

Kurzbericht

---

# Prognos BAU-Szenario 2023

---

Annahmen und Ergebnisse



Quelle: AdobeStock – Master - Stock

Kurzbericht

---

# Prognos BAU-Szenario 2023

---

Annahmen und Ergebnisse

**Von**  
Prognos

**Beteiligte Prognos**

*Autoren:* Andreas Kemmler, Andreas Brutsche, Alex Auf der Maur, Alexander Piégsa, Almut Kirchner, Aurel Wunsch, Inka Ziegenhagen, Purnima Kulkarni, Sebastian Lübbers, Sven Kreidelmeyer

**Version vom**  
23. Mai 2024

---

# Inhaltsverzeichnis

---

Abbildungsverzeichnis	1
Tabellenverzeichnis	3
Abkürzungsverzeichnis	4
<b>1 Einleitung</b>	<b>10</b>
1.1 Hintergrund	10
1.2 Grundsätzlicher Charakter des BAU-Szenarios	10
<b>2 Rahmendaten und Rahmenentwicklungen</b>	<b>11</b>
2.1 BIP, BWS und Erwerbstätige	11
2.2 Bevölkerung und Haushalte	12
2.3 Energie- und CO <sub>2</sub> -Preise	14
2.4 Klimaerwärmung	15
<b>3 Politische Maßnahmen bis 2030</b>	<b>16</b>
3.1 Sektorübergreifenden Instrumente im BAU-Szenario	16
3.2 Politische Maßnahmen in den Sektoren	17
3.2.1 Industrie	17
3.2.2 Verkehr	19
3.2.3 Gebäude	20
3.2.4 Energieumwandlung	22
<b>4 Entwicklung im Zeitraum 2030 bis 2045</b>	<b>23</b>
4.1 Industrie	23
4.2 Verkehr	23
4.3 Gebäude (Private Haushalte und GHD)	24
4.4 Energieumwandlung	24

<b>5</b>	<b>Ergebnisse des BAU-Szenarios</b>	<b>25</b>
5.1	Gesamtergebnisse	25
5.1.1	THG-Emissionen	25
5.1.2	Primärenergieverbrauch	27
5.1.3	Endenergieverbrauch	29
5.1.4	Energieeffizienzziele	32
5.2	Sektorale Ergebnisse	33
5.2.1	Energieumwandlung	33
5.2.2	Industrie	36
5.2.3	Verkehr	40
5.2.4	Gebäude (Private Haushalte und GHD)	45
<b>6</b>	<b>Anhang</b>	<b>51</b>
6.1	Sektorale Abgrenzungen	51
	Quellenverzeichnis	53

---

## Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 1:	Endenergieverbrauch nach Energieträgern	7
Abbildung 2:	Treibhausgasemissionen nach Sektoren des Klimaschutzgesetzes	8
Abbildung 3:	Vergleich mit den Zielvorgaben für den Zeitraum 2021 - 2030	9
Abbildung 4:	BIP und Bruttowertschöpfung nach Sektoren	11
Abbildung 5:	Erwerbstätige nach Sektoren	12
Abbildung 6:	Bevölkerung in Deutschland nach Altersgruppen	13
Abbildung 7:	Gradtagszahl und Cooling-Degree-Days für Raumwärme und Klimakälte	15
Abbildung 8:	Im BEHG angenommene Preisentwicklung	17
Abbildung 9:	Treibhausgasemissionen nach Sektoren des Klimaschutzgesetzes	26
Abbildung 10:	Treibhausgasemissionen im Jahr 2030 nach Sektoren	26
Abbildung 11:	Vergleich mit den Zielvorgaben für den Zeitraum 2021 - 2030	27
Abbildung 12:	Primärenergieverbrauch nach Komponenten	28
Abbildung 13:	Primärenergieverbrauch nach Energieträgern	29
Abbildung 14:	Endenergieverbrauch nach Sektoren	31
Abbildung 15:	Endenergieverbrauch nach Energieträgern	31
Abbildung 16:	Endenergieverbrauch: Stromverbrauch nach Anwendungen	32
Abbildung 17:	Nettostromerzeugung erneuerbarer Energien	34
Abbildung 18:	Nettoleistung erneuerbarer Energien	35
Abbildung 19:	Nettostromerzeugung	36
Abbildung 20:	Produktionsmengen	37

Abbildung 21:	Energieverbrauch nach Energieträgern in der Industrie	38
Abbildung 22:	Energieverbrauch nach Branchen in der Industrie	39
Abbildung 23:	Treibhausgasemissionen nach Emittentengruppen in der Industrie	40
Abbildung 24:	Personenverkehrsleistung nach Verkehrszweig	41
Abbildung 25:	Güterverkehrsleistung nach Verkehrszweig	42
Abbildung 26:	Pkw Bestand nach Antrieb	43
Abbildung 27:	Bestand schwere Nutzfahrzeuge nach Antrieb	43
Abbildung 28:	Endenergieverbrauch nach Energieträgern	44
Abbildung 29:	THG-Emissionen nach Verkehrszweig	45
Abbildung 30:	Gebäudefläche nach Gebäudetypen	46
Abbildung 31:	Beheizungsstruktur der Wohnfläche	47
Abbildung 32:	Endenergieverbrauch nach Energieträgern	48
Abbildung 33:	Endenergieverbrauch nach Verwendungszwecken	48
Abbildung 34:	Verbrauch für Raumwärme und Warmwasser im Gebäudesektor	49
Abbildung 35:	THG-Emissionen im Gebäudesektor	50

---

## Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 1:	Haushaltsentwicklung, Haushaltsgröße und BIP, Kopf	13
Tabelle 2:	Grenzübergangspreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle sowie CO <sub>2</sub> -Preis	14
Tabelle 3:	Effizienzziele und Abschätzung der wahrscheinlichen Zielverfehlung	33

---

## Abkürzungsverzeichnis

---

### Allgemeine Begriffe

BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
BEV	Battery Electric Vehicle (Batteriebetriebene Elektrofahrzeuge)
BesAr	Besondere Ausgleichsregelung
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CBAM	Carbon Border Adjustment Mechanism (CO <sub>2</sub> -Grenzausgleichsmechanismus)
CCfD	Carbon Contracts for Difference (CO <sub>2</sub> -Differenzverträge)
CCS	Carbon Capture and Storage (CO <sub>2</sub> -Abscheidung und -Speicherung)
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
CO <sub>2</sub> eq	Kohlenstoffdioxid-Äquivalente
CRF	Common Reporting Format (Systematik der internationalen Klimaberichterstattung)
DARP	Deutsche Aufbau- und Resilienzplan
DRI	Direct Reduced Iron (direktreduziertes Eisen, auch Eisenschwamm genannt)
EE	erneuerbare Energien
EED	Energy Efficiency Directive (Energieeffizienzrichtlinie)
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEV	Endenergieverbrauch
EffSTRA	Energieeffizienzstrategie 2050 der Bundesregierung
EEW	Bundesförderprogramm für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft

EZFH	Ein- und Zweifamilienhaus
EIA	Energy Information Administration
EMS	Energiemanagementsystem
EnEfG	Energieeffizienzgesetz
EU-ETS	Europäisches Emissionshandelssystem
FCV	Fuel Cell Vehicle (Brennstoffzellenfahrzeug)
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
H <sub>2</sub>	Wasserstoff
HVC	High-Value-Chemicals
IEA	International Energy Agency
IPCEI	Important Project of Common European Interest
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KMU	Kleine und Mittlere Unternehmen
KSG	Klimaschutzgesetz
KSP	Klimaschutzprogramm
KUP	Kurzumtriebsplantagen
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LNf	Leichte Nutzfahrzeug
LULUCF	Land-use, land-use change and forestry (Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft)
MFH	Mehrfamilienhaus
NEC	National Emission Ceilings (Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen=
NECP	Nationaler Energie- und Klimaplan
nETS	nationales Emissionshandelssystem
NIR	Nationaler Inventarbericht zu den THG-Emissionen

NPM	Nationalen Plattform Mobilität
PB21	Projektionsbericht 2021
PEV	Primärenergieverbrauch
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle (Fahrzeug mit hybridem Antrieb aus Elektro- und Verbrennungsmotor)
Pkm	Personen-Kilometer
PtL	Power-to-Liquid
PV	Photovoltaik
RED	Renewable Energy Directive (Erneuerbare Energien Richtlinie)
SNf	Schwere Nutzfahrzeuge
THG	Treibhausgase
Tkm	Tonnenkilometer
UBA	Umweltbundesamt
WEO	World Energy Outlook

### **Physikalische Einheiten**

k-,M-,G-,T-,P-	SI-Präfixe (Kilo-: $10^3$ , Mega-: $10^6$ , Giga-: $10^9$ , Tera-: $10^{12}$ , Peta-: $10^{15}$ )
ha	Hektar
J	Joule
m	Meter
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
t	Tonne
W	Watt
Wh	Watt-Stunde

## Zusammenfassung

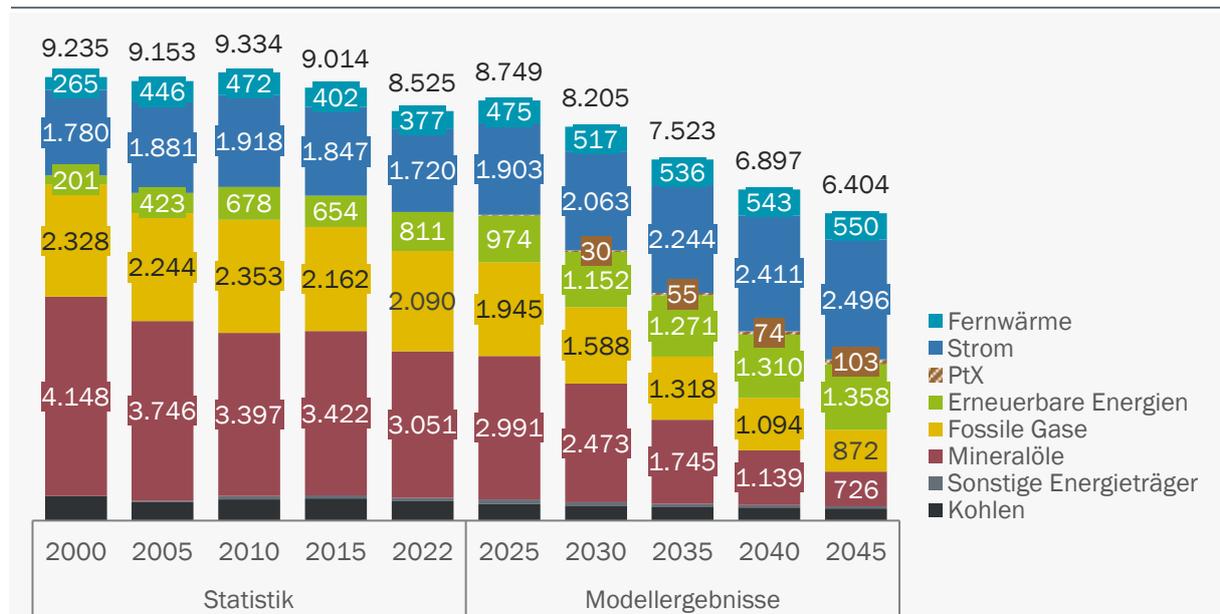
Das BAU-Szenario der Prognos AG beschreibt die Entwicklung des Energiesystems in Deutschland bis zum Jahr 2045 unter konservativen Annahmen. Das BAU-Szenario berücksichtigt die bis zum Herbst 2023 eingeführten Energie- und Klimaschutzinstrumente – aber keine zusätzlichen. Damit wird überprüft, ob mit den bereits beschlossenen Instrumenten die Klimaschutzziele und Energieeffizienzziele erreicht werden, und wie groß ggf. die Ziellücken sind.

Der Primärenergieverbrauch nimmt im BAU-Szenario deutlich ab. Dies ist überwiegend auf die Entwicklung bei der Stromerzeugung zurückzuführen. Der starke Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung aus Wind und Photovoltaik und die gleichzeitige Reduktion der Erzeugung aus Kohle trägt erheblich zur Verringerung des Energieeinsatzes bei. Auch in den Endverbrauchssektoren Industrie, Verkehr und Gebäude nimmt im BAU-Szenario der Energieverbrauch ab, bis zum Jahr 2030 fällt der Rückgang jedoch gering aus. Dadurch werden die Effizienzziele des Energieeffizienzgesetzes für das Jahr 2030 auf Ebene des Primärenergieverbrauchs knapp und auf Ebene des Endenergieverbrauchs noch deutlich verfehlt.

Nach dem Jahr 2030 nehmen sowohl der Primärenergieverbrauch als auch der Endenergieverbrauch weiter ab. Dabei zeigt sich, dass nach 2040 der Energieeinsatz im Umwandlungssektor wieder ansteigt und dadurch den Rückgang des Primärenergieverbrauchs dämpft. Dies ist insbesondere auf die weiter steigende Stromerzeugung zurückzuführen. Die Nettostromerzeugung steigt bis zum Jahr 2030 auf rund 670 TWh und bis zum Jahr 2045 auf rund 920 TWh. Treiber des Anstiegs ist hauptsächlich die Elektromobilität, aber auch die Wärmepumpen und die inländische Wasserstoffproduktion tragen zum Anstieg bei.

**Abbildung 1: Endenergieverbrauch nach Energieträgern**

Jahre 2000 bis 2045, in PJ



Quelle: AG Energiebilanzen 2023 und eigene Berechnungen

© Prognos 2024

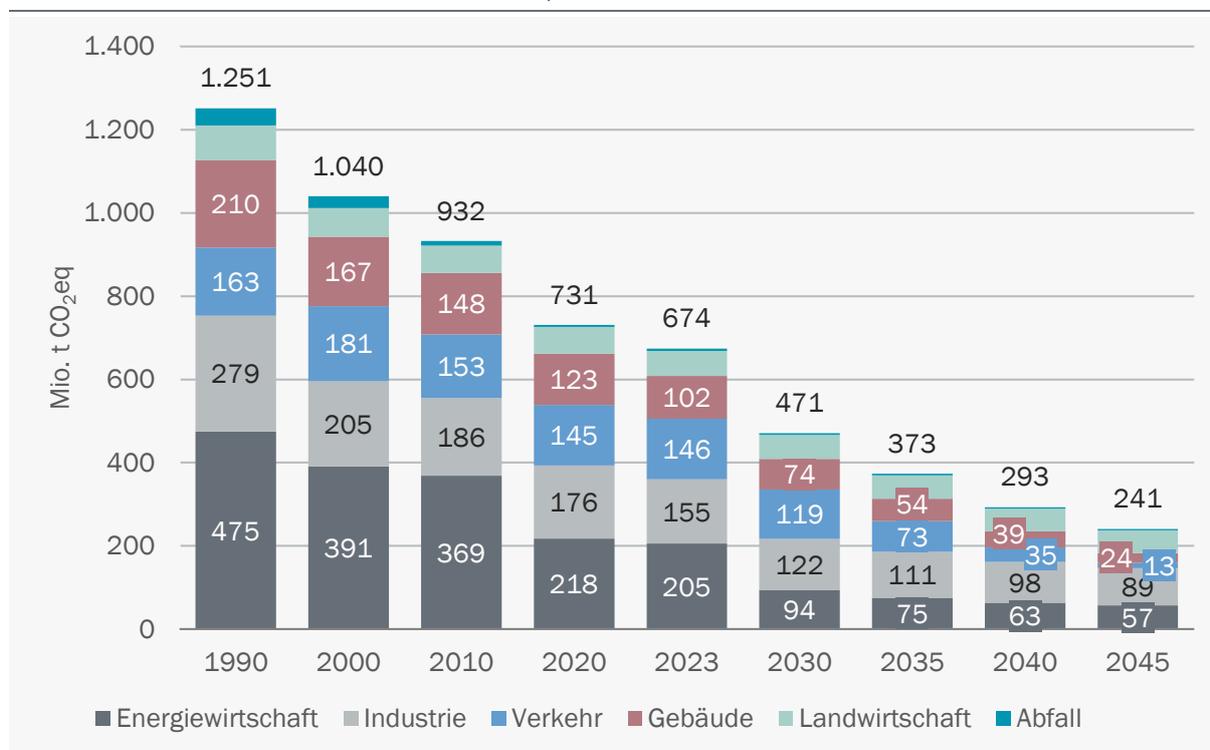
Dem Anstieg des Stromverbrauchs steht der Verbrauchsrückgang an fossilen Gasen und Mineralölen gegenüber. Der Endenergieverbrauch fossiler Gase verringert sich bis zum Jahr 2045 um 58 % (bis 2030: -24 %) und der Verbrauch der Mineralölprodukte um 76 % (bis 2030: -19 %), jeweils im Vergleich zum Jahr 2022 (Abbildung 1).

Mit dem Rückgang des Verbrauchs fossiler Energieträger verringern sich die THG-Emissionen. Im BAU-Szenario reduzieren sich die THG-Emissionen bis zum Jahr 2030 auf 471 Mio. t CO<sub>2</sub>eq (Abbildung 2). Das sind 62 % weniger als im Jahr 1990. Das Ziel des Klimaschutzgesetzes mit einer Reduktion um 65 % gegenüber 1990 bis zum Jahr 2030 wird noch nicht ganz erreicht. Bei der Betrachtung der im Zeitraum 2021 – 2030 verursachten THG-Emissionen wird das Reduktionsziel hingegen erreicht, das Ziel wird insgesamt um 31 Mio. t CO<sub>2</sub>eq unterschritten. Die Zielerreichung in den Sektoren fällt unterschiedlich aus:

- Im Sektor Energiewirtschaft werden sowohl das Sektorziel für das Jahr 2030 als auch das Ziel für die im Zeitraum 2021-2030 kumulierten THG-Emissionen erreicht - und sogar deutlich unterschritten.
- Im Industriesektor wird das Ziel 2030 annähernd erreicht, das Ziel für die im Zeitraum 2021-2030 kumulierten Emissionen wird leicht übererfüllt. Letzteres ist u.a. auf die tiefen THG-Emissionen in den Jahren 2022 und 2023 zurückzuführen.
- In den Sektoren Gebäude und Verkehr werden hingegen sowohl die Ziele für das Jahr 2030 als auch die Ziele für den Zeitraum 2021-2030 verfehlt, insbesondere beim Verkehrssektor ist die erwartete Zielverfehlung sehr groß.

**Abbildung 2: Treibhausgasemissionen nach Sektoren des Klimaschutzgesetzes**

Jahre 1990 bis 2045, KSG-Sektoren, in Mio. t CO<sub>2</sub>eq



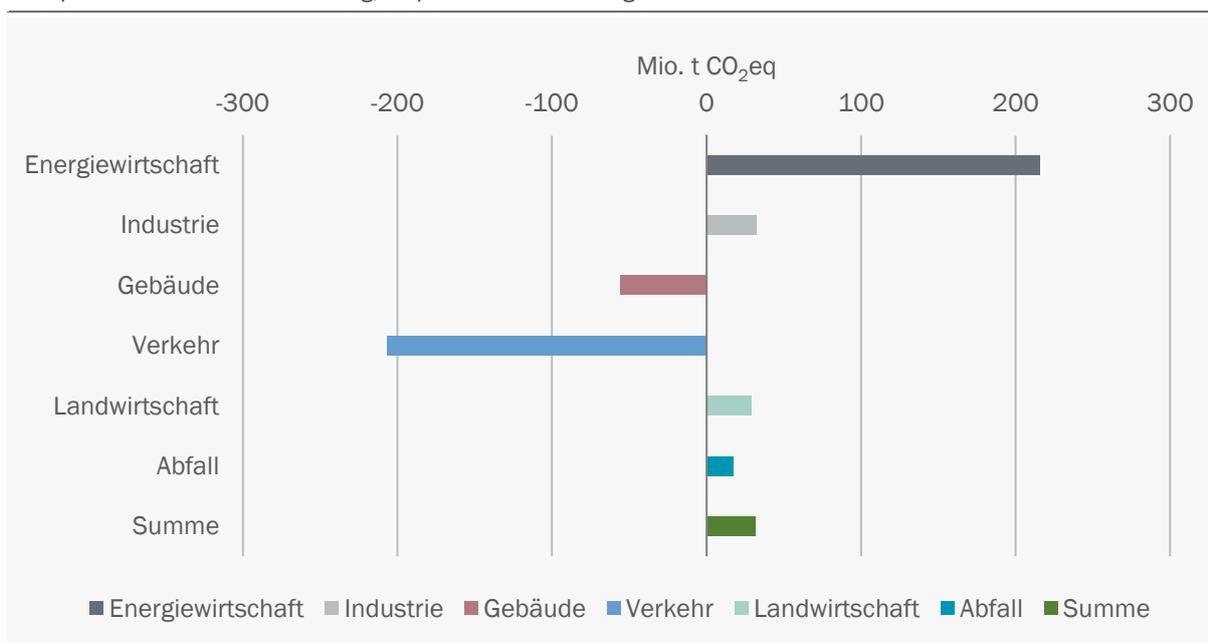
Quelle: UBA 2024 und eigene Berechnung Prognos

Die Zielerreichung für die nach dem Klimaschutzgesetz im Zeitraum 2021-2030 noch zulässigen THG-Emissionen ist überwiegend auf die starke Übererfüllung im Sektor Energiewirtschaft von über 200 Mt CO<sub>2</sub>eq zurückzuführen; im Sektor Energiewirtschaft werden deutlich weniger THG-Emissionen emittiert als gemäß Sektorziel noch zulässig wäre (Abbildung 3). Außerdem tragen methodische Änderungen bei der Erfassung und Bewertung der THG-Emissionen in den Sektoren Landwirtschaft und Abfall zu tieferen THG-Emissionen bei (im Vergleich zu den in früheren THG-Inventaren ausgewiesenen Emissionsmengen). Auch dies trägt zur Zielerreichung bei.

