ergeben, diese Verteilung wird hier nicht untersucht.

Annualisierte Klimaschutzinvestitionen

Differenz Zielpfad zum Referenzpfad – Jahreswerte in Mrd. Euro₂₀₂₀

- Die Differenzen der annualisierten Klimaschutzinvestitionen nehmen im Zeitverlauf zu (bis zum Jahr 2022 identische Pfade).
- Im Gebäudesektor mit den langlebigen Bauteilen werden die Investitionen bei der Annuitätenmethode über viele Jahre verteilt (30–40 Jahre). Die Differenz zwischen den Szenarien wächst im Zeitverlauf kontinuierlich an.
- Die höchsten Differenzen zeigen sich im Sektor Energiewirtschaft, ab 2040 nimmt die Differenz bei den annualisierten Investitionen aber wieder ab.
- Auch im Sektor Verkehr und bei der Energie-Infrastruktur verringern sich die zusätzlichen jährlichen annualisierten Investitionen nach 2040. In der annualisierten Darstellung werden sie erst ab 2045 negativ.

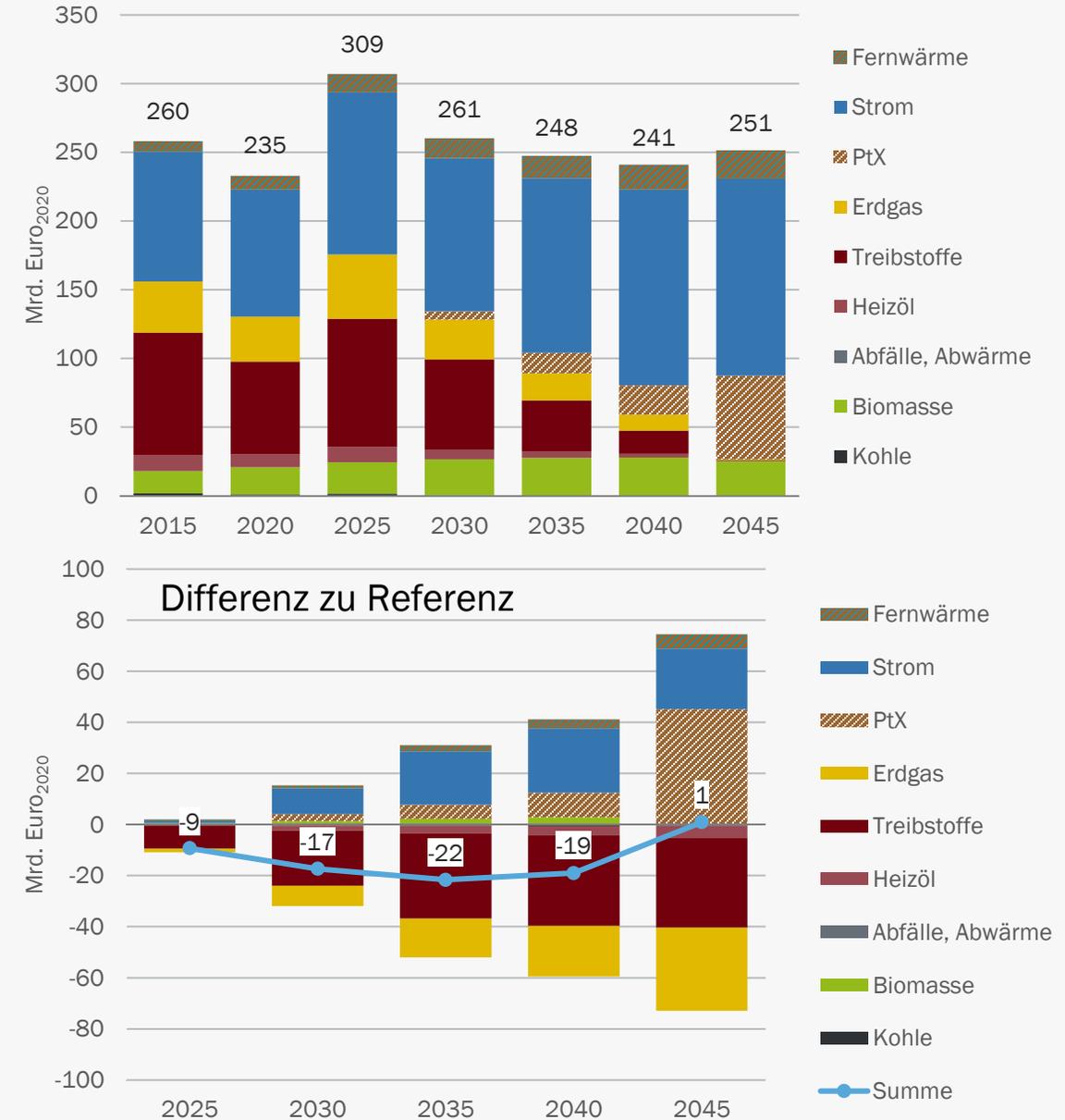


Energiekosten

Jährliche Energieausgaben und Differenz zum Referenzpfad

- Die jährlichen Kosten für den Energiebezug schwanken zwischen den Jahren, in Abhängigkeit von der Energiepreisentwicklung und vom Energieverbrauch.
- In den Jahren 2015–2021 wurden im Mittel rund 250 Mrd. Euro/Jahr für Energie ausgegeben.
- Am aktuellen Rand (2022–2025) ergeben sich deutlich höhere Energiekosten, was auf die gestiegenen Energiepreise zurückzuführen ist (310–390 Mrd. Euro).
- Im Vergleich zur Referenz nehmen im Zielszenario die Ausgaben für Erdgas und Treibstoffe stark ab, höhere Ausgaben zeigen sich bei Strom und Fernwärme sowie bei den teuren, strombasierten Energieträgern (PtX).
- PtX werden ab etwa 2030 in der Industrie (Wasserstoff) sowie ab 2040 zunehmend im Flugverkehr (synthetisches Kerosin) eingesetzt.