Bis zum Jahr 2045 verringern sich die THG-Emissionen im BAU-Szenario auf noch rund 241 Mt CO<sub>2</sub>eq (-81 % ggü. 1990, ohne Berücksichtigung der Emissionen des Sektors LULUCF). Für die Erreichung des Netto-null-Ziels sind weitere Anstrengungen notwendig. Kurz- und Mittelfristig betrifft dies insbesondere die Sektoren Verkehr und Gebäude, mittel- und langfristig den Industriesektor. Annähernd 40 % der Restemissionen im Jahr 2045 entfallen auf den Industriesektor.

**Abbildung 3: Vergleich mit den Zielvorgaben für den Zeitraum 2021 - 2030**

nach Sektoren des KSG und insgesamt, in Mio. t CO<sub>2</sub>eq, dabei sind negative Werte als Zielverfehlung zu interpretieren und positive Werte als Zielerfüllung, respektive Übererfüllung



Quelle: UBA 2024 und eigene Berechnung Prognos

© Prognos 2024

---

# 1 Einleitung

---

## 1.1 Hintergrund

Der vorliegende Kurzbericht fasst zentrale Annahmen sowie und Ergebnisse des Prognos Business-as-usual (BAU)-Szenario zusammen. Das BAU-Szenario beschreibt die Entwicklung des Energiesystems in Deutschland bis zum Jahr 2045 unter konservativen Annahmen. Das Szenario berücksichtigt die bis zum Herbst 2023 eingeführten Energie- und Klimaschutzinstrumente – aber keine zusätzlichen. Dargestellt werden die eingesetzten Energieträger nach Sektoren und Anwendungen sowie die mit dem Energieeinsatz verbundenen Treibhausgas-(THG)-Emissionen. Die Einteilung der Sektoren erfolgt in der Abgrenzung der Klimaschutzgesetzes (KSG). Dies erlaubt einen Vergleich mit den gesetzlich verankerten sektoralen Zielwerten für das Jahr 2030.

## 1.2 Grundsätzlicher Charakter des BAU-Szenarios

- Das BAU-Szenario ist ein Referenzszenario, das die bis zum Herbst 2023 eingeführten Instrumente berücksichtigt. Es schreibt die Entwicklung unter diesen Bedingungen fort (Projektion).
- Diskutierte, aber (noch) nicht beschlossene Instrumente werden nicht berücksichtigt.
- Das BAU-Szenario ist kein Zielszenario – es wird überprüft, ob mit den bereits beschlossenen Instrumenten die Klimaschutzziele erreicht werden, und wie groß ggf. die Ziellücke ist. Es erfolgt jedoch keine Nachsteuerung durch zusätzliche Instrumente, um die Zielerreichung sicherzustellen.
- Das BAU-Szenario ist **keine Prognose**.
- Verwendet werden aktuelle Annahmen zu Rahmendaten, darunter Annahmen zur Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung sowie Weltmarktenergiepreise. Diese Annahmen werden aus exogenen Quellen übernommen, u.a. aktuellen Statistiken und Börsenpreise (z.B. für das Gas Futures für die kommenden Jahre).
- Den statistischen Rand bildet das grundsätzlich Jahr 2022.
- Bei der Stromerzeugung wird eine weitgehend ausgeglichene Jahresbilanz angestrebt. Die Entwicklung im Ausland ist vergleichbar mit dem Ambitionsniveau in Deutschland.
- Für die THG-Emissionen der Sektoren Landwirtschaft und LULUCF erfolgt keine eigenständige Modellierung. Um die Entwicklung der gesamten THG-Emissionen abbilden zu können, werden diese Pfade aus dem Projektionsbericht der Bundesregierung übernommen (UBA 2024).

## 2 Rahmendaten und Rahmenentwicklungen

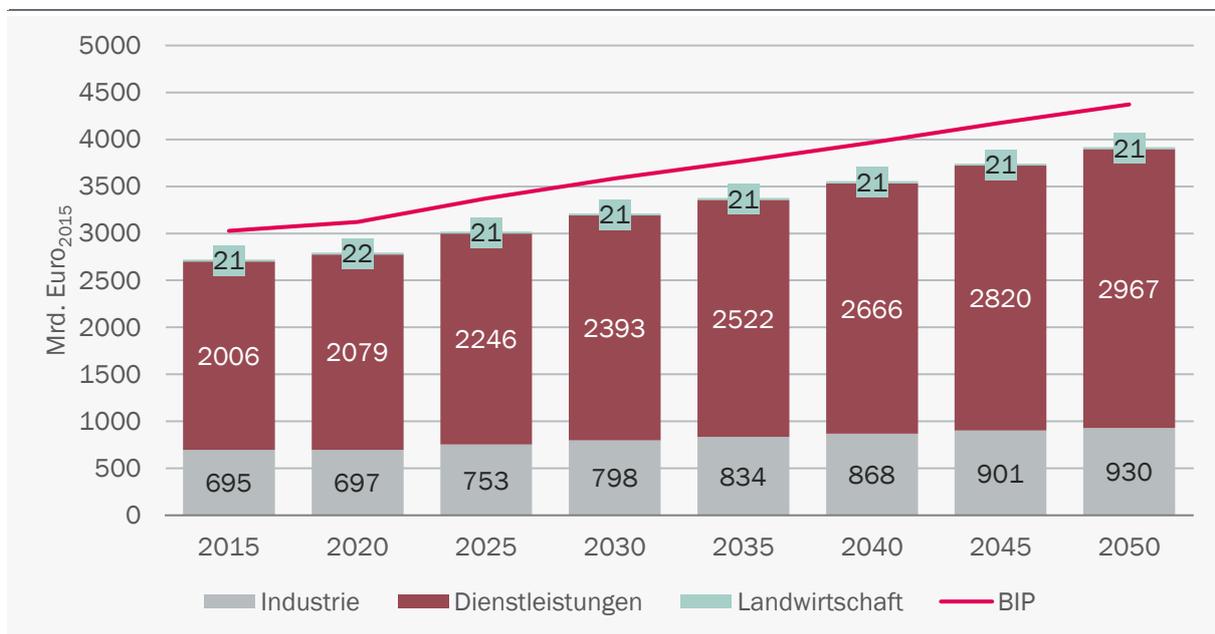
Rahmendaten sind wichtige Treiber des Energiesystems, werden von diesem aber selbst nicht oder nur sehr wenig beeinflusst. Sie bilden auf makroskopischer Ebene wesentliche Eigenschaften des Landes ab, das entsprechend seinem Bedarf mit Energie versorgt werden soll.

### 2.1 BIP, BWS und Erwerbstätige

Wichtige Leitvariablen für die Verbrauchsentwicklung sind das Bruttoinlandsprodukt (BIP), die Bruttowertschöpfung (BWS) sowie die Zahl der Erwerbstätigen (nach Branchen). Die in dieser Arbeit verwendeten Entwicklungen dieser Größen basiert auf dem Prognos Economic Outlook (Ausgabe 2023).<sup>1</sup> Dazu wurden mit dem gesamtwirtschaftlichen Modell VIEW der Prognos AG die Entwicklungen für die einzelnen Wirtschaftsbranchen bezüglich BWS und Zahl der Erwerbstätigen berechnet. Das BIP nimmt zwischen 2020 und 2045 mit einer durchschnittlichen jährlichen Rate von 1,4 % zu, im Zeitraum 2020 bis 2045 verlangsamt sich das Wachstum auf 1,0 %/Jahr. Im Jahr 2045 liegt das BIP bei 4.177 Mrd. Euro<sub>2015</sub> (Abbildung 4).

**Abbildung 4: BIP und Bruttowertschöpfung nach Sektoren**

in Milliarden Euro<sub>2015</sub>, 2015 bis 2050



Quelle: Prognos 2023

© Prognos 2024

Die Bruttowertschöpfung entwickelt sich proportional zum BIP und beträgt im Jahr 2045 3.743 Mrd. Euro<sub>2015</sub>. Dies entspricht einer Zunahme gegenüber dem Jahr 2020 um 34 %. Im GHD-

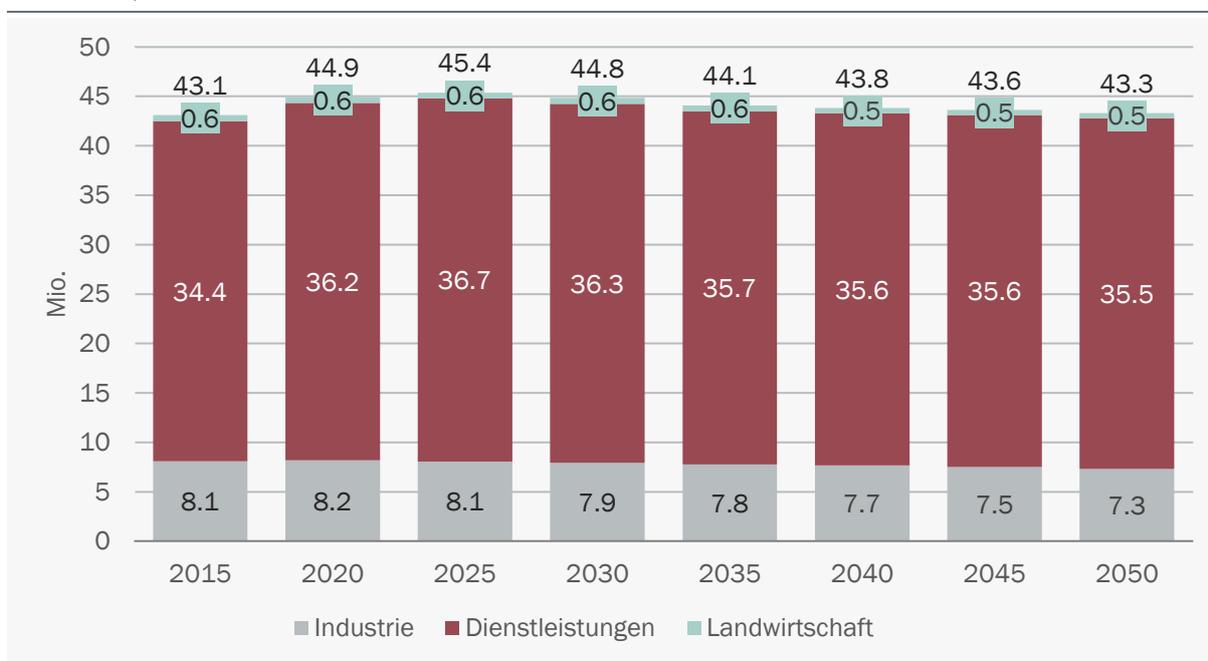
<sup>1</sup> Prognos Economic Outlook (PEO): <https://www.prognos.com/de/projekt/prognos-economic-outlook-peo>

Sektor fällt die Zunahme mit +36 % etwas höher aus als im Industriesektor (+29 %). Branchen mit einem sehr starken Wachstum sind Pharmazie (+51 %), Elektroindustrie (+49 %), Fahrzeugbau (+46 %), Information und Kommunikation (+70 %) sowie das Gesundheits-/Sozialwesen (+40 %). Der Anteil des GHD-Sektors an der gesamten Bruttowertschöpfung verändert sich im Betrachtungszeitraum nicht wesentlich und liegt im Mittel der Jahre bei rund 75 %.

Die Zahl der Erwerbstätigen ist in den vergangenen Jahren angestiegen (Abbildung 5). Im Szenarienzeitraum nimmt die Zahl der Erwerbstätigen ab dem Jahr 2025, von 45,4 Mio. im Jahr 2025 über 44,8 Mio. im Jahr 2030 auf 43,6 Mio. im Jahr 2045 ab (-3 % ggü. 2020). Ursächlich hierfür ist hauptsächlich die demografische Entwicklung: Die Bevölkerung stagniert und wird älter, die Zahl der Personen im Erwerbsalter nimmt ab. Der Anteil der Erwerbstätigen an der Bevölkerung verringert sich von 54 % im Jahr 2020 auf 52 % im Jahr 2045.

**Abbildung 5: Erwerbstätige nach Sektoren**

in Millionen, 2015 bis 2050



Quelle: Prognos 2023

© Prognos 2024

## 2.2 Bevölkerung und Haushalte

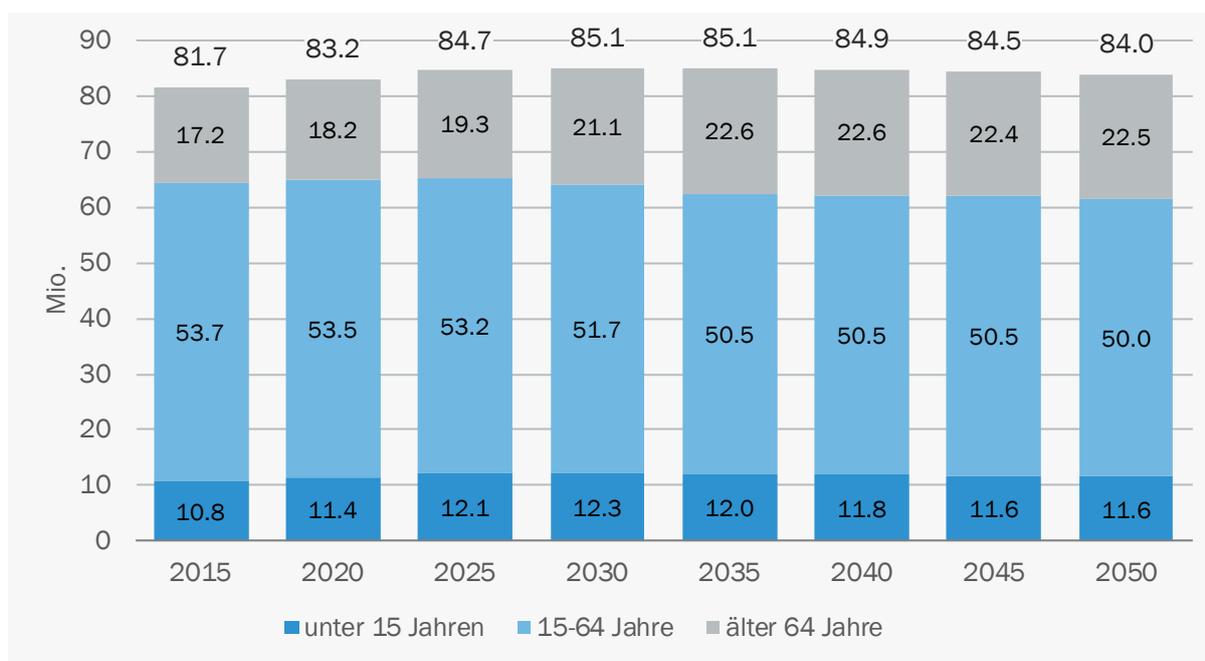
Zentrale Leitvariablen für den Energieverbrauch in Wohngebäuden und den Energieverbrauch des Personenverkehrs sind die Bevölkerung und die Zahl der Haushalte. Für die Fortschreibung der Bevölkerungsentwicklung werden die Annahmen des Statistischen Bundesamtes verwendet (15. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung, Variante moderate Entwicklung bei mittleren Wanderungssaldo). Die Struktur der Haushalte wird ebenfalls aus den Berechnungen des Statistischen Bundesamtes abgeleitet.

Die Bevölkerung in Deutschland steigt im Betrachtungszeitraum 2020 bis 2030 noch leicht an, von 83,2 Mio. auf 85,1 Mio. (+2,4 %; Abbildung 6). Zwischen den Jahren 2030 und 2040

verändert sich die Höhe der Bevölkerung nicht wesentlich, nach 2040 wird sie leicht rückläufig. Insgesamt ergibt sich im Zeitraum 2020 bis 2045 eine Zunahme von 1,6 %.

**Abbildung 6: Bevölkerung in Deutschland nach Altersgruppen**

in Millionen, 2015 bis 2050



Eigene Darstellung Prognos, basierend auf der 15. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes (Destatis 2022) © Prognos 2024

Da sich die mittlere Haushaltsgröße im Zeitverlauf verringert, verteilt sich die Bevölkerung auf mehr Haushalte und die Zahl der Haushalte steigt etwas stärker als die Bevölkerung. Im Zeitraum 2020 bis 2045 erhöht sich die Zahl der Haushalte um 4,6 % und liegt im Jahr 2045 bei 42,6 Mio. (Tabelle 1), im gleichen Zeitraum erhöht sich die Bevölkerung um 1,6 %.

Das Einkommen der Bevölkerung nimmt im Szenariozeitraum zu. Es steigt von 37,5 Tsd.Euro<sub>2015</sub> im Jahr 2020 über 42,1 Tsd.Euro<sub>2015</sub> im Jahr 2030 auf 49,4 Tsd.Euro<sub>2015</sub> im Jahr 2045 (+32 % ggü. 2020).

**Tabelle 1: Haushaltsentwicklung, Haushaltsgröße und BIP, Kopf**

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Haushalte, in Millionen	40.7	41.0	41.7	42.0	42.5	42.6	42.6
Personen je Haushalt	2.0	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
BIP/Kopf, in Tsd. Euro <sub>2015</sub>	37.5	39.8	42.1	44.3	46.8	49.4	52.0

Quelle: eigene Berechnungen Prognos, basierend auf Daten des Statistischen Bundesamtes

## 2.3 Energie- und CO<sub>2</sub>-Preise

Die unterstellte langfristige Entwicklung der Grenzübergangspreise für Energie orientiert sich am World Energy Outlook der International Energy Agency - IEA (2022; Szenario stated policies; Tabelle 2).

Die Energiepreise sind in den Jahren 2022 und 2023 infolge des russischen Angriffskriegs gegen die Ukraine sehr hoch und werden dann wieder rückläufig. Die Preise für Öl und Erdgas bleiben jedoch langfristig höher als im Jahr 2020. Der Preis für Steinkohle nimmt hingegen deutlich ab.

Demgegenüber stehen steigende Preise für CO<sub>2</sub>. Im EU-ETS erhöhte sich der Preis seit 2020 deutlich. Der Preis bleibt bis zum Jahr 2030 hoch und steigt weiter an. Für das Jahr 2045 wurde ein Preis von 166 Euro<sub>2022</sub>/t angenommen.

Die CO<sub>2</sub>-Preisentwicklung im nationalen Emissionshandelssystem, welches im Rahmen des Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) geregelt wird, ist bis zum Jahre 2026 gedeckelt. Die Weiterentwicklung nach 2026 ist noch nicht festgelegt. Im BAU-Szenario wird die nominale Preisentwicklung nach 2026 aus dem Projektionsbericht 2023 (UBA 2023) übernommen und auf reale Preise mit Basis 2022 umgerechnet. Bis zum Jahr 2030 steigt der CO<sub>2</sub>-Preis im BEHG auf 104 Euro<sub>2022</sub>/t CO<sub>2</sub>, nach 2040 steigt der Preis auf über 200 Euro<sub>2022</sub>/t CO<sub>2</sub>.

**Tabelle 2: Grenzübergangspreise für Rohöl, Erdgas und Steinkohle sowie CO<sub>2</sub>-Preis**

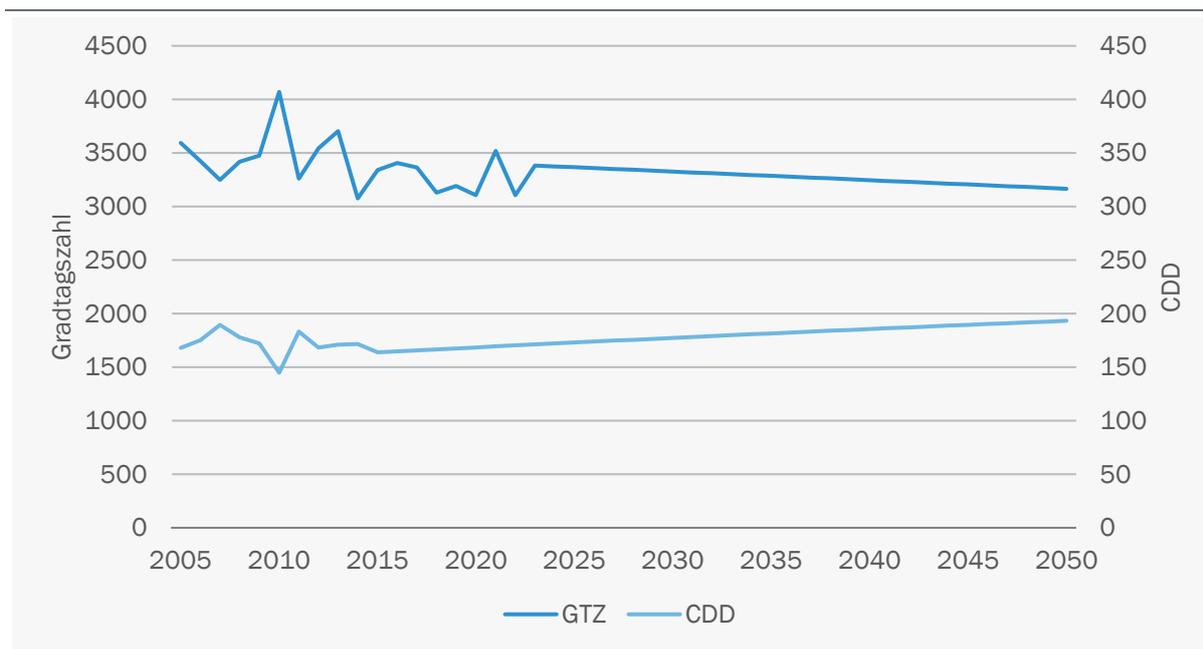
		2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>Energie</b>	Rohöl, USD/Barrel	41	93	82	85	89	92	95
	Erdgas, € <sub>2022</sub> /MWh	13.8	37.2	25.0	23.4	22.3	21.1	20.5
	Steinkohle, € <sub>2022</sub> /MWh	8.7	11.3	8.2	7.8	7.3	6.9	6.4
<b>CO<sub>2</sub>-Preis</b>								
	EU-ETS, € <sub>2022</sub> /t CO <sub>2</sub>	27	80	120	137	155	166	177
	BEHG, € <sub>2022</sub> /t CO <sub>2</sub>	0	46	104	150	187	217	240

Quelle: IEA 2022, UBA 2023 und eigenen Annahmen

## 2.4 Klimaerwärmung

Die Witterungsbedingungen beeinflussen die Nachfrage nach Raumwärme und nach Klimakälte. Sie sind entscheidend für das Verständnis von Energieverbrauchsschwankungen zwischen aufeinanderfolgenden Jahren. Im Szenarienzeitraum (2022 bis 2050) wird grundsätzlich von einer Normwitterung ohne jährliche Witterungsschwankungen ausgegangen (Witterungskorrekturfaktor = 1). Berücksichtigt wird jedoch eine langfristige Erwärmung des Klimas. Bei der Umsetzung der Klimaerwärmung in den Modellrechnungen wird vereinfacht von einer linearen Erwärmung ausgegangen. Als Indikator für den benötigten Raumwärmebedarf wird hier die Gradtagszahl 15\_20 verwendet (Maßzahl mit Heizgrenze 15 °C und mittlerer Raumtemperatur 20 °C). Die Klimaerwärmung reduziert die Zahl der Heizgradtage um rund 0,2 % pro Jahr. Bis ins Jahr 2050 verringert sich dadurch der Raumwärmebedarf um rund 11 % gegenüber dem hier verwendeten Klima-Referenzzeitraum 1990 bis 2010 (Tabelle 6). Grundlage für diese Abschätzungen bilden aktuelle Klimaszenarien, publiziert beispielsweise in UBA 2021 (Abbildung 5, basierend auf dem RCP-Szenario 4,5). Der Raumwärmebedarf verringert sich durch das wärmere Klima, gleichzeitig steigt die Temperatur auch im Sommer und erhöht den Bedarf nach Klimakälte. Der Kühlbedarf erhöht sich bis 2050 um rund 15 % gegenüber 2005. Grundlage für diese Abschätzungen sind Angaben der EU-Kommission (EU-COM, 2016).

Abbildung 7: Gradtagszahl und Cooling-Degree-Days für Raumwärme und Klimakälte



Werte für Heizgradtage: bis 2020 basierend auf Daten des DWD, ab 2020 basierend auf dem SRES Szenario B1, davon wurde nur der Wert für 2050 übernommen und die Zwischenjahre linear interpoliert. CDD – keine effektiven Jahreswerte nach 2015 vorliegend.

Quelle: eigene Berechnungen basierend auf UBA, 2021 (Abbildung 5, Szenario RCP 4.5) und EU-COM 2016

---

## 3 Politische Maßnahmen bis 2030

---

### 3.1 Sektorübergreifenden Instrumente im BAU-Szenario

Das BAU-Szenario baut auf beschlossenen politischen Maßnahmen auf, die bis zum Herbst 2023 eingeführt wurden. Diskutierte, aber zu diesem Zeitpunkt noch nicht beschlossene Instrumente werden nicht berücksichtigt. Entsprechend beinhaltet das BAU-Szenario wesentliche Bestandteile des Klimaschutzprogramms 2023.<sup>2</sup>

Sektorübergreifende Preisinstrumente sind das europäische **Emissionshandelssystem (EU-ETS)** für die großen Emittenten der Sektoren Industrie und Energiewirtschaft und das nationale Emissionshandelssystem im Rahmen des **Brennstoffemissionshandelsgesetzes (BEHG)**. Die angenommene Preisentwicklung im EU-ETS bis zum Jahr 2045 ist in Kapitel 2.3 beschrieben. Die Preisentwicklung im BEHG ist bis zum Jahr 2026 gedeckelt, die Weiterentwicklung nach 2026 ist noch nicht festgelegt. Im BAU-Szenario orientiert sich die Preisentwicklung nach 2026 an den Annahmen im Projektionsbericht 2023. Der nominale CO<sub>2</sub>-Preis erhöht sich bis zum Jahr 2030 auf 125 Euro/t; bis zum Jahr 2045 steigt er auf 350 Euro/t (Abbildung 8). Durch die steigenden CO<sub>2</sub>-Preise verteuern sich die fossilen Energieträger wie beispielsweise Heizöl, Erdgas, Diesel oder Benzin. Ein Anstieg auf 250 Euro/t CO<sub>2</sub> verteuert das Heizöl um rund 8 ct/kWh, das Erdgas um rund 6 ct/kWh.

Weitere übergeordnete bzw. sektorübergreifende Instrumente sind (Auswahl):

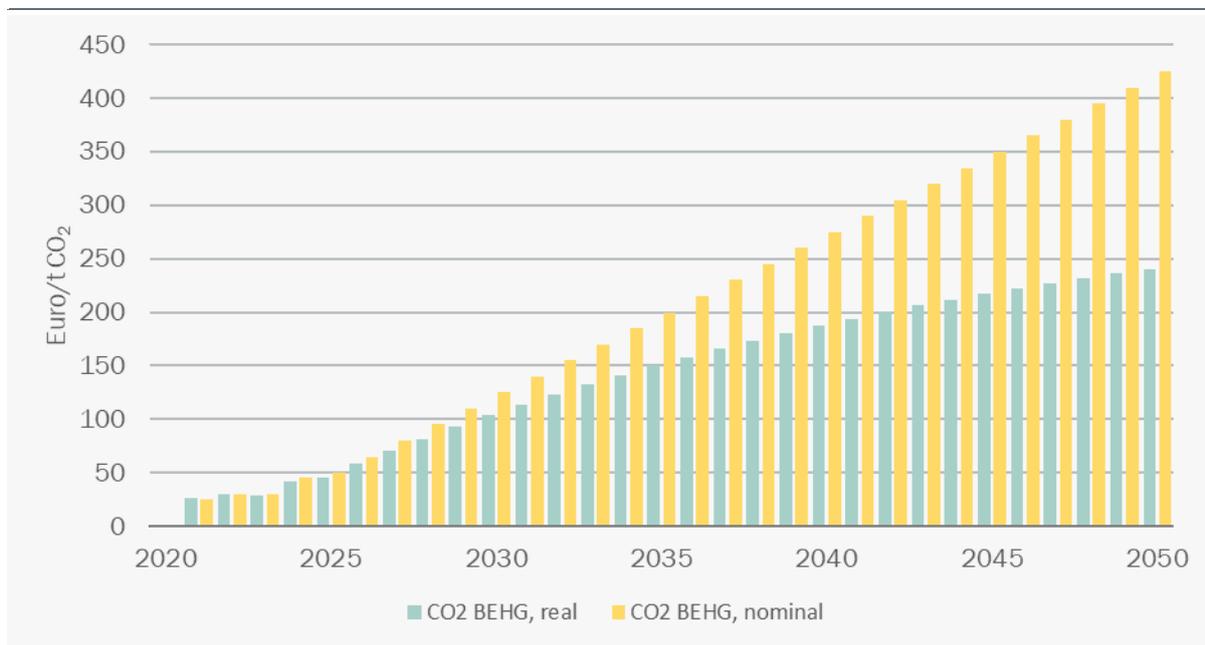
- die nationale Wasserstoffstrategie,
- die Energie- und Stromsteuer,
- die Abschaffung der EEG-Umlage,
- Mindesteffizienzstandards (EU-Ökodesign-Richtlinie) und
- die Energieverbrauchskennzeichnung (Energielabel).

Nicht Teil der berücksichtigten Instrumente ist das Ende 2023 beschlossene Energieeffizienzgesetz (EnEfG) mit Vorgaben zur Einführung von Energiemanagementsystemen und der Nutzung von Abwärme).

<sup>2</sup> <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/10/20231004-bundeskabinett-verabschiedet-umfassendes-klimaschutzprogramm-2023.html>

## Abbildung 8. Im BEHG angenommene Preisentwicklung

reale Preise mit Basisjahr 2022



Quellen: eigene Umrechnung basierend auf dem Projektionsbericht 2023 des UBA (2023)

© Prognos 2024

### 3.2 Politische Maßnahmen in den Sektoren

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die im BAU-Szenario in den Sektoren berücksichtigten Maßnahmen aufgelistet und in kurzer Form beschrieben.

#### 3.2.1 Industrie

In Industriesektor greifen überwiegend die Maßnahmen des Klimaschutzprogramms 2030 aus dem Jahre 2019 bzw. Erweiterungen aus dem Jahr 2020. Die Maßnahmen aus dem Klimaschutzprogramm 2023 der Bundesregierung werden nur insoweit berücksichtigt, als diese bereits rechtswirksam sind.

#### Übergreifende Maßnahmen

- Förderung grüner Wasserstoff (H<sub>2</sub>Global, H<sub>2</sub>-Förderrichtlinie): Diese Maßnahme findet im Rahmen der Nationalen Wasserstoffstrategie statt und fördert die Erzeugung, Nutzung und Infrastruktur von grünem Wasserstoff. Fördervolumen sind insgesamt 817 Mio. Euro bis 2030 (davon 117 Mio. Euro aus dem Programm selbst sowie 700 Mio. Euro aus dem Deutschen Aufbau- und Resilienzplan, DARF). Zusätzlich findet eine Finanzierung über die EU-Förderhilfen der Important Projects of Common European Interest (IPCEI) statt. Die Maßnahme stellt die Grundlage dar für den im Szenario angenommenen (notwendigen) Ausbau der Wasserstoffnutzung in der industriellen Produktion.
- EU-ETS: Die bis 2050 wirkenden EUA-Preise (Abbildung 8) sind ein deutliches Signal an die am EU-ETS teilnehmenden Unternehmen, Emissionen und damit insbesondere die Verbrennung fossiler Energieträger zu vermeiden. Sobald der EUA-Preis die jeweiligen Branchen-

Transformationskosten erreicht, findet prinzipiell ein Wechsel der Produktionstechnologien auf THG-freie oder THG-arme Technologien statt.

- BEHG: Wie in Kapitel 3.1 beschrieben, steigt der Preis bis 2030 auf 125 Euro/t CO<sub>2</sub> (rund real 105 Euro<sub>2022</sub>/t CO<sub>2</sub>) und bis 2045 auf 350 Euro/t CO<sub>2</sub> (rund real 220 Euro<sub>2022</sub>/t CO<sub>2</sub>). Dieser Preis gilt für all jene Unternehmen, die nicht am EU-ETS teilnehmen. In Kombination beider Regime wirkt ein Preismechanismus damit auf den gesamten Industriesektor.

## **Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Technologieentwicklung**

- Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft (EEW): Dieses für die Breite der Unternehmen im Industriesektor zentrale Förderprogramm ist in insgesamt sechs Module untergliedert und adressiert die Themenfelder Querschnittstechnologien, erneuerbare Wärme, Energiemanagementsysteme, Abwärmevermeidung/-nutzung, Transformationskonzepte und Elektrifizierung (bei KMU).
- Beschleunigte Umsetzung von Maßnahmen aus dem Energieaudit und den Energiemanagementsystemen: Nicht-KMU verpflichten sich trotz Energie- oder Umweltmanagementsystem freiwillig, empfohlene Maßnahmen aus dem Energieaudit bzw. dem EMS umzusetzen, sofern diese eine Amortisationszeit von maximal 3 Jahren sowie eine maximale Investitionsquote für Energieeffizienz erfüllen.
- Ausweitung der Mindeststandards (EU-Ökodesign-Richtlinie): Regulatorische Ausweitung von Mindeststandards für gewisse Produktgruppen, um das Effizienzniveau von Technologien zu erhöhen. Für die Industrie sind dabei besonders Querschnittstechnologien betroffen.
- Dekarbonisierung in der Industrie: Das Förderprogramm adressiert insbesondere die möglichst weitgehende Minderung der THG-Emissionen bei der Produktion emissionsintensiver Güter. Zusätzlich berücksichtigt werden die Optimierung von Prozessketten, die Umstellung der Verfahren auf den Einsatz erneuerbarer Energieträger und Rohstoffe sowie die Substitution emissionsintensiver Güter und Technologien zur Umwandlung von Wasserstoff sowie zur Abscheidung und anschließender Nutzung von Kohlenstoff.
- Technologietransfer-Programm Leichtbau (TTP LB): Im Rahmen des Technologietransfer-Programms Leichtbau werden material- und branchenbezogene Technologie- und Wissenstransfers sowie materialeffiziente Konstruktionstechniken unter Berücksichtigung geschlossener Kreisläufe unterstützt. Es werden Technologietransfer- und Leichtbauprojekte mit zeitlicher Dringlichkeit und politischer Priorität priorisiert, um unmittelbar eine signifikante THG-Menge einzusparen.
- Reallabore der Energiewende (Energieforschungsförderung): Diese sind Innovationsprojekte im Industriemaßstab, die in realen Umgebungen stattfinden. Es werden Vorhaben mit einem Volumen von bis zu 15 Millionen Euro pro Partner oder insgesamt 25 Millionen Euro pro Reallaborprojekt gefördert.

## **Flankierende Maßnahmen**

- Ressourceneffizienz und -substitution (ProgRess III): Es handelt sich um keine eigenständige neue Maßnahme, sondern um die Verankerung des Ziels der erhöhten Ressourceneffizienz und -substitution in bestehenden Maßnahmen (flankierend), welche in das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm eingebettet sind.
- Grenzausgleichsmechanismus: Der Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) soll für eine Kostenparität bei treibhausgasintensiven Produkten sorgen. Dabei werden Steuern auf aus dem nicht EU-Ausland importierte Güter des EU-ETS erhoben, die konventionell (also THG-intensiv) hergestellt wurden. Seit Oktober 2023 gilt die Übergangsphase bis zur endgültigen Einführung des CBAM 2026. Dieser Maßnahme wird keine direkte Einsparwirkung

zugerechnet. Vielmehr ist sie Voraussetzung für eine wirtschaftliche Entwicklung wie in Kapitel 2.1 unterlegt.

- **Grüne Leitmärkte:** Diese Märkte fordern explizit grüne, d. h. THG-arm oder -neutral hergestellte Produkte, indem bspw. Quoten definiert werden. Auf diesen Märkten ist es einem Hersteller möglich, die höheren Produktionskosten grüner Produkte weiterzugeben, da nicht mit den konventionellen Herstellungsverfahren konkurriert werden muss. Auch dieser Maßnahme wird keine direkte Einsparwirkung zugerechnet, sondern sie ist implizite Voraussetzung für den notwendigen Hochlauf grüner Produktionskapazitäten.
- **Klimaschutzverträge (Carbon Contracts for Differences, CCfD):** Produktionstechnologien mit tiefgreifenden Emissionsreduktionspotentialen werden aufgrund hoher Investitions- und Betriebskosten von Unternehmen häufig nicht oder erst spät eingeführt. CCfDs können hier Investitionsanreize durch standardisierte, projektbezogene Verträge schaffen. Darin finanziert der Staat den Unternehmen die Mehrkosten, die im Gegenzug Geld an den Staat zurückzahlen, sobald sich die Produktionstechnologie rentiert. Auch dieser Maßnahme wird keine direkte Einsparwirkung zugerechnet, sondern sie ist implizite Voraussetzung für den notwendigen Hochlauf grüner Produktionskapazitäten.

## Weiteres

- Berücksichtigung zusätzlicher Produktionskapazitäten mit relevantem Einfluss auf den EEV bzw. die THG-Emissionen. Hier ist insbesondere der bereits geplante Aufbau von Batteriefabriken (inkl. Batterierecycling) relevant. Dieser erfordert im Szenario einen zusätzlichen Energiebedarf von 62 PJ (Batterieherstellung) im Jahr 2030 sowie 99 PJ (Batterieherstellung) und 44 PJ (Batterierecycling) im Jahr 2050, wobei überwiegend Strom nachgefragt wird.

### 3.2.2 Verkehr

Die Berechnungen für den Verkehrssektor basieren größtenteils auf denselben Instrumenten, die auch dem Projektionsbericht 2024 (UBA 2024b) zugrunde liegen. Zusätzlich zu den übergeordneten Preis-Instrumenten (BEHG, Aufhebung der EEG-Umlage; vgl. Kapitel 3.1) sind besonders hervorzuheben:

- **CO<sub>2</sub>-Emissionsstandards**
  - für **Pkw und leichte Nutzfahrzeuge:** Die Emissionen der neu zugelassenen Pkw und der leichten Nutzfahrzeuge müssen bis 2025 um jeweils 15 Prozent und bis 2030 um 55 Prozent (Pkw) bzw. 50 Prozent (leichte Nutzfahrzeuge) gegenüber den Emissionswerten des Jahres 2021 absinken. Ab dem Jahr 2035 liegt die erforderliche Emissionsminderung bei den Neufahrzeugen bei 100 Prozent, d. h. es werden nur noch Nullemissionsfahrzeuge zugelassen.
  - für **schwere Nutzfahrzeuge:** Hier wurde die am 26. April 2024 verabschiedete Änderung der CO<sub>2</sub>-Regulierung für schwere Nutzfahrzeuge berücksichtigt (EU 2024). Die Emissionen der neu zugelassenen Lkw (Begrenzung auf die regulierten Lkw-Klassen nach VECTO-Klassifizierung<sup>3</sup>) müssen ab 2025 um 15 Prozent und bis 2030 um 45 Prozent gegenüber der Emissionsreferenz von Juli 2019 bis Juni 2020 absinken. Ab 2035 liegt die geforderte Emissionsreduktion bei 65 Prozent und ab 2040 bei 90 Prozent.
- **Kaufförderung Elektrofahrzeuge**

<sup>3</sup> Vehicle Energy Consumption calculation Tool (VECTO): Simulationsmodell zur Einstufung der schweren Nutzfahrzeuge zu Emissionsklassen. Je nach Zeitpunkt sind unterschiedliche VECTO-Klassen von der CO<sub>2</sub>-Regulierung betroffen.