Zielpfad: Energieausgaben für den Endverbrauch

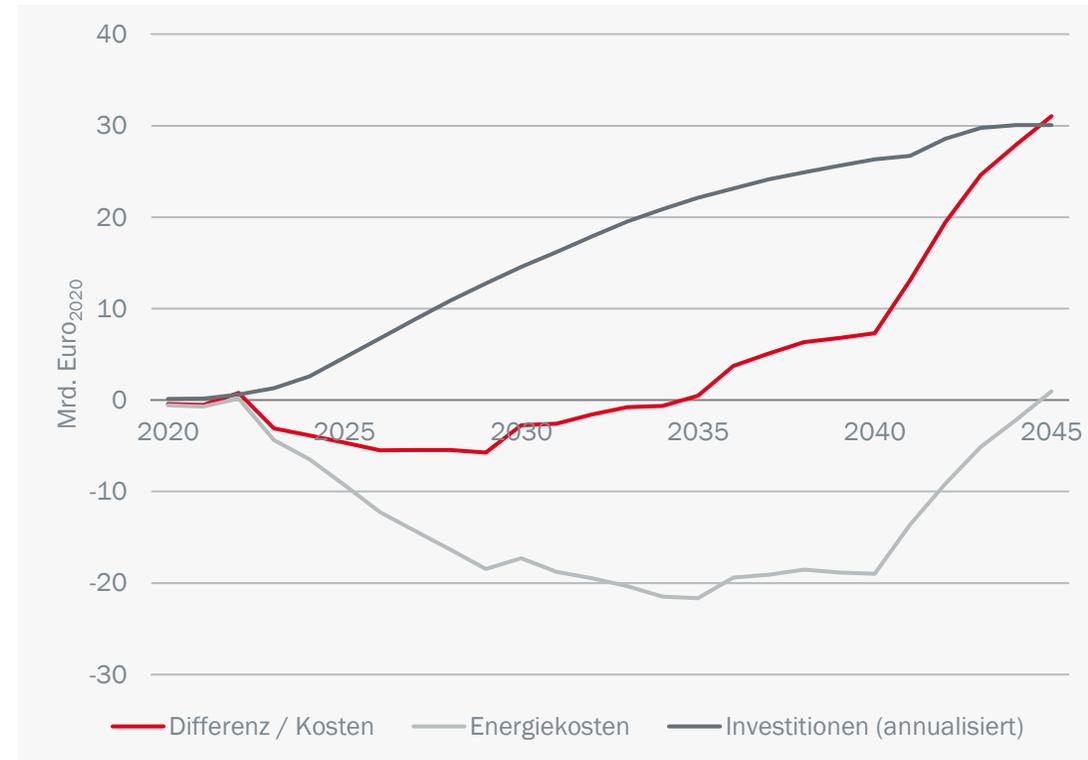


Direkte Mehrkosten im Zielpfad

Differenz Zielpfad zum Referenzpfad

- Bis etwa 2035 werden die jährlichen Mehrinvestitionen durch die erzielten Einsparungen bei den Energiekosten aufgewogen. Danach steigen die annualisierten Investitionen weiter an, während die Einsparungen bei den Energiekosten abnehmen. Dies ist auf den Einsatz von PtX Energieträgern bei der Industrie und im Verkehr zurückzuführen.
- Gebäude: Die zusätzlichen Investitionen und die eingesparten Energiekosten sind über den gesamten Zeitraum in etwa gleich hoch.
- Verkehr: bis 2040 überwiegen die Einsparungen der Energiekosten deutlich die annualisierten Investitionen. Ab 2040, mit dem stark ansteigenden Einsatz vom PtX beim Flugverkehr, nehmen die Energiekosten zu (sind ab 2043 höher als im Referenzpfad).
- Industrie: Die Investitionen werden nicht durch die Energiekosten amortisiert, da sich insbesondere durch den Einsatz von H₂ höhere Energiekosten ergeben als in der Referenz.

Ebene Endenergieverbrauch (Jahreswerte)



Annuitäten und Energiekosten

Energiekosten in weiteren Bereichen

- Nichtenergetischer Verbrauch (NEV)
 - Durch den Einsatz von strombasierten Energieträgern für die stoffliche Verwendung steigen die Energiekosten im NEV deutlich an, von aktuell rund 12,5 Mrd. Euro₂₀₂₀/a auf über 40 Mrd. Euro₂₀₂₀/a nach 2040.
 - Hohe Kosten ergeben sich u.a. für grünen Wasserstoff, synthetisches Naphtha und synthetisches Methanol, reduziert werden die Kosten für den Bezug von Mineralölprodukten und Erdgas.
- Stromerzeugung
 - Im Referenzszenario nehmen die Brennstoffkosten im Zeitverlauf ab, da Wind und PV die Stromerzeugung aus Kohle und Erdgas verdrängen.
 - Im Zielszenario zeigen sich bis zum Jahr 2030 ebenfalls rückläufige Brennstoffkosten.