- Kaufprämie für Elektro-Pkw: Der Fördersatz beträgt ab dem 1. Januar 2023 zunächst 4.500 Euro (unter 40.000 Euro Nettolistenpreis) bzw. 3.000 Euro (zwischen 40.000 und 65.000 Euro Nettolistenpreis). Ab September 2023 erhalten nur noch Privatpersonen die Kaufförderung. Ab dem 1. Januar 2024 erhalten Fahrzeuge mit einem Nettolistenpreis unter 45.000 Euro eine Kaufprämie in Höhe von 3.000 Euro. Die Ende 2023 abrupt gestrichene Kaufprämie wurde bei der Modellierung der Pkw-Neuzulassungen nicht berücksichtigt.
- Absenkung der Dienstwagenbesteuerung für E-Pkw bis 2030: Die private Nutzung von Dienstwagen generiert für Arbeitnehmende einen zu versteuernden geldwerten Vorteil. Der monatliche pauschale geldwerte Vorteil entspricht 1 Prozent des Bruttolistenpreises des Pkw und ist damit unabhängig von der tatsächlich privat getätigten Fahrleistung. Für emissionsfreie Pkw (Bruttolistenpreis bis 60.000 €) ist dieser Satz auf 0,25 Prozent reduziert; für andere E-Pkw und PlugIn-Hybride (Schadstoffausstoß unter 50 g CO<sub>2</sub>/km, bzw. Reichweite von 40 km (60/80 km bei Anschaffung ab 2022/2025)) sind es 0,5 Prozent.
- Stärkere Gewichtung der CO<sub>2</sub>-Komponente der Kraftfahrzeugsteuer ab 2021: Die CO<sub>2</sub>-Komponente Ab einer Freigrenze von 95 Gramm pro Kilometer sind je nach Höhe des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes zwei bis vier Euro für jedes Gramm fällig, die ein Auto pro Kilometer mehr ausstößt. Die höchstens zehnjährige Steuerbefreiung für reine Elektrofahrzeuge wird bei Erstzulassung bis Ende 2025 gewährt und gilt längstens bis zum Jahr 2030.
- Zuschuss für schwere Nutzfahrzeuge mit klimaschonenden Antrieben.
- CO<sub>2</sub>-Differenzierung der Lkw-Maut: Ab Dezember 2023 wird in Deutschland ein CO<sub>2</sub>-Aufschlag bei der Lkw-Maut erhoben. Pro Tonne CO<sub>2</sub> wird ein Aufschlag in Höhe von 200 Euro fällig. Bis zum 31. Dezember 2025 sind emissionsfreie Nutzfahrzeuge von der Lkw-Mautpflicht befreit. Ab dem 1. Januar 2026 zahlen sie einen um 75 Prozent reduzierten Mautteilsatz für die Kosten der Infrastruktur – zuzüglich der Mautteilsätze für Luftverschmutzung und Lärmbelastung.
- THG-Quote
  - Die THG-Quote steigt ab dem Jahr 2022 kontinuierlich an und erreicht im Jahr 2030 das Ambitionsniveau von 25 Prozent.

Abweichend zum Projektionsbericht werden andere Flottengrenzwerte für die Schweren Nutzfahrzeuge angenommen: Gegenüber dem Basisjahr 2005 müssen die spezifischen Fahrzeugemissionen im Jahr 2030 um 45 Prozent, im Jahr 2035 um 65 Prozent und im Jahr 2040 um 90 Prozent reduziert sein. Außerdem wird davon ausgegangen, dass neuzugelassene Stadtbusse ab 2030 emissionsfrei sein müssen.

### 3.2.3 Gebäude

Über eine alleinige Steuerung des CO<sub>2</sub>-Preises sind die Ziele im Gebäudesektor nicht erreichbar, da nicht alle Akteure über den Preis hinreichend adressiert werden. Es bestehen auch nicht ökonomische Hemmnisse bei der Umsetzung von Dekarbonisierungsmaßnahmen, bzw. es gibt Akteure, auf die Preise nur schwach wirken (u. a. ältere Selbstnutzer, Vermieter). Aus diesen Gründen wird das CO<sub>2</sub>-Preissignal des BEHG allein nicht ausreichen, um das Sektorziel des KSG zu erreichen. Entsprechend hat die Bundesregierung bereits einen breiten Mix an Maßnahmen beschlossen. Dieser umfasst sowohl die Förderung von Klimaschutztechnologien als auch den Ausbau des Ordnungsrechts.

Effizienzmaßnahmen sind ein wichtiger Baustein zur Dekarbonisierung des Gebäudesektors. Aufgrund der langen Lebensdauer der Bauteile der Gebäudehülle werden jedes Jahr nur geringe Anteile instandgesetzt bzw. modernisiert (je nach Bauteil 1 % bis 3 %). Dadurch sind die bis zum

Jahr 2030 erzielbaren Effizienzsteigerungen beschränkt. Einsparungen bis zum Jahr 2030 sind überwiegend über einen Energieträgerwechsel möglich. Gleichwohl bleibt die Effizienz wichtig, da die verfügbaren Mengen an erneuerbarer Wärme und Strom vorerst limitiert bleiben. Im nachfolgenden werden die wichtigsten der bis Herbst 2023 eingeführten und im BAU-Szenario berücksichtigten Instrumente kurz beschrieben.

## Übergeordnete Maßnahmen

- BEHG: Wie in Kapitel 3.1 beschrieben, wird eine Erhöhung des Preises bis zum Jahr 2030 auf 125 Euro/t CO<sub>2</sub> angenommen (rund real 105 Euro/t CO<sub>2</sub>). Bei Mietobjekten werden die Mehrkosten durch die CO<sub>2</sub>-Bepreisung zwischen Mieter und Vermieter aufgeteilt.
- Strompreis: Aufhebung EEG-Umlage. Dadurch verringert sich der Endverbrauchpreis für Strom, respektive der Anstieg wird reduziert. Motivation ist die Entlastung der Verbraucher und die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Stromanwendungen.

## Gebäude

- GEG-Neubau: Die im GEG vorgeschriebenen Mindesteffizienzanforderungen für Neubauten werden verschärft, ab 2023 soll mindestens der KfW-Effizienzhausstandard 55 eingehalten werden.
- GEG-Wärmeerzeuger
  - 65%-EE-Anforderung: neu eingebaute Heizkessel müssen zukünftig mit mindestens 65% EE betrieben werden. als Erfüllungsoptionen zählen unter anderem Wärmepumpen, der Anschluss an ein Wärmenetz, Stromheizungen, Biomasseheizungen (Holz oder auch Biomethan), Solarthermie, Gaskessel mit Wasserstoff sowie auch Hybridheizungen (sofern der EE-Anteil mindestens 65 % beträgt). Die Umsetzung erfolgt gestaffelt und ist gekoppelt an das Vorliegen kommunaler Wärmepläne. In Gebieten mit geplantem Wasserstoffnetzausbau können vorerst weiterhin Gasheizungen mit Erdgas genutzt werden. Es gelten Übergangsfristen für Etagenheizungen und Einzelfeuerungsanlagen.
  - Betriebsverbot von fossilen Konstant-Temperatur-Kesseln, die älter sind als 30 Jahre
- Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)
  - Angenommen wird ein jährliches Fördervolumen von rund 10 Mrd. Euro bis zum Jahr 2030 und darüber hinaus. Es wird außerdem angenommen, dass rund ein Drittel des Volumens für energetische Sanierungen aufgewendet wird. Die Fördersätze sind beschrieben im Eckpunktepapier des BMWK.<sup>4</sup>
- Klimafreundlicher Neubau: Die Förderung von Neubauten (Wohn- und Nichtwohngebäude) wurde mit der Novellierung des BEG im Jahr 2023 aus dem BEG ausgegliedert und in eine eigenständige Fördermaßnahme überführt – mit einem geringeren Fördervolumen als in früheren Jahren (Priorisierung der Gebäudesanierung).
- Steuerliche Förderung der energetischen Gebäudesanierung: Die Förderung erfolgt in Form eines Abzugs von der Steuerschuld, als Alternative zum BEG. Die steuerliche Förderung beschränkt sich auf Einzelmaßnahmen in eigengenutzten Wohnungen und Wohngebäuden.
- Förderung serieller Sanieren: Die Förderungen der energetischen Sanierung mit vorgefertigten Elementen. Die Förderung kann mit dem BEG kombiniert werden.
- Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW): Fördert den Ausbau der Wärmenetze und die Umstellung auf Wärmeerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien. Von Bedeutung für die THG-Emissionen im Gebäudesektor ist insbesondere der erste Teil: der Ausbau der Netze und der Anschluss zusätzliche Gebäude.

<sup>4</sup> <https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Redaktion/DE/Dossier/beg.html>

- Kommunale Wärmeplanung: die Kommunen werden verpflichtet eine Wärmeplanung einzuführen. Die Wärmepläne sind von Bedeutung für die Umsetzung der 65%-Anforderung im Rahmen des GEG, aber auch für den Ausbau der Wärmenetze. Je nach Größe der Kommune gelten unterschiedliche Umsetzungsfristen:
  - > 100 Tsd. Einwohner: bis Juni 2026
  - < 100 Tsd. Einwohner: bis Juni 2028
- Heizungsoptimierung, Pflicht zum hydraulischen Abgleich im Rahmen der Verordnung zur Sicherung der Energieversorgung über mittelfristig wirksame Maßnahmen (Mittelfrist-Energieversorgungsicherungs-Maßnahmenverordnung - EnSimiMaV). Dies beinhaltet die Überprüfung und Optimierung von Gasbetriebenen Heizungen. Bei mittleren und größeren Gebäuden muss zudem ein hydraulischer Abgleich durchgeführt werden.

#### 3.2.4 Energieumwandlung

- Umsetzung des EEG 2023 beim Ausbaupfad für Photovoltaik auf 215 GW in 2030. Bei Wind Offshore und Wind Onshore werden die Ausbauziele verfehlt. Die installierte Leistung an Wind Offshore beträgt 2030 24 GW, bei Wind Onshore sind 98 GW installiert.
- Auslaufen der Kohleverstromung bis 2030 durch fehlende Wirtschaftlichkeit aufgrund hoher CO<sub>2</sub>-Preise: Der Kohleausstieg in Europa / Deutschland wird voraussichtlich marktgetrieben durch den ETS bis etwa 2030 erfolgen.
- Keine Umstellung von Gaskraftwerken auf Wasserstoff.
- Moderate Dekarbonisierung der Fernwärme durch Erneuerbare Energien, Wärmepumpen und Elektrokesseln
- Zubau von Gaskraftwerken zur Leistungsabsicherung
- Moderate Dekarbonisierung der Fernwärme durch Erneuerbare Energien, Wärmepumpen und Elektrokesseln

---

## 4 Entwicklung im Zeitraum 2030 bis 2045

---

Im Zeitraum nach 2030 werden die bis zum Jahr 2030 bestimmten Trends fortgeschrieben. Dies beinhaltet im Allgemeinen auch eine leichte, autonome Weiterentwicklung der Technologien. Zudem verändert sich aufgrund der Entwicklung der Energiepreise und der Technologiekosten die Wirtschaftlichkeit der Technologien. Infolgedessen verschieben sich die Strukturen der eingesetzten Technologien weiter, u.a. bei den Fahrzeugen, Wärmepumpen und der Stromerzeugung. Im Folgenden werden einige zentrale Punkte für die Entwicklungen in den Sektoren beschrieben.

### 4.1 Industrie

- Weiterführung der autonomen Effizienzeinsparungen, wie sie sich durch marktgetriebene technische Neuerungen ergeben.
- Fortführung der autonomen Energieträger-Substitutionstrends, wie sie sich bereits heute beobachten lassen.
- Weiterführung der Instrumente bei gleicher Intensität inkl. Fortführung der Energieträgersubstitution durch den EU-ETS sowie des BEHG. D. h. keine Dämpfung der Wirkung aus den einzelnen Instrumenten mit Ausnahme von „Ausweitung der Mindeststandards“ und von „Beschleunigte Umsetzung von Maßnahmen aus dem Energieaudit und den Energiemanagementsystemen“, welche 2030 endet.
- Auf Grundlage des KSP-Instrumentenpakets werden einige Prozessumstellungen in der Grundstoffindustrie ausgelöst. Im Wesentlichen bleibt der Anlagenbestand jedoch derselbe und erfährt nur turnusgemäße Modernisierungen und die damit verbundenen Energieeffizienzsteigerungen:
  - Stahl: Der Anteil an Elektrostahl steigt bis 2045 auf 46 %, im Wesentlichen wegen des Zubaus von DRI-H<sub>2</sub>-Anlagen (Eisenerzdirektreduktion mittels Wasserstoffs) und auch wegen des leichten Rückgangs beim Stahlbedarf von 0,4 %/a.
  - Zement: Der Zementbedarf steigt geringfügig um 0,1 %/a. Holzbauweise und andere bauliche Maßnahmen zur Reduktion des Betonbedarfs finden nicht merklich statt. Allerdings steigt der Klinkerbedarf deutlich von heute rund 73 % auf 83 % 2045 an, weil die heute üblichen Klinkersubstitute Flugasche (aus Kohlekraftwerken) und Hüttensande (aus der Eisenherstellung) teilweise wegfallen.
  - Chemie: Die Produktionsmengen von HVC (High Value Chemicals = Plattformchemikalien Ethylen, Propylen u. a.) und Ammoniak sinken leicht um 0,7 %/a bzw. 1,8%/a, wobei bereits die für 2025 angekündigte Schließung der Ammoniakproduktion bei BASF berücksichtigt ist. Weiter sinken ebenfalls die Produktionsmengen von Salpetersäure, Adipinsäure und Industrieruß leicht, während sie bei Methanol und Chlor stabil bleiben.
- Eine Kohlenstoffabscheidung (CCS) an den großen emittierenden Standorten der Grundstoffindustrie (insbesondere Zement und Kalk) findet *nicht* statt.

### 4.2 Verkehr

- Die Verkehrsmengengerüste werden anhand der Leitdaten (Bevölkerung, BIP, usw.) modelliert. Dabei wird der Trend, welcher sich bis 2030 einstellt und durch politische Maßnahmen beeinflusst ist, fortgeführt.

- Der Pkw-Bestand steigt zunächst bis 2040 leicht an. Bedingt durch die leicht rückläufige MIV-Nachfrage, sinkt langfristig auch der Pkw-Bestand.
- Der Anteil der Schiene am Modal Split liegt nach 2030 weiterhin zwischen 10 und 11 Prozent beim Personenverkehr bzw. zwischen 19 und 20 Prozent beim Güterverkehr.
- Ab 2035 werden keine Pkw mit Verbrennermotoren mehr neu zugelassen, bei Bussen und Leichten Nutzfahrzeugen ist das ab 2040 der Fall. Bei den Schwere Nutzfahrzeugen gibt es über 2040 hinaus, wenige und mit klar rückläufiger Tendenz, neue Diesel-Fahrzeuge.
- Synthetische Energieträger erlangen ab 2035 nur im internationalen Verkehr, hauptsächlich Flugverkehr, bedeutende Anteile.

### 4.3 Gebäude (Private Haushalte und GHD)

- Die Neubau-Aktivität entwickelt sich anhand der Bevölkerung. Da die Zahl der Bevölkerung nach 2035 leicht rückläufig wird und die Zahl der Haushalte nur noch leicht steigt, ist die jährliche Neubauaktivität im Zeitraum 2030 bis 2045 mit rund 160 Tsd. Wohnungen geringer als im Zeitraum 2015 bis 2030 (im Jahresmittel rund 225 Tsd.). Die Anteile der Gebäudetypen Ein- und Zweifamilienhäuser (EZFH) sowie Mehrfamilienhäuser (MFH) verschieben sich nicht wesentlich. Zwar ist der Anteil der MFH an den Neubauten ansteigend, gleichzeitig ist auch deren Anteil an den abgerissenen Wohnungen höher. Der Anteil der Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern an den Wohnungen insgesamt verbleibt dadurch bei rund 45 %.
- Im GHD-Sektor zeigt sich ebenfalls ein Rückgang bei der Neubauaktivität, da die Zahl der Erwerbstätigen abnimmt.
- Sanierungsaktivität der Bauteile im Altbau verbleibt in etwa auf dem hohen Niveau des Jahres 2030.
- Die Sanierungstiefe und die Energieeffizienz des Neubaus nimmt im Zeitverlauf aufgrund des technischen Fortschritts geringfügig weiter zu. Bei Gesamtsanierungen sinkt im Szenario der spezifische Verbrauch für Raumwärme langfristig auf rund 60 kWh/m<sup>2</sup> Wohnfläche bei den EZFH und etwa 50 kWh/m<sup>2</sup> Wohnfläche bei den MFH (jeweils ohne Verbrauch für Warmwasser).
- Auch die Effizienz von neuen Elektrogeräten steigt im Zeitverlauf weiter leicht an, die weiteren Effizienzgewinne bei den Neugeräten sind jedoch gering. Durch den Ersatz alter Bestandsgeräte sinkt der mittlere Geräteverbrauch.
- Klimabedingt nimmt der Raumwärmebedarf um rund 10 % ab (2045 ggü. Mittelwert 1990-2010; s. Kapitel 2.4). Der Kühlbedarf steigt hingegen aufgrund der wärmeren Sommermonate an (+15 % ggü. 2005).
- Beheizungsstruktur: Die EE-Nutzungspflicht bei Gas- und Ölheizungen führt aufgrund der beschränkten Potenziale an Wasserstoff und Biomasse (Biogas sowie Holz) zu einer weiterschreitenden Verschiebung in Richtung Wärmepumpen und Wärmenetze. Der hohe und weiter ansteigende CO<sub>2</sub>-Preis im BEHG führen dazu, dass die Altbestände fossiler Heizungen nicht über die technische Lebensdauer hinaus in Betrieb bleiben (unterstellt werden 25 Jahre, eine Verkürzung der Lebensdauer wird nicht angenommen).
- Wärmenetze werden nach 2030 weiter ausgebaut und zusätzliche Gebäude angeschlossen.

### 4.4 Energieumwandlung

- weiterführender Ausbau der erneuerbaren Energien
- Zubau von Batteriespeichern und Interkonnektoren
- Systemdienliche Nutzung von flexiblen Verbrauchern wie Elektromobilität, Wärmepumpen und Elektrolyseuren

---

## 5 Ergebnisse des BAU-Szenarios

---

### 5.1 Gesamtergebnisse

#### 5.1.1 THG-Emissionen

In Deutschland wurden im Jahr 2023 674 Mio. t CO<sub>2</sub>eq emittiert (exkl. land-use, land-use change and forestry, LULUCF; Abbildung 9). Durch die implementierten Klimaschutzinstrumente, insbesondere auch die im Jahr 2023 novellierten EEG und GEG (inkl. der 65%-EE-Anforderung) werden die THG-Emissionen in den kommenden Jahren deutlich reduziert. Im BAU-Szenario verringern sich die THG-Emissionen bis zum Jahr 2030 auf 471 Mio. t CO<sub>2</sub>eq. Das sind 62 % weniger als im Jahr 1990. Das Ziel des Klimaschutzgesetzes mit einer Reduktion um 65 % gegenüber 1990 wird noch nicht ganz erreicht. Bei der Betrachtung der im Zeitraum 2021 – 2030 verursachten THG-Emissionen wird das Reduktionsziel hingegen erreicht, das Ziel wird insgesamt um 31 Mio. t CO<sub>2</sub>eq unterschritten. Dies ist überwiegend auf die Entwicklung im Sektor Energiewirtschaft zurückzuführen, wo das Ziel für die Zeitraum 2021-2030 kumulierten THG-Emissionen um 216 Mio. t CO<sub>2</sub>eq unterschritten wird. Die Zielerreichung in den Sektoren ist unterschiedlich (Abbildung 10 und Abbildung 11):

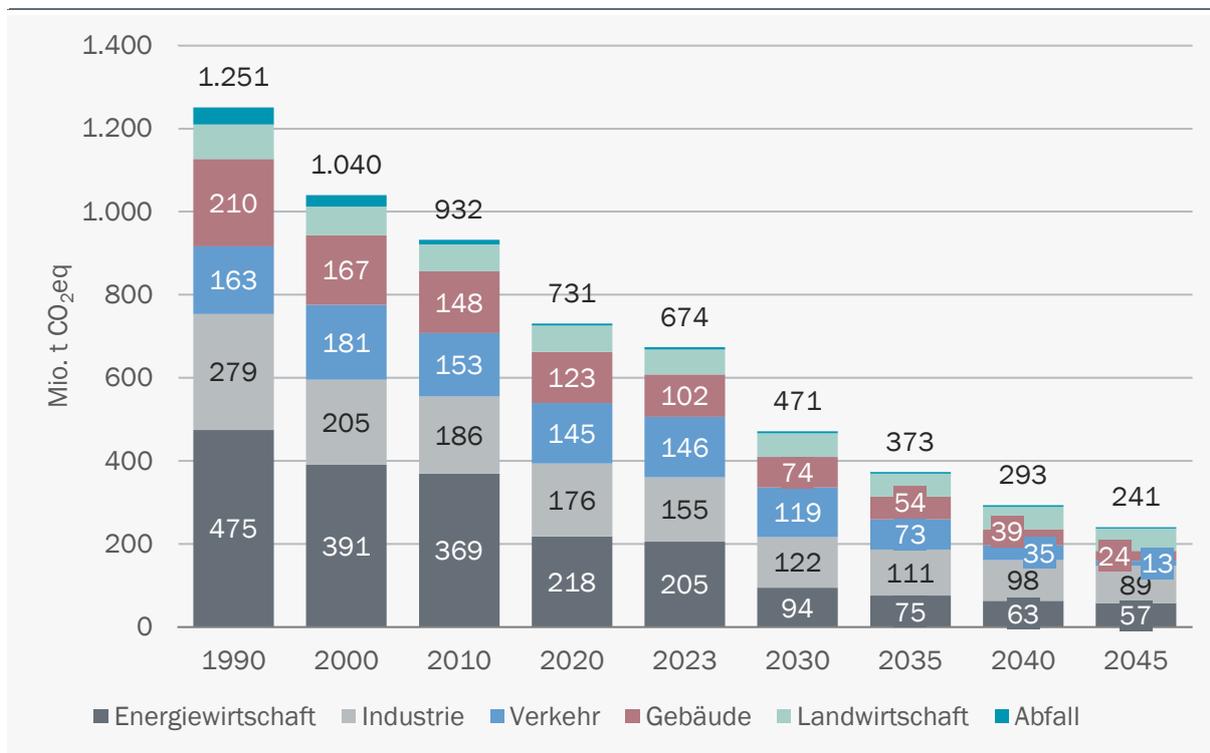
- Im Sektor Energiewirtschaft werden sowohl das Ziel für das Jahr 2030 als auch das Ziel für die im Zeitraum 2021-2030 kumulierten THG-Emissionen erreicht.
- Im Industriesektor wird das Sektorziel 2030 annähernd erreicht (Verfehlung um 0,5 Mio. t CO<sub>2</sub>eq), das Ziel für die im Zeitraum 2021-2030 kumulierten Emissionen wird hingegen erreicht. Dies ist u.a. auf die tiefen THG-Emissionen in den Jahren 2022 und 2023 zurückzuführen.
- In den Sektoren Gebäude und Verkehr werden sowohl die Ziele für das Jahr 2030 als auch die Ziele für den Zeitraum 2021-2030 verfehlt, insbesondere beim Verkehrssektor ist die erwartete Zielverfehlung sehr groß.

Rund 30 % der im Jahr 2023 emittierten THG-Emissionen entfielen auf den Umwandlungssektor, hauptsächlich für die Erzeugung von Strom und Fernwärme. Der Umwandlungssektor trägt mit rund 111 Mio. CO<sub>2</sub>eq mit Abstand am meisten zur THG-Reduktion im Zeitraum 2023 bis 2030 bei, was hauptsächlich auf den Rückgang der Stromproduktion aus Kohle zurückzuführen ist. Die Emissionsminderungen in den Endverbrauchssektoren Industrie, Verkehr und Gebäude fallen mit je 27-33 Mio. CO<sub>2</sub>eq deutlich geringer aus. In Summe tragen diese Sektoren weniger zur Zielerreichung bei als der Sektor Energiewirtschaft. In den Sektoren Landwirtschaft (-3 Mio. CO<sub>2</sub>eq) und Abfall (-1 Mio. CO<sub>2</sub>eq) werden nur geringe absolute Reduktionen erwartet (basierend auf den Zahlen des Projektionsberichts 2024). Aufgrund von methodischen Änderungen bei der Erfassung und Bewertung der THG-Emissionen in den Sektoren Sektor Landwirtschaft und Abfall liegt das Niveau der THG-Emissionen dieser Sektoren jedoch tiefer als in früheren Veröffentlichungen. Dadurch tragen auch diese methodischen Anpassungen zur Zielerreichung bei.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Die Festlegung der Sektorziele basierte auf der alten Methode. Durch die Anpassung der Methode und der damit verbundenen Absenkung des Emissionsniveaus sind die ursprünglichen Ziele einfacher zu erreichen. Angepasst wurden u.a. die Berechnung der Lachgasemissionen bei der Landwirtschaft und die Bewertung von Methanemissionen bei Deponien (UBA 2024).

**Abbildung 9: Treibhausgasemissionen nach Sektoren des Klimaschutzgesetzes**

Jahre 1990 bis 2045, KSG-Sektoren, in Mio. t CO<sub>2</sub>eq

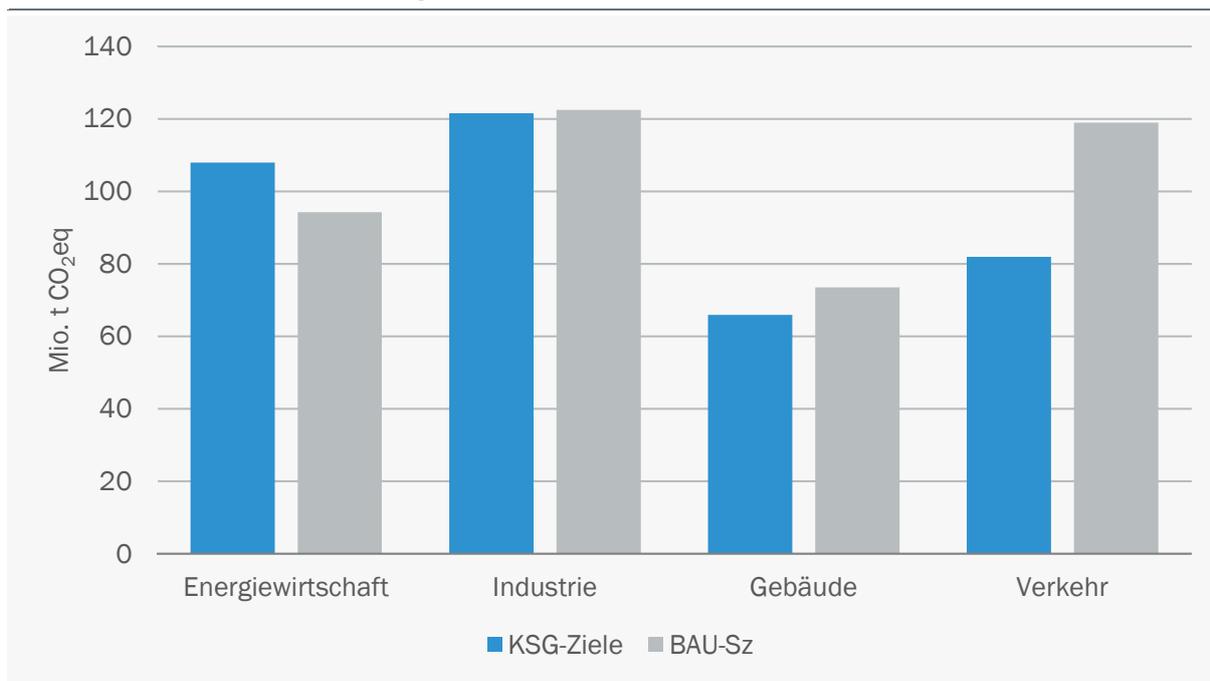


Quelle: UBA 2024 und eigene Berechnung Prognos

© Prognos 2024

**Abbildung 10: Treibhausgasemissionen im Jahr 2030 nach Sektoren**

Ziele des KSG und BAU-Szenario im Vergleich, in Mio. t CO<sub>2</sub>eq

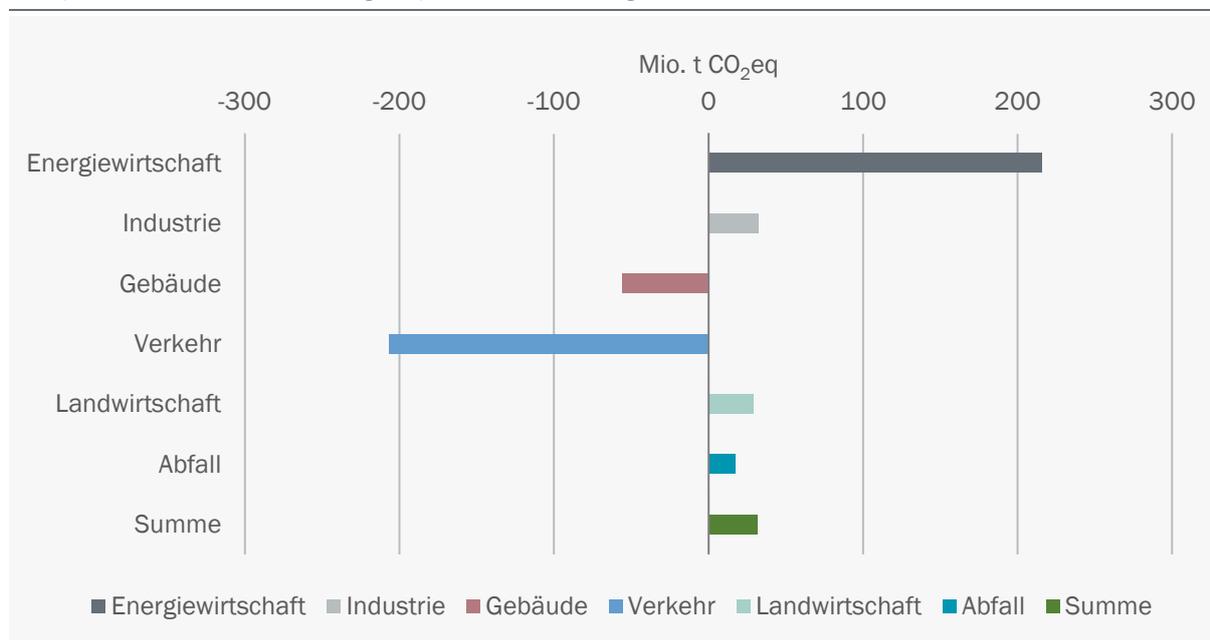


Quelle: UBA 2024 und eigene Berechnung Prognos

© Prognos 2024

### Abbildung 11: Vergleich mit den Zielvorgaben für den Zeitraum 2021 - 2030

nach KSG-Sektoren und insgesamt, in Mio. t CO<sub>2</sub>eq, dabei sind negative Werte als Zielverfehlung zu interpretieren und positive Werte als Zielerfüllung, respektive Übererfüllung



Quelle: UBA 2024 und eigene Berechnung Prognos

© Prognos 2024

Bis zum Jahr 2045 sollen die THG-Emissionen in der Gesamtbilanz auf netto-null reduziert werden. Dieses Ziel dürfte mit den bisherigen Instrumenten noch deutlich verfehlt werden. Im BAU-Szenario verringern sich die THG-Emissionen bis zum Jahr 2045 auf 241 Mio. CO<sub>2</sub>eq. Beinahe 40 % der Restemissionen entfallen auf den Sektor Industrie (-68 % ggü. 1990). In den übrigen Sektoren werden die THG-Emissionen langfristig sehr stark vermindert: Energiewirtschaft -88 %, Verkehr -92 % und Gebäude -89 % (jeweils ggü. 1990). In den Sektoren Verkehr und Gebäude trägt insbesondere die fortschreitende Elektrifizierung (E-Pkw, E-Nutzfahrzeuge, Wärmepumpen) stark zur Reduktion bei.

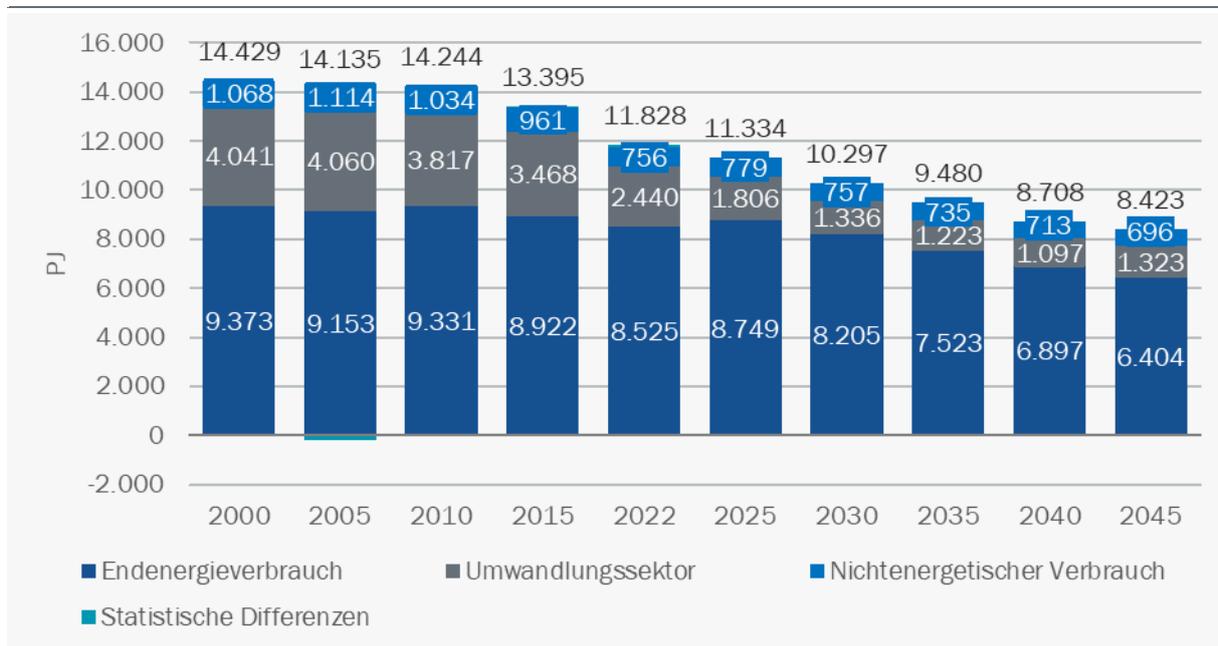
#### 5.1.2 Primärenergieverbrauch

Der Primärenergieverbrauch (PEV) verringert sich im Zeitraum 2023 bis 2030 im Mittel um 1,7 % pro Jahr auf 10.297 PJ (Abbildung 12). Vom Rückgang (-1.531 PJ) entfallen 1.103 PJ auf den Umwandlungssektor und 321 PJ auf die Endverbrauchssektoren, der Rest auf statistische Differenzen. Der Nichtenergetische Energieverbrauch verändert sich in der Höhe nicht wesentlich und verbleibt in etwa auf dem Niveau des Jahres 2022 – damit wird im BAU-Szenario angenommen, dass der nichtenergetische Einsatz nicht wieder auf das Niveau von vor dem Ukrainekrieg ansteigt (2021: 980 PJ).<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Der Nichtenergetische Energieverbrauch umfasst Energieträger (z. B. Kohle, Rohbenzin oder Erdgas), die nicht zur Energieerzeugung, sondern auch als Rohstoff für die Herstellung von Produkten eingesetzt werden (z. B. Kunststoffe).

**Abbildung 12: Primärenergieverbrauch nach Komponenten**

Jahre 2000 bis 2050, in PJ



Quelle: eigene Berechnung

© Prognos 2024

Nach 2030 setzt sich der Rückgang des Primärenergieverbrauchs bis 2045 fort, mit durchschnittlich 1,4 % pro Jahr. Dabei zeigt sich, dass nach 2040 der Energieeinsatz im Umwandlungssektor wieder ansteigt und den Rückgang des Primärenergieverbrauchs dämpft. Dies ist insbesondere auf die weitersteigende Stromerzeugung zurückzuführen. Diese ist notwendig, um die wachsende Stromnachfrage durch Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen, sowie durch die inländische Wasserstoffproduktion zu decken.

Die Export-Import-Bilanz vom **Strom** ist bis 2045 weitgehend ausgeglichen. Damit bleibt die Bedeutung der Stromimporte auf Ebene Primärenergie gering. Die jährlichen Nettostromimporte sind im Verlauf der Jahre leicht ansteigend, sie betragen jedoch maximal rund 25 TWh (im Jahr 2045). Die maximalen Exporte beziffern sich auf rund 40 TWh im Jahr 2035. Zwischen 2030 und 2040 ergeben sich jeweils leichte Exportüberschüsse. Dies hängt unter anderem damit zusammen, dass im BAU-Szenario die erneuerbare Stromproduktion in Deutschland etwas schneller ausgebaut wird als in den Nachbarländern.

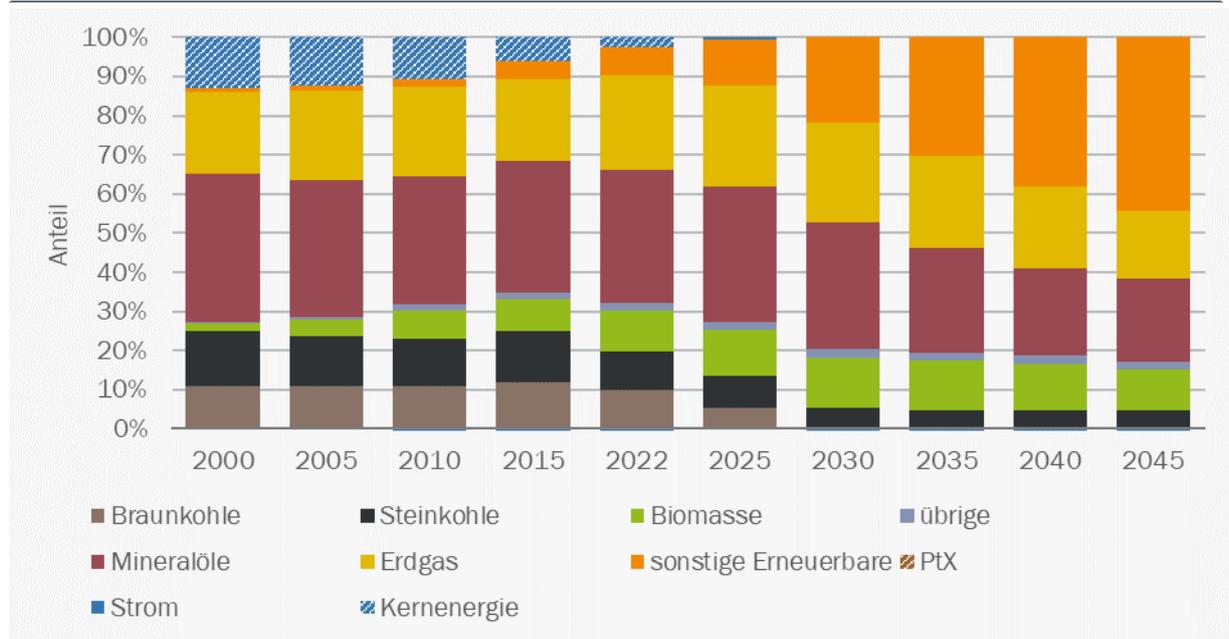
Die **Energieträgerstruktur** des Primärenergieverbrauchs verändert sich im Zeitverlauf deutlich (Abbildung 13). Mit der Stilllegung des letzten Kernkraftwerks im Frühjahr 2023 fällt der Verbrauch von Kernenergie weg. Braunkohle wird ab 2031 im Umwandlungssektor nicht mehr eingesetzt, der Nichtenergetische Verbrauch läuft noch weiter, ist aber sehr gering. Der Verbrauch von Steinkohle ist ebenfalls stark rückläufig und wird nach 2030 nur noch im Industriesektor genutzt.

Der Verbrauch von Erdgas und Mineralölprodukten nimmt im Zeitraum 2022 bis 2045 um 55 % respektive 49 % ab. Der Anteil der fossilen Energieträger Kohle, fossile Gase und Mineralölprodukte am Primärenergieverbrauch verringert sich von 78 % im Jahr 2022 über 63 % im Jahr 2030 auf noch 43 % im Jahr 2045. Mit der Reduktion der fossilen Energieträger erhöht sich zugleich der Anteil der erneuerbaren Energieträger (Biomasse, Wind, Photovoltaik, Wasserkraft,

Umweltwärme). Dieser Anteil steigt von 18 % im Jahre 2022 auf 35 % im Jahre 2030; im Jahr 2045 liegt der Anteil bei 57 %. An Bedeutung gewinnen dabei Photovoltaik, Wind und Umweltwärme (letzteres durch den Einsatz von Wärmepumpen), während der Verbrauch an Biomasse bis 2030 noch ansteigt und danach wieder (deutlich) abnimmt.

**Abbildung 13: Primärenergieverbrauch nach Energieträgern**

Jahre 2000 bis 2045, Anteile am gesamten PEV



Quelle: eigene Berechnung

© Prognos 2024

### 5.1.3 Endenergieverbrauch

Der Endenergieverbrauch (EEV) verringert sich im BAU-Szenario in der Abgrenzung der Energiebilanz bis zum Jahr 2030 auf 8.205 PJ. Dies entspricht einer Reduktion um lediglich 4 % im Vergleich zum Jahr 2022. Die Abnahme im Zeitraum 2022 bis 2030 verteilt sich ungleich auf die Sektoren (Abbildung 14):

- Verkehr: -62 PJ (-2 %)
- Industrie -16 PJ (-1 %)
- Gebäude (GHD und Private Haushalte) -243 PJ (-7 %)

Ohne Berücksichtigung der mittels Wärmepumpen genutzten Umweltwärme und der Solarthermie fällt der Rückgang im Zeitraum 2022 bis 2030 höher aus (-610 PJ), der Rückgang beträgt so 7 %.

In der Abgrenzung nach KSG ist der Energieverbrauch des internationalen Flugverkehrs nicht enthalten, berücksichtigt wird im KSG hingegen der Umwandlungseinsatz zur Stromerzeugung in Industriekraftwerken. In der Abgrenzung nach KSG verringert sich der Endenergieverbrauch auf noch 7.953 PJ im Jahr 2030 (inkl. solar- und Umweltwärme).