 - Nach 2030 nehmen die Brennstoffkosten im Zielszenario aber wieder zu, dies ist auf den Einsatz von Wasserstoff zur Stromerzeugung zurückzuführen.
 - 2021: rund 8,5 Mrd. Euro₂₀₂₀
 - 2030: rund 7,5 Mrd. Euro₂₀₂₀
 - 2045: rund 14,7 Mrd. Euro₂₀₂₀

Makroökonomische Effekte von Klimaschutz

Positive Effekte auf die Volkswirtschaft erwartet

- Allein anhand der (zusätzlichen) Investitionen für den Klimaschutz und den eingesparten Energiekosten kann der Effekt auf die wirtschaftliche Entwicklung in Deutschland nicht abgeschätzt werden. Dazu wird gesamtwirtschaftliche Modellierung benötigt, welche Rückkoppelungen und Wechselwirkungen innerhalb der Volkswirtschaft, aber auch mit dem Ausland berücksichtigt.
- Eine solche makroökonomische Analyse wird aktuell von der GWS durchgeführt, die Ergebnisse werden im Verlauf des Jahres 2024 erwartet.
- Bisherige, vergleichbare Analysen zeigen in der Regel einen leicht positiven Effekt durch erhöhte Klimaschutzinvestitionen. Beispiele sind die Studien «Klimapfade für Deutschland» (BCG, Prognos 2018), die «Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende» (GWS et al. 2018) und die «Energiewirtschaftlichen Projektionen und Folgeabschätzungen 2030/2050» (Prognos et al. 2021).

Impressum/Disclaimer

Kontakt

Prognos AG Berlin
Goethestr. 85
10623 Berlin

Telefon: +49 30 520059-210
E-Mail: info@prognos.com

www.prognos.com

twitter.com/prognos_ag

Alle Inhalte dieses Werkes, insbesondere Texte, Abbildungen und Grafiken, sind urheberrechtlich geschützt. Das Urheberrecht liegt, soweit nicht ausdrücklich anders gekennzeichnet, bei der Prognos AG. Jede Art der Vervielfältigung, Verbreitung, öffentlichen Zugänglichmachung oder andere Nutzung bedarf der ausdrücklichen, schriftlichen Zustimmung der Prognos AG.

Stand: 18. Juli 2024

Wir geben Orientierung.

Prognos AG – Europäisches Zentrum
für Wirtschaftsforschung und
Strategieberatung