Der Energieverbrauch fossiler Energieträger nimmt im BAU-Szenario im Zeitraum 2022 - 2030 ab:

- Kohle -23 % (bis 2045: -36 %)
- Mineralölprodukte -19 % (bis 2045: -76 %) und
- fossile Gase -24 % (bis 2045: 58 %).

Dadurch sinkt im BAU-Szenario der Anteil der fossilen Energieträger am Endenergieverbrauch von 65 % im Jahr 2022 über 53 % im Jahr 2030 auf noch 29 % im Jahr 2045 (in der Abgrenzung nach Energiebilanz). Es erfolgt keine vollständige Dekarbonisierung und es verbleibt auch 2045 noch ein signifikanter Restverbrauch an fossilen Energieträgern.

Gleichzeitig mit dem Rückgang an fossilen Energieträgern steigt der Verbrauch und der Verbrauchsanteil der erneuerbaren Energieträger an. Der EE-Anteil erhöht sich von 10 % im Jahre 2022 auf 14 % im Jahre 2030 und bis auf 21 % im Jahre 2045. Synthetische Energieträger werden im BAU-Szenario in den Endverbrauchssektoren nur in sehr geringem Umfang eingesetzt und betreffen vor allem Wasserstoff, der bis 2030 ausschließlich im Verkehrs- und Industriesektor Verwendung findet. Im weiteren Verlauf bis 2045 kommen synthetische Energieträger auch im Gebäudesektor in geringen Mengen zum Einsatz.

Der Verbrauch an Fernwärme steigt im BAU-Szenario stark an und liegt nach 2030 bei über 500 PJ. Auch der Stromverbrauch nimmt zu, bis zum Jahr 2030 um fast 20 % gegenüber 2022.<sup>7</sup> Haupttreiber für den Anstieg sind die Elektromobilität, der steigende Einsatz von Wärmepumpen, aber auch der Einsatz von Elektroöfen (Abbildung 16). Nach 2030 steigt der Stromverbrauch weiter an. Im Jahr 2045 liegt er im BAU-Szenario bei 693 TWh. Das sind 45 % mehr als im Jahr 2022. Nicht bei allen Verwendungszwecken nimmt der Verbrauch zu. Aufgrund von effizienteren Technologien (und teilweise geringeren Gerätemengen) verringert sich beispielsweise der Verbrauch für die Beleuchtung und bei den Elektrogeräten.

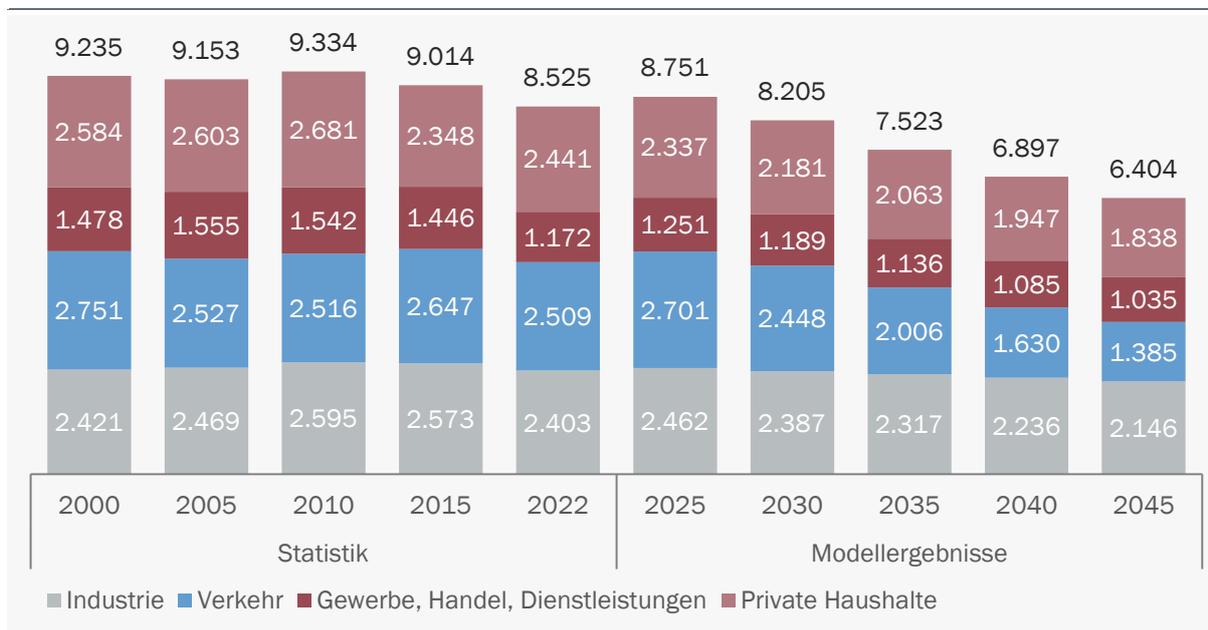
Der Endenergieverbrauch wird dominiert durch die Verwendungszwecke Raumwärme, mechanische Energie (inkl. Mobilität) und Prozesswärme, deren kumulierter Anteil am Endenergieverbrauch bis 2045 weitgehend konstant bei rund 85 % liegt. Gleichwohl nimmt der Endenergieverbrauch bei allen drei Hauptverwendungszwecken zwischen 2022 und 2030 stark ab:

- Raumwärme und Warmwasser -182 PJ (-6 %)
- Prozesswärme -66 PJ (-4 %) und
- mechanische Energie -239 PJ (-7 %).

<sup>7</sup> Das Jahr 2022 war ein sehr warmes Jahr. Auch wirkten sich die hohen Energiepreise infolge des russischen Angriffskriegs gegen die Ukraine dämpfend auf den Stromverbrauch im Jahre 2022 aus. Im Vergleich zum Mittelwert der Jahre 2010 – 2015 fällt der Anstieg bis zum Jahr 2030 mit rund 10 % deutlich geringer.

**Abbildung 14: Endenergieverbrauch nach Sektoren**

Jahre 2000 bis 2045, nach Sektoren der Energiebilanz, in PJ

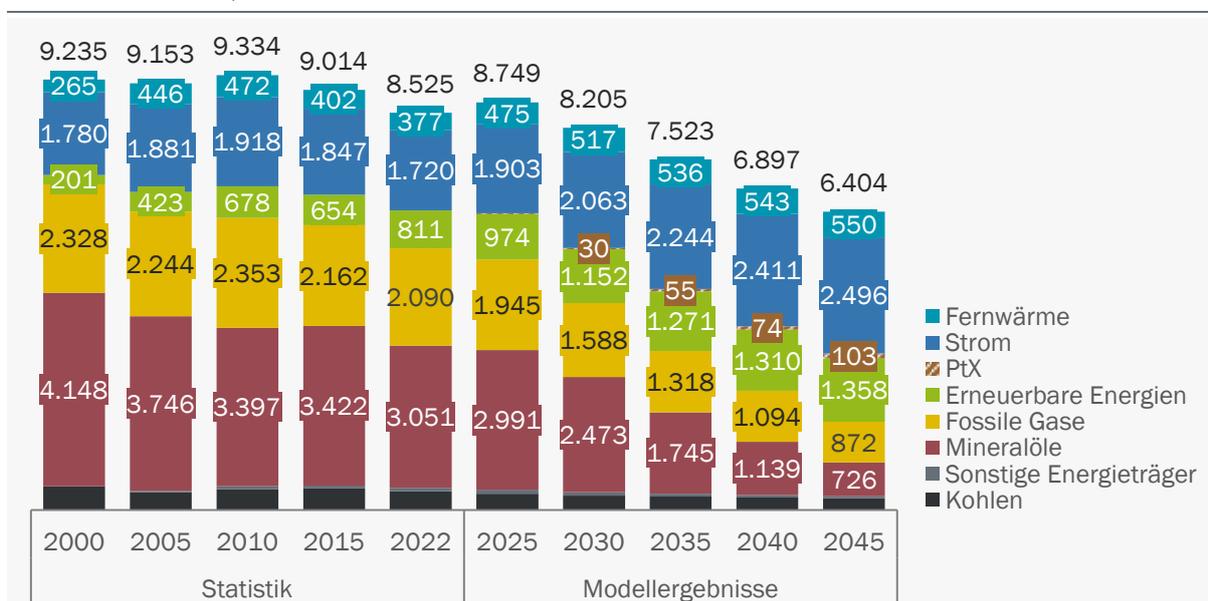


Quelle: AG Energiebilanzen 2023 und eigene Berechnungen

© Prognos 2024

**Abbildung 15: Endenergieverbrauch nach Energieträgern**

Jahre 2000 bis 2045, in PJ

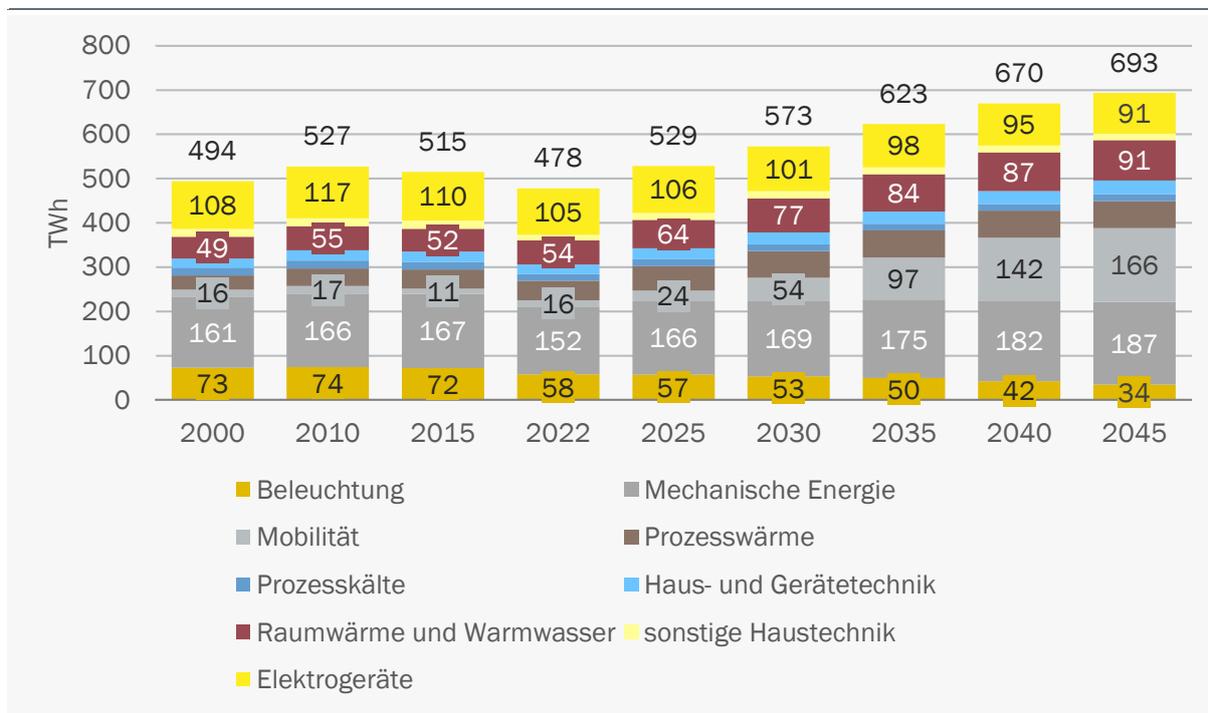


Quelle: AG Energiebilanzen 2023 und eigene Berechnungen

© Prognos 2024

**Abbildung 16: Endenergieverbrauch: Stromverbrauch nach Anwendungen**

Jahre 2000 bis 2045, in PJ



Quelle: eigene Berechnung

© Prognos 2024

#### 5.1.4 Energieeffizienzziele

Im September 2023 beschloss der Deutsche Bundestag ein Energieeffizienzgesetz (EnEfG). Das neue Gesetz legt erstmals verbindliche Energieeinsparziele bis zum Jahr 2030 vor:

- Der Endenergieverbrauch (EEV) soll bis zum Jahr 2030 im Vergleich zum Jahr 2008 um mindestens 26,5 % auf 1.867 TWh gesenkt werden.
- Gleichzeitig soll der Primärenergieverbrauch (PEV) um 39,3 % auf 2.252 TWh reduziert werden.

Für den Zeitraum nach 2030 wurden noch keine verbindlichen Einsparziele festgelegt. Die Bundesregierung strebt bis zum Jahr 2045 eine Reduktion des Endenergieverbrauchs um 45 % an (im Vergleich zum Jahr 2008). Das neue Gesetz enthält jährliche Fortschrittsziele für Bund und Länder: Für den Zeitraum 2024 bis 2030 betragen diese Ziele für den Bund 45 TWh/a und für die Länder 3 TWh/a. Bezogen auf den EEV im Jahr 2022 mit 2.368 TWh entsprechen die 48 TWh einer Reduktion um rund 2 %. Diese Einsparungen sind durch Bund und Länder mit politischen Maßnahmen auf den Weg zu bringen. Auslöser für die Einführung des Energieeffizienzgesetzes ist die revidierte europäische Energieeffizienzrichtlinie (EED), welche ein verbindliches Verbrauchsziel für die Europäische Union vorlegt. Bis zum Jahr 2030 soll der Endenergieverbrauch im Vergleich zum Jahr 2008 um 11,7 % gesenkt werden. Jeder Mitgliedstaat muss zur Erreichung dieses Ziels beitragen.

Mit dem EnEFG werden die EU-Vorgaben in nationales Gesetz übertragen. Die Reduktion des Energieverbrauchs soll die Erreichung der Klimaschutzziele unterstützen, den Ressourcenverbrauch senken und die Abhängigkeit von Energieimporten vermindern.

mit den bisher beschlossenen Instrumenten werden die Effizienzziele für das Jahr 2030 noch deutlich verfehlt (Tabelle 3). Deutlich ist die Zielverfehlung beim Endenergieverbrauch. Beim Primärenergieverbrauch ist die Zielverfehlung geringer, dies ist auf den starken Ausbau an erneuerbarer Stromerzeugung im Umwandlungssektor zurückzuführen.

**Tabelle 3: Effizienzziele und Abschätzung der wahrscheinlichen Zielverfehlung**

	<b>Zielwert 2030, in TWh</b>	<b>Zielwert 2030, in PJ</b>	<b>Bau-Szenario 2030, in PJ</b>	<b>Abweichung, in PJ</b>	<b>Abweichung, in Prozent</b>
Primärenergieverbrauch	2.252	8.107	8.652	545	7 %
Endenergieverbrauch	1.867	6.721	7.794	1.073	16 %

Energieverbrauchswerte in der Abgrenzung des EnEFG, d. h. ohne Solar- und Umweltwärme und Primärenergie ohne nichtenergetischen Verbrauch

Quelle: eigene Berechnungen Prognos

## 5.2 Sektorale Ergebnisse

### 5.2.1 Energieumwandlung

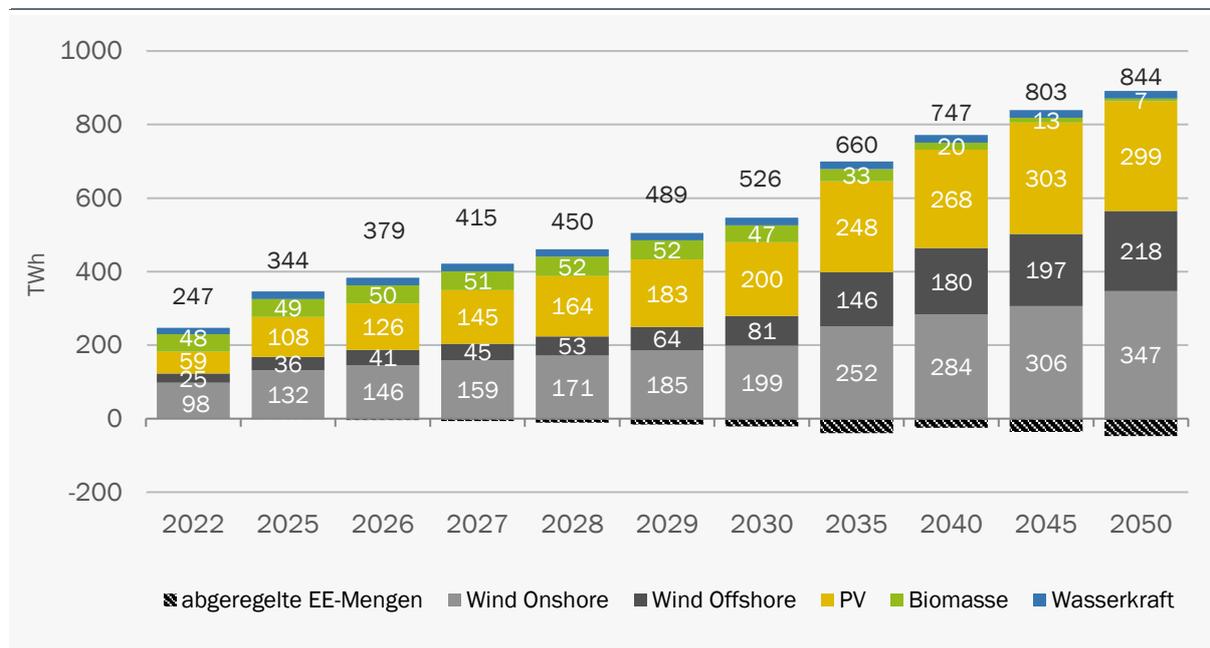
Der Umwandlungssektor wird maßgeblich bestimmt durch die Erzeugung von Strom und Fernwärme. Im Jahr 2021 entfielen 211 von insgesamt 246 Mt CO<sub>2</sub>eq auf diesen Sektor. Die restlichen Emissionen entfallen auf die Herstellung von Mineralölprodukten (20 Mt CO<sub>2</sub>eq), festen Brennstoffen und sonstigen Energieerzeugern (9 Mt CO<sub>2</sub>eq), diffusen Emissionen aus Brennstoffen (4 Mt CO<sub>2</sub>eq) und Pipelinetransporten (1 Mt CO<sub>2</sub>eq).

Die Entwicklung des Stromsektors bis zum Jahr 2030 wird in diesem Szenario getrieben durch einen deutlichen Anstieg der Stromnachfrage und der weiter voranschreitenden Dekarbonisierung der Erzeugung – insbesondere durch den Ausbau erneuerbarer Energien, dem Rückgang der Kohleverstromung bis zum Jahr 2030.

Die Entwicklung der erneuerbaren Energien ist in Abbildung 17 und Abbildung 18 dargestellt. Bis zum Jahr 2030 steigt die Stromerzeugung aus Wind Onshore, Wind Offshore, Photovoltaik, Biomasse und Wasser von 247 TWh im Jahr 2022 auf 526 TWh im Jahr 2030. Die installierte Leistung erhöht sich von 139 GW insgesamt im Jahr 2022 auf 343 GW im Jahr 2030. Der stärkste Zuwachs erfolgt bei der Photovoltaik. Hier beträgt die installierte Leistung im Jahr 2030 215 GW, dieses entspricht dem Ausbauziel des EEG 2023. Bei Windkraftanlagen an Land erhöht sich die Leistung von 58 GW in 2022 auf 98 GW in 2030. Zudem wird sich die Leistung von Windkraftanlagen auf See auf 24 GW erhöhen. Die Stromerzeugung aus Bioenergie (inkl. biogenem Abfall) bleibt weitgehend konstant bis 2030.

### Abbildung 17: Nettostromerzeugung erneuerbarer Energien

Jahre 2022 bis 2050, in TWh



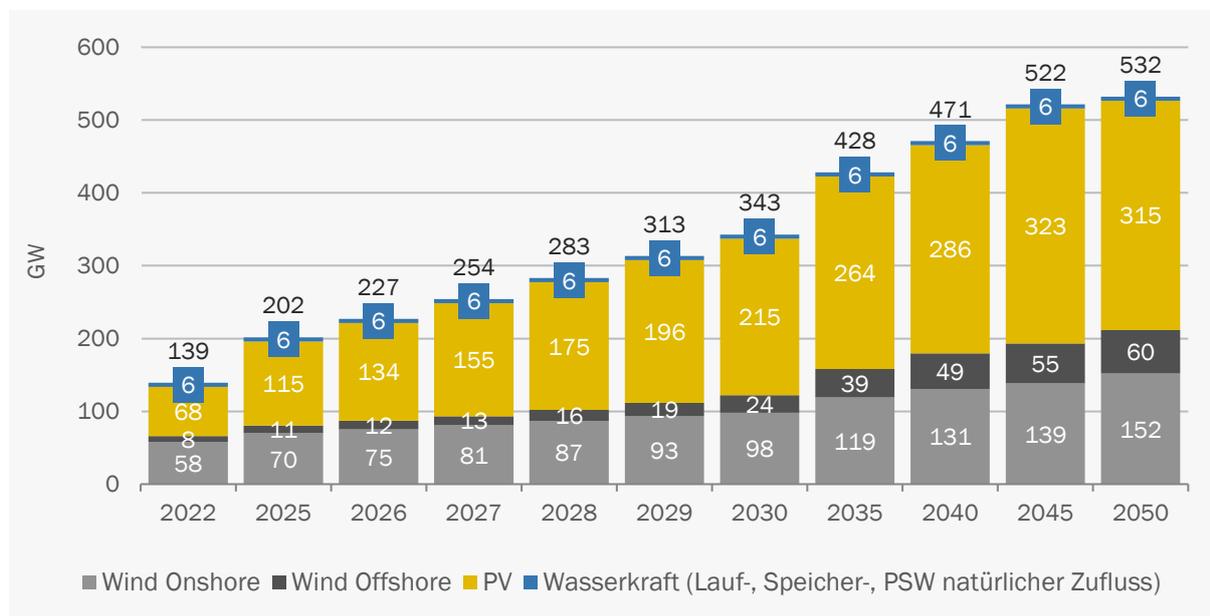
Quelle: eigene Berechnung

© Prognos 2024

Ein Teil des erzeugten erneuerbaren Stroms kann trotz Einsatz von Speichern und anderen Flexibilitätsoptionen nicht genutzt werden und muss abgeregelt werden. Diese systembedingten Abregelungen sind im Jahr 2030 noch gering und steigen dann bis zum Jahr 2050 auf rund 10 % des erzeugten erneuerbaren Stroms. Diese Abregelungen beinhalten nicht netzbedingte Abregelungen, diese sind bereits bei den Volllaststunden berücksichtigt. Der Großteil der Abregelung findet in den Sommermonaten bei sehr hoher PV-Erzeugung statt. Insgesamt steigt im vorliegenden Szenario der Anteil erneuerbarer Energien (brutto) am Bruttostromverbrauch von 46 % im Jahr 2022 auf knapp 80 % im Jahr 2030.

### Abbildung 18: Nettoleistung erneuerbarer Energien

Jahre 2022 bis 2050, in GW



Quelle: eigene Berechnung

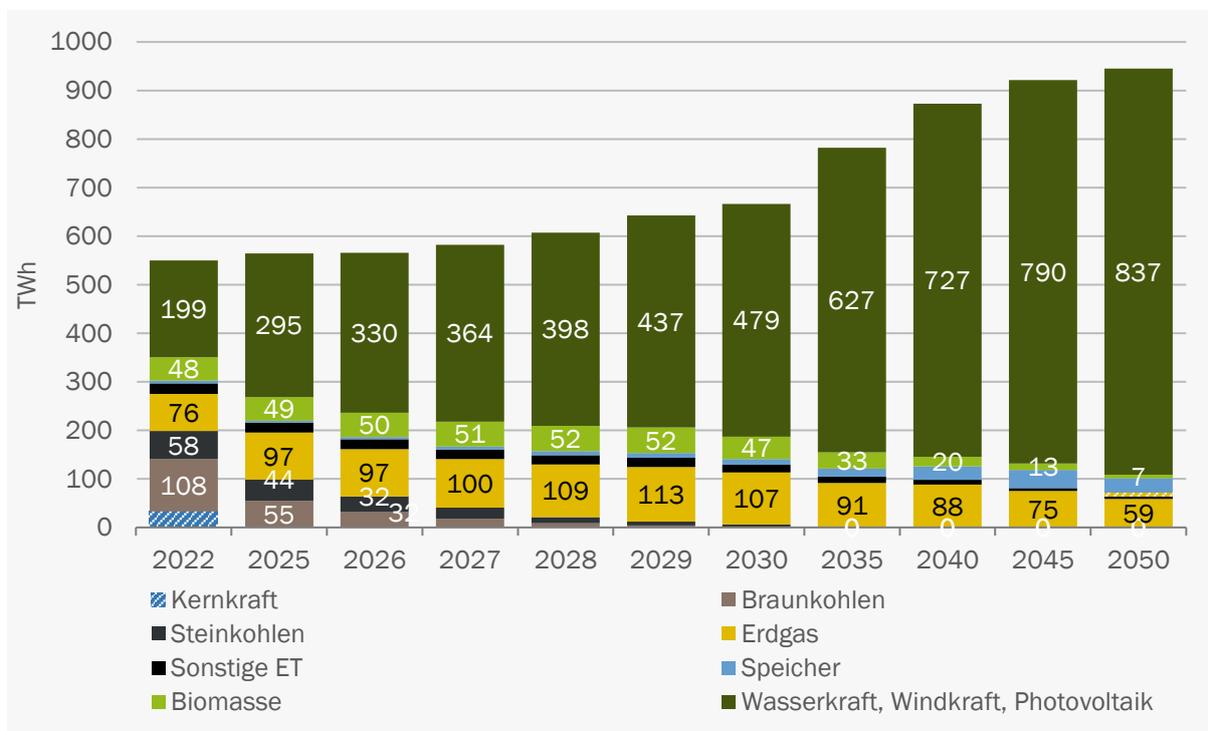
© Prognos 2024

Die Gesamtstromerzeugung aus fossilen und erneuerbaren Energien ist in Abbildung 19 dargestellt. Die Verstromung von Braun- und Steinkohlen läuft bis zum Jahr 2030 aus. Die Auslastung der Kohlekraftwerke sinkt ab 2020. Die Leistung der Kohlekraftwerke entspricht bis 2029 dem Pfad des Kohleausstiegsgesetzes. Die Stromerzeugung aus Erdgas nimmt kurzfristig bis 2030 noch einmal deutlich zu, danach wird sie sukzessive verdrängt durch erneuerbare Energien.

Im Jahr 2030 wird ein kleiner Teil der Stromerzeugung, rund 10 TWh, ins Ausland exportiert. In den Folgejahren steigen die Exporte an auf rund 35 TWh. Nach 2040 wird Deutschland wieder leicht zum Nettoimporteur. Insgesamt ist die Handelsbilanz über den Zeitraum weitgehend ausgeglichen.

**Abbildung 19: Nettostromerzeugung**

in TWh, 2022 bis 2050



Quelle: eigene Berechnung

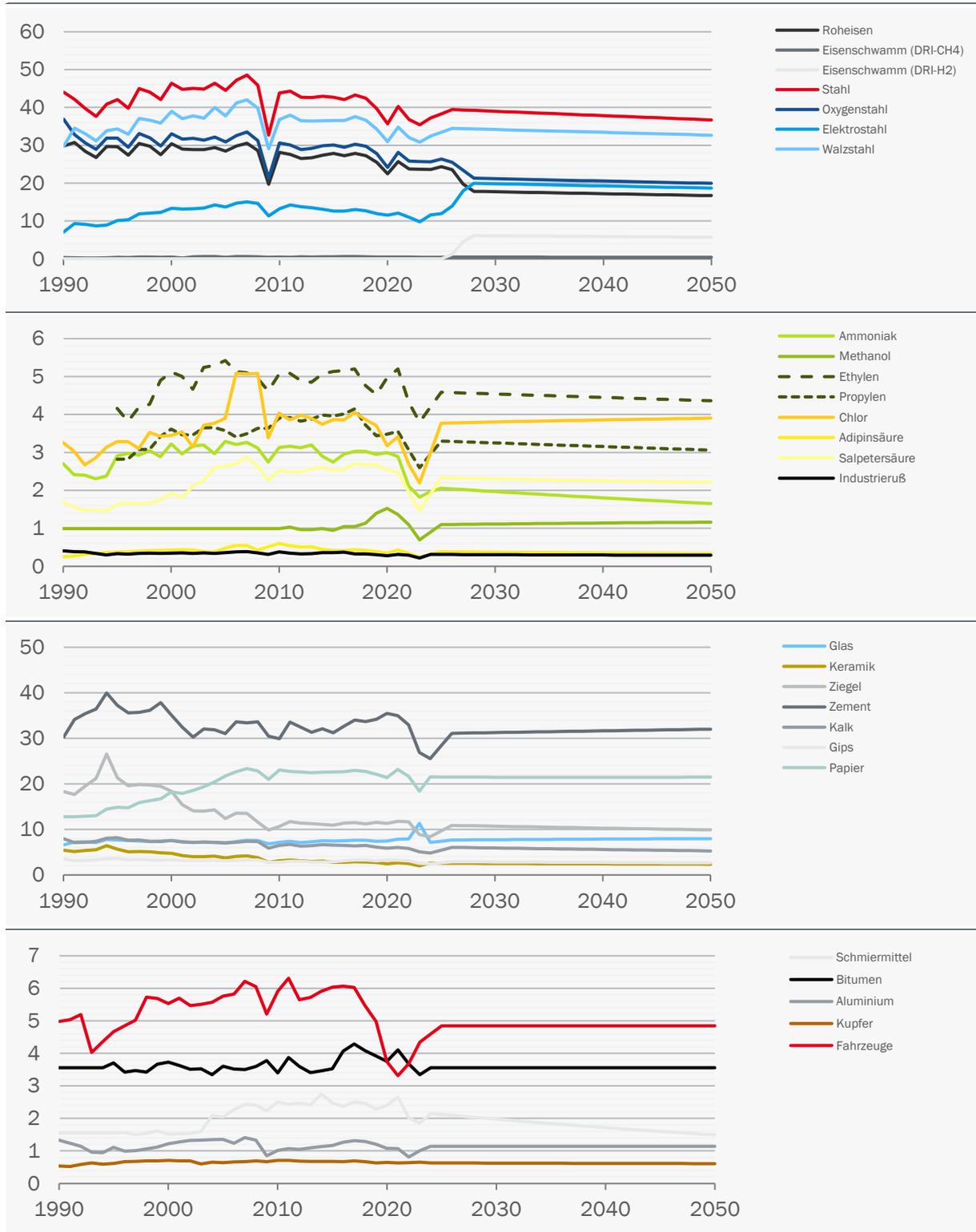
© Prognos 2024

### 5.2.2 Industrie

Die Emissions-bestimmenden **Rahmendaten** in der Industrie sind die physischen Produktionsmengen der homogenen energieintensiven Produkte (Abbildung 20). Die leicht rückläufige Stahlproduktion ab 2010 setzt sich im Szenario weiter fort (-0,3%/a). Gleichzeitig nimmt der Anteil des Oxygenstahls (Hochofenroute) zwischen 2025 und 2030 zugunsten von Elektrostahl aus neuen Direktreduktionsanlagen (DRI-H<sub>2</sub> plus Elektrolichtbogenofen) und höherem Stahleinsatz ab. Auch bei den Chemikalien lässt die bisherige Entwicklung überwiegend auf einen leichten Rückgang schließen. Lediglich Chlor und Methanol werden zukünftig geringfügig mehr produziert, bleiben jedoch noch innerhalb der Bandbreite der letzten Jahre. Bei den Mineralien Glas und Zement sowie bei Papier stagniert die Produktion längerfristig nahezu. Keramik, Gips und insbesondere Ziegel und Kalk werden zunehmend weniger nachgefragt und produziert, u.a. aufgrund abnehmender Bautätigkeit. Aluminium, Kupfer und Bitumen stabilisieren sich jeweils um das historische Mittel. Die produzierten Fahrzeuge, deren Zahl in den letzten Jahren stark schwankt, wurden per Setzung auf knapp 5 Mio. Stück fixiert. Der Bedarf an Schmiermitteln sinkt aufgrund der Umstellung im Verkehrssektor auf elektrische Antriebe merklich. Insgesamt lässt sich festhalten, dass die einzelnen Produktionsmengen im Szenario sehr träge bis hin zu quasi-konstant über den Szenariozeitraum entwickeln.

### Abbildung 20: Produktionsmengen

in Mio. Tonnen (Fahrzeuge in Mio. Stück), Produktgruppen: Eisen/Stahl, Chemikalien, Mineralien/Papier, Sonstige



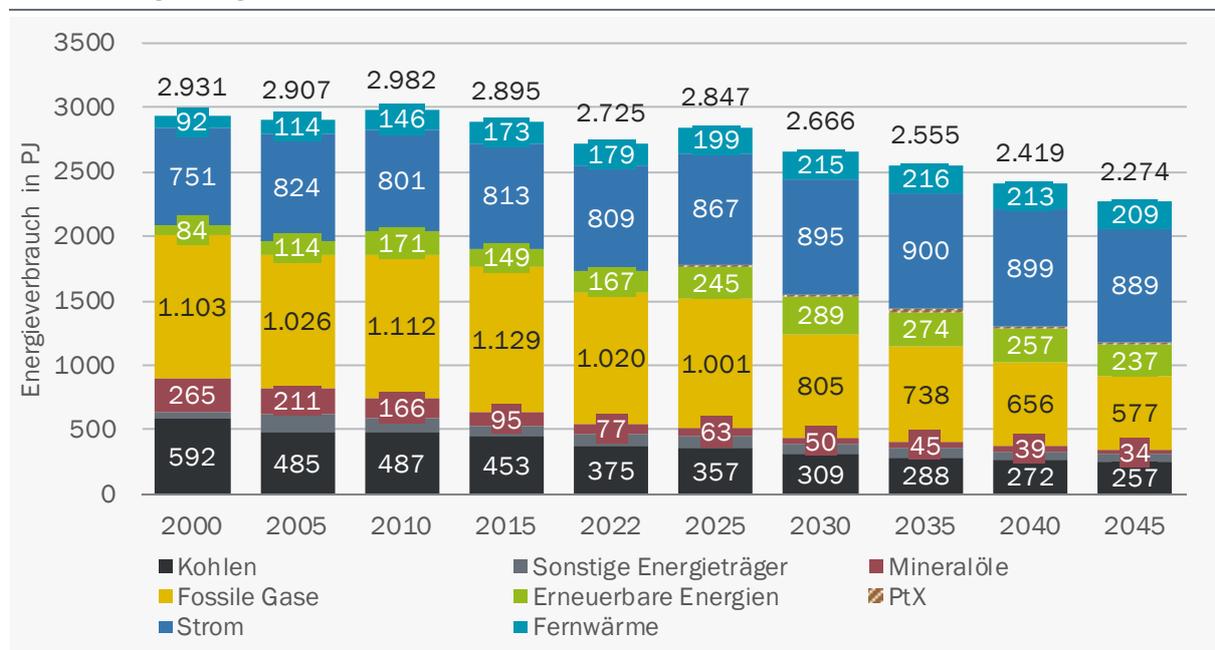
Quelle: eigene Berechnung Prognos

© Prognos 2024

Im Szenario löst Strom bis 2030 Erdgas als wichtigsten Energieträger beim **Energieverbrauch** (KSG-Abgrenzung: Endenergieverbrauch plus Stromeigenerzeugung in Industriekraftwerken plus Bauwirtschaftlicher Verkehr) ab (Abbildung 21). Eine vermehrte Elektrifizierung insbesondere von Prozesswärmeanwendungen bei gleichzeitigen Effizienzfortschritten halten sich die Waage und führen zu einem recht stabilen Wert von um 890 PJ. Dennoch sind auch 2030 noch fast die Hälfte aller Energieträger fossil und bis 2045 immer noch 42 %. Erneuerbare Energieträger bleiben mit Anteilen von um die 10 % über den gesamten Zeitraum untergeordnet und bestehen überwiegend aus fester Biomasse. Diese Entwicklung des Energieverbrauchs bewirken ausschließlich die zuvor beschriebenen unterstellten Instrumente, insbesondere die moderate Substitution von fossilen hin zu THG-neutralen Energieträgern durch die beiden Emissionshandelssysteme oder indirekt durch die umfangreiche Umstellung der Produktionsanlagen, sowie Effizienzsteigerungen, d. h. niedrigeren Energieeinsatz bei gleicher Produktionsmenge.

**Abbildung 21: Energieverbrauch nach Energieträgern in der Industrie**

in PJ; KSG-Abgrenzung



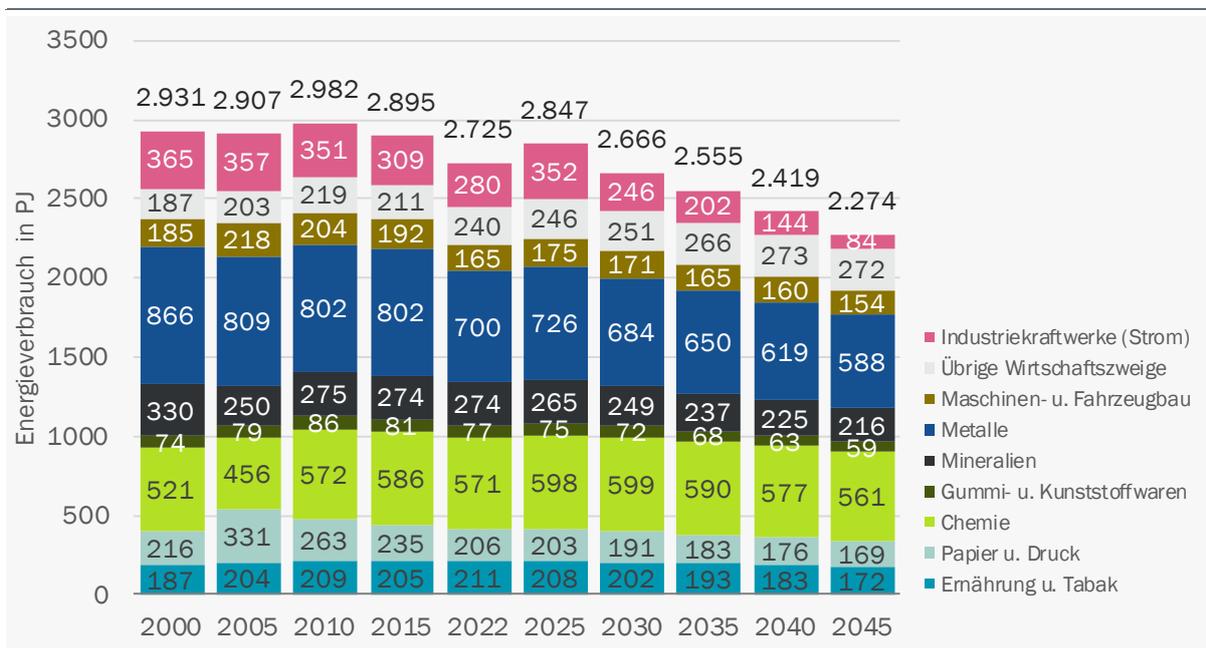
Quelle: eigene Berechnung Prognos

© Prognos 2024

Differenziert nach Branchen weist der Endenergiebedarf über den gesamten Zeitraum einen moderaten Rückgang in den meisten Branchen auf (Abbildung 22). Da im Szenario die Produktionsmengen über den Zeitraum bis 2045 weitgehend stabil sind, ist der Rückgang effektiv auf Effizienzverbesserungen zurückzuführen (marktgetrieben und/oder aufgrund der wirkenden Instrumente). Insbesondere bei der Stahlherstellung führt der punktuelle Ersatz der Hochofenroute mit der Direktreduktionsroute vor 2030 neben dem wachsenden Einsatz von synthetischem Wasserstoff zu einer merklichen Effizienzverbesserung. Generell werden im BAU-Szenario nur diejenigen Transformationen in der Grundstoffindustrie antizipiert, welche sich bereits in der Umsetzungsphase befinden bzw. über Förderzusagen teilfinanziert sind. Aus diesem Grund stockt im Szenario beim Stahl die Transformation nach 2030 und produzieren auch die anderen energieintensiven Branchen weiterhin mit den konventionellen Anlagen.

**Abbildung 22: Energieverbrauch nach Branchen in der Industrie**

in PJ; KSG-Abgrenzung



Quelle: eigene Berechnung Prognos

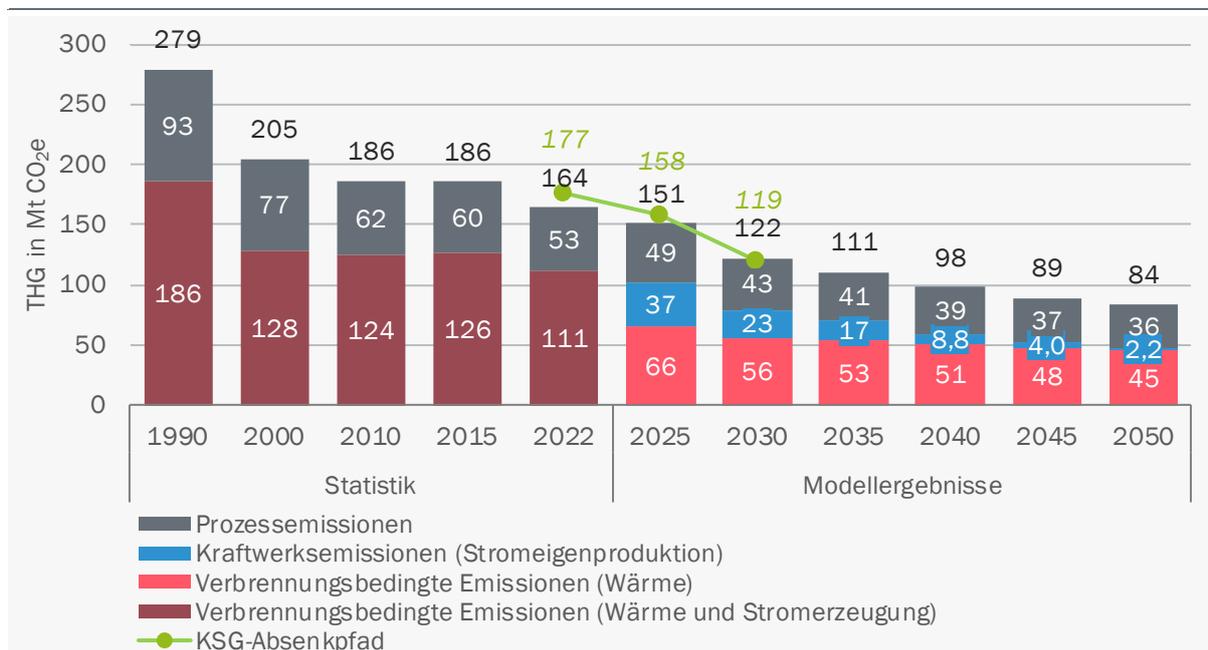
© Prognos 2024

Die **THG-Emissionen** sinken im BAU-Szenario deutlich: zwischen 2021<sup>8</sup> und 2030 um rund 33 % (42 Mt CO<sub>2</sub>eq bzw. 4,4 % p. a.). Die Zielmarke 2030 wird mit 122 Mt CO<sub>2</sub>eq dennoch leicht verfehlt. Zwischen 2030 und 2045 sinken die THG-Emissionen um weitere 27 % (33 Mt CO<sub>2</sub>e bzw. 2,1 % p.a.) auf knapp 90 Mt CO<sub>2</sub>e im Jahr 2045 (Abbildung 23). Die Reduktion ab 2030 ist nurmehr etwa halb so schnell wie zuvor. Das liegt an der im Szenario restriktiven Annahme zu zukünftigen Investitionen in grüne Produktionsanlagen (s. o.). Ein wesentlicher Beitrag zum THG-Rückgang stammen von den Industriekraftwerken. Diese werden im Szenario zunehmend auf reine Wärmeerzeuger umgestellt und der zuvor selbst erzeugte Strom wird zunehmend aus dem (perspektivisch grünen) Stromnetz bezogen.

<sup>8</sup> 2021 eignet sich als Bezugsjahr deutlich besser als das letzte Statistikjahr 2022, weil 2022 ein deutlicher Einfluss der Energieträgerpreise auf die industrielle Grundstoffproduktion herrschte.

**Abbildung 23: Treibhausgasemissionen nach Emittentengruppen in der Industrie**

in Mt CO<sub>2</sub>eq; KSG-Abgrenzung



Quelle: eigene Berechnung Prognos

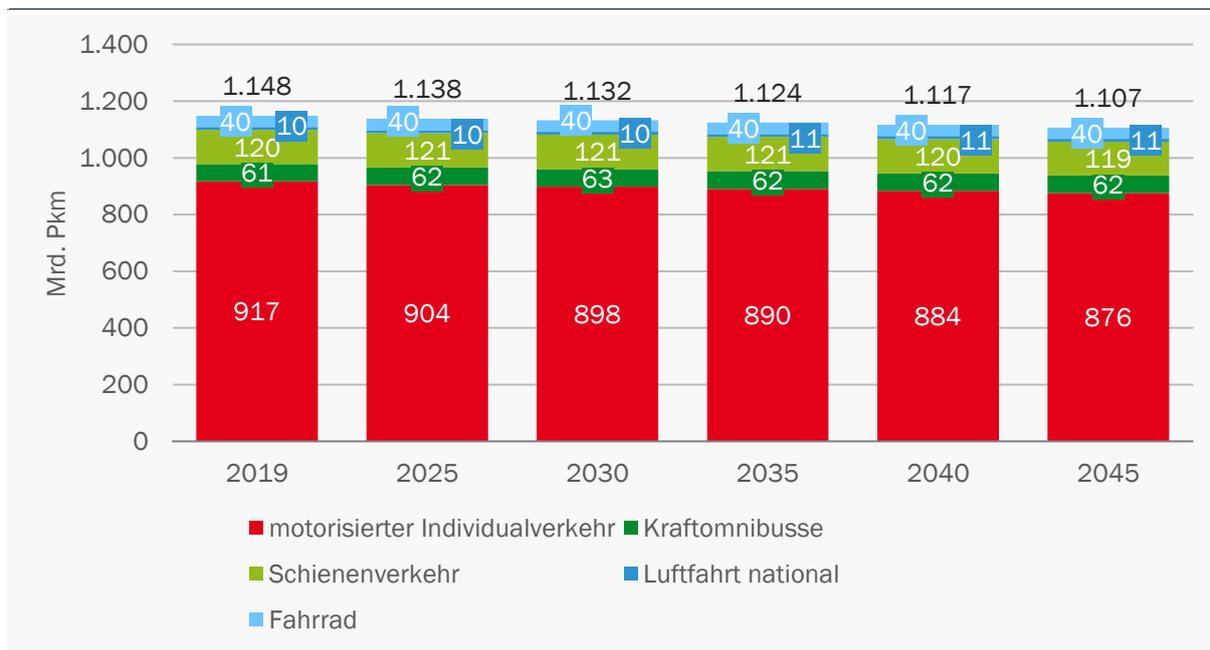
© Prognos 2024

### 5.2.3 Verkehr

Ein wesentlicher Treiber der Energienachfrage im Sektor Verkehr ist die Entwicklung der Verkehrsnachfrage und deren Struktur. Im Personenverkehr wird ab dem Jahr 2022 (2020 und 2021 waren stark von der Corona-Pandemie beeinflusst) von einer leicht rückläufigen Entwicklung der Verkehrsleistung bis 2045 ausgegangen (- 33 Mrd. Pkm entsprechen einem Minus von etwa 3 Prozent). Die Abnahme ist nahezu vollständig (- 31 Mrd. Pkm) auf den motorisierten Individualverkehr zurückzuführen. Die Verkehrsleistungen der anderen Verkehrszweige verändern sich im Beobachtungszeitraum kaum. Die nachfolgende Abbildung 24 zeigt die Entwicklung der Verkehrsleistung im Personenverkehr nach Verkehrsträger bis zum Jahr 2050.

### Abbildung 24: Personenverkehrsleistung nach Verkehrsweig

Inlandsleistung im nationalen Verkehr in den Jahren 2019 bis 2045, in Mrd. Personenkilometer (Pkm)



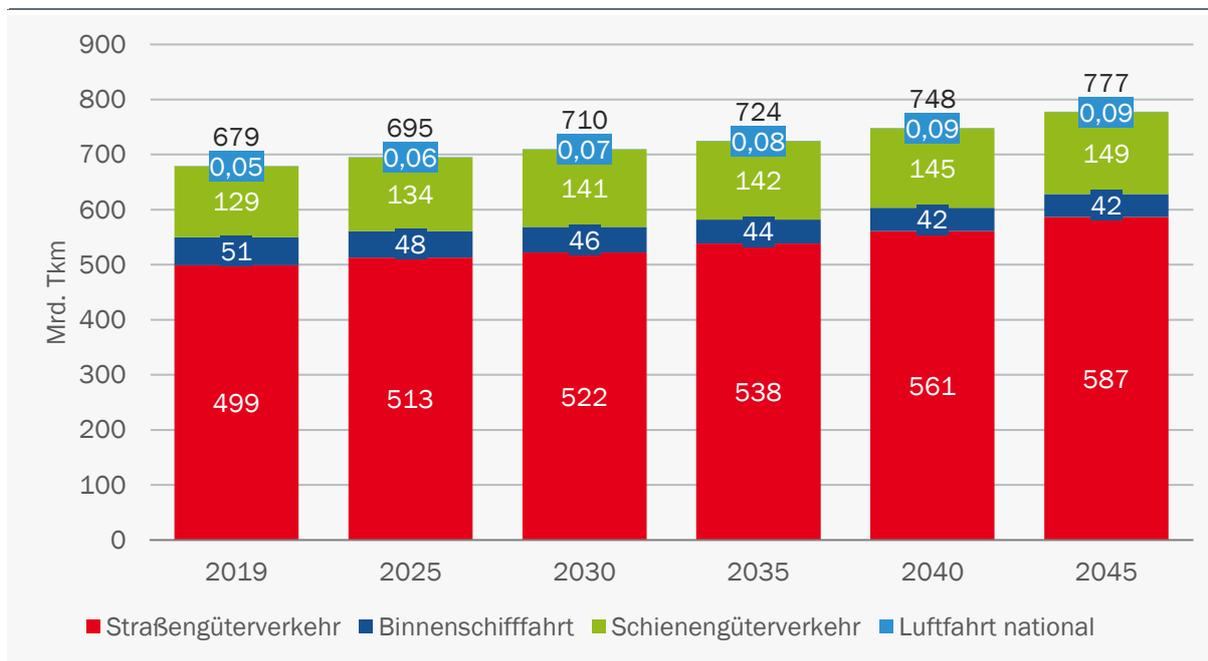
Quelle: eigene Berechnung

© Prognos2024

Die Güterverkehrsleistung steigt zwischen 2019 und 2050 um 98 Mrd. Tkm an, das entspricht einem Wachstum von 14 Prozent. Sowohl auf der Straße (+ 18 Prozent) als auch auf der Schiene (+ 15 Prozent) werden dann deutlich mehr Güter transportiert als noch im Jahr 2019. Auf dem Wasser werden weniger Güter transportiert (- 18 Prozent), der nationale Luftverkehr spielt im gesamten Beobachtungszeitraum eine untergeordnete Rolle.

### Abbildung 25: Güterverkehrsleistung nach Verkehrszweig

Inlandsleistung im nationalen Verkehr in den Jahren 2019 bis 2050, in Mrd. Tonnenkilometer (Tkm)



Quelle: eigene Berechnung

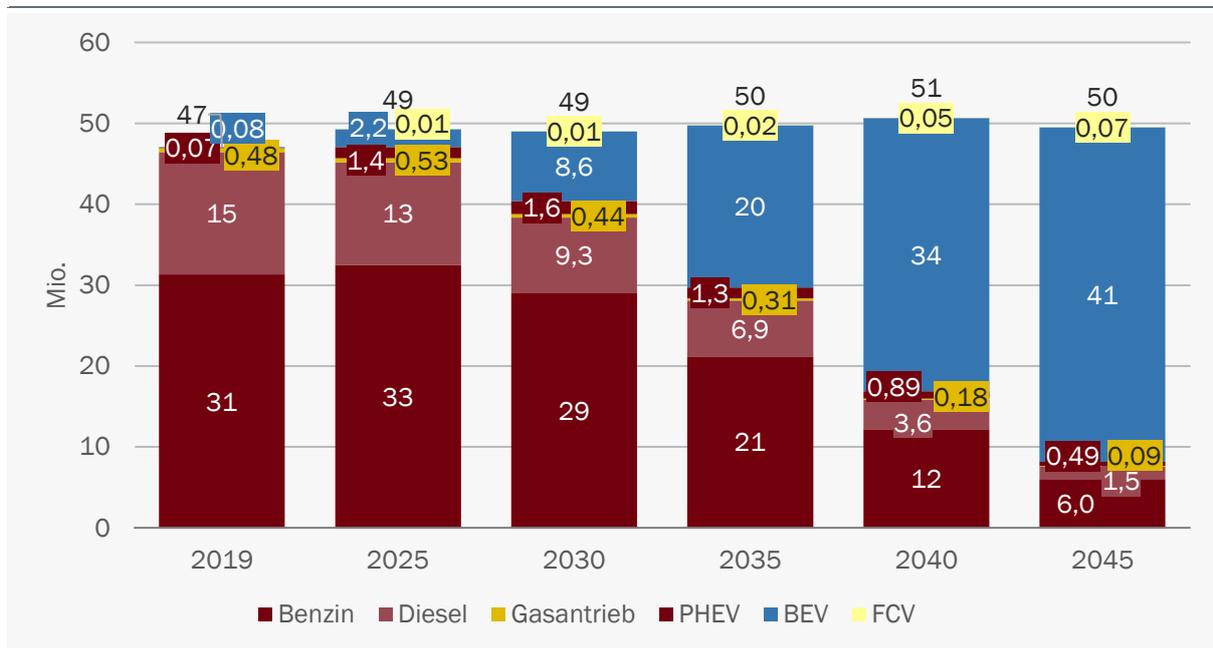
© Prognos 2024

Die Elektrifizierung der Fahrzeugflotten führt im Verkehrssektor zu den größten Energieeinsparungen und damit zu den größten THG-Minderungen. Da bis zum Jahr 2034 weiterhin Fahrzeuge mit Verbrennermotor neuzugelassen werden, finden sich im Jahr 2045 noch immer viele Benzin- und Dieselfahrzeuge im Pkw-Bestand (rund 8 Millionen Fahrzeuge, 15 Prozent). Der Anteil der BEV-Fahrzeuge steigt von rund 2,5 Prozent im Jahr 2023 auf 18 Prozent im Jahr 2030 und auf rund 83 Prozent im Jahr 2045 an (Abbildung 26). Das von der Bundesregierung angestrebte Ziel von 15 Millionen BEV-Pkw im Jahr 2030 wird klar verfehlt. Nur 8,6 Millionen Pkw fahren dann mit rein batterieelektrischem Antrieb.

Die Flotte der schweren Nutzfahrzeuge besteht aktuell fast ausschließlich aus Fahrzeugen mit Dieselantrieb. Der elektrische Antrieb ist auch in diesem Segment eine kostengünstige Option zur Minderung von THG-Emissionen. Das Ziel von einem Drittel elektrischer Fahrleistung bei Schweren Nutzfahrzeugen (SNF) im Jahr 2030 wird mit rund 18 Prozent ebenfalls deutlich verfehlt. Erst knapp 9 % aller SNF fahren dann mit BEV- oder FCV-Antrieb. Bis zum Jahr 2045 verfügen rund 74 % der schweren Nutzfahrzeuge über einen batterieelektrischen Antrieb (Abbildung 27).

**Abbildung 26: Pkw Bestand nach Antrieb**

Jahre 2019 bis 2050, in Mio. Fahrzeugen

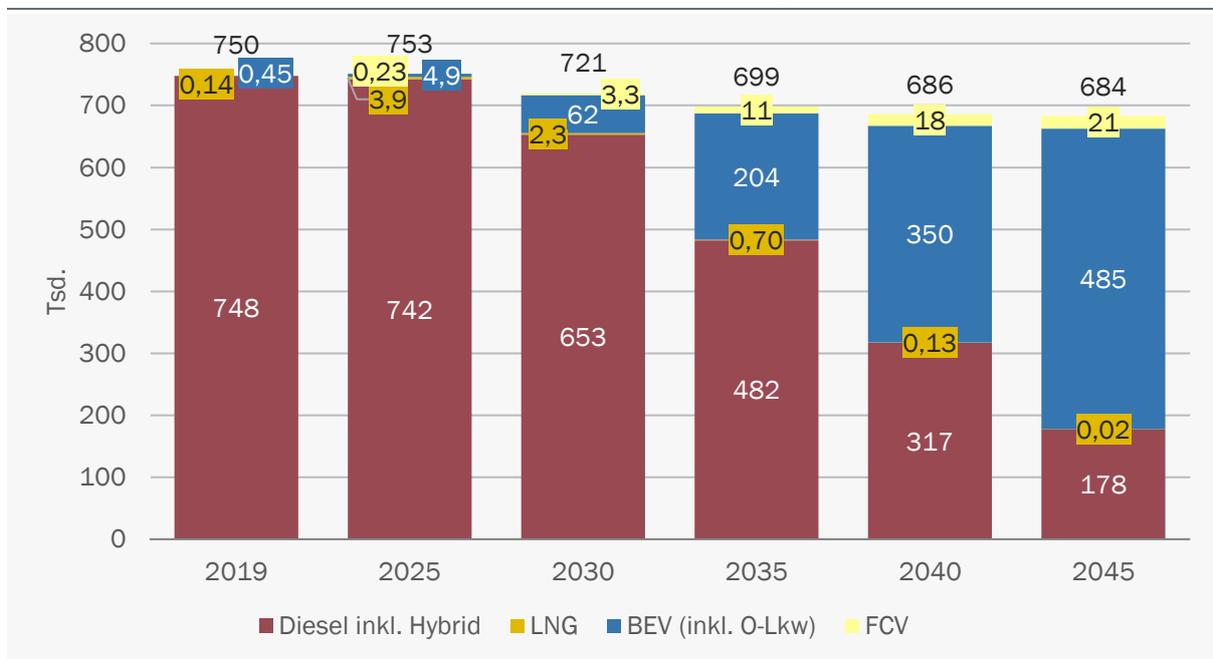


Quelle: eigene Berechnung

© Prognos 2024

**Abbildung 27: Bestand schwere Nutzfahrzeuge nach Antrieb**

Lkw > 3,5t und Sattelzugmaschinen, Jahre 2019 bis 2050, in Tsd. Fahrzeugen



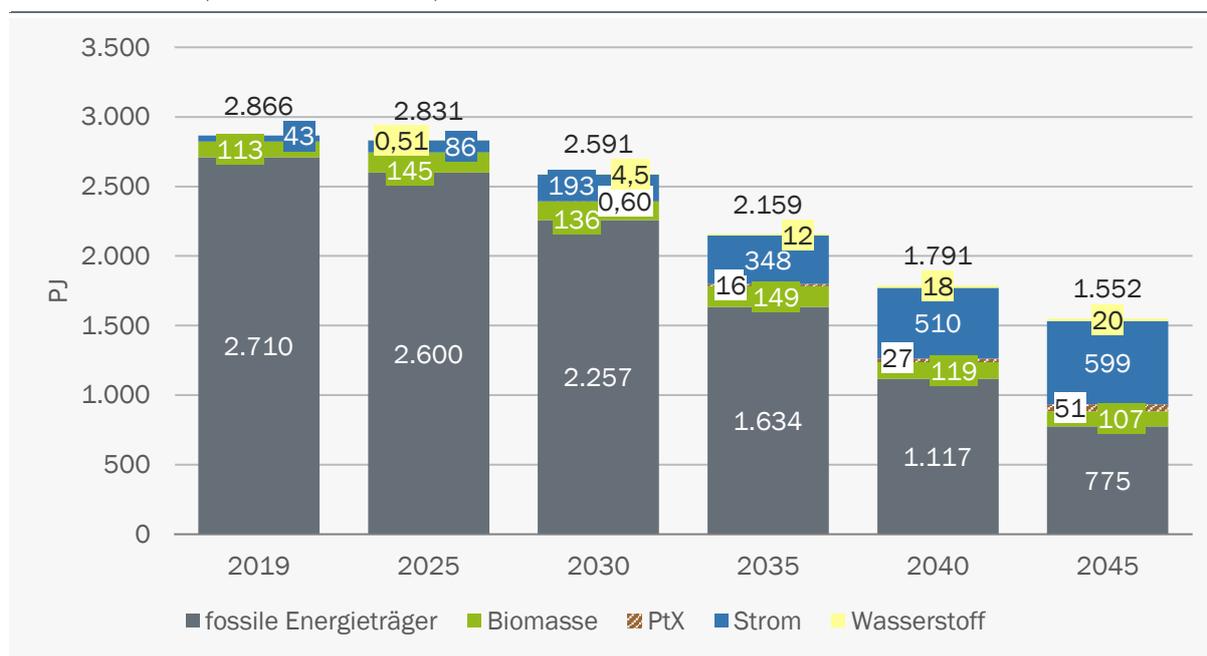
Quelle: eigene Berechnung

© Prognos 2024

Der Endenergieverbrauch im Sektor Verkehr geht bis zum Jahr 2030 um fast 10 Prozent gegenüber 2019 zurück. Bis zum Jahr 2045 kann der Endenergieverbrauch um 46 Prozent reduziert werden. Bedingt durch die zunehmende Bedeutung der Elektromobilität steigt der Stromverbrauch bis zum Jahr 2030 auf 193 PJ (54 TWh) und bis zum Jahr 2045 auf 599 PJ (166 TWh). Der Endenergieverbrauch fossiler Energieträger nimmt gleichzeitig – besonders zwischen 2030 und 2040, wenn die Elektrifizierung des Fahrzeugbestandes deutlich vorankommt – rapide ab, kommt aber im Jahr 2045 noch immer auf einen Anteil von gut 50 Prozent. Der Endenergieverbrauch nach Energieträgern im Verkehrssektor ist in Abbildung 28 dargestellt.

**Abbildung 28: Endenergieverbrauch nach Energieträger**

nationaler Verkehr, Jahre 2019 bis 2050, in PJ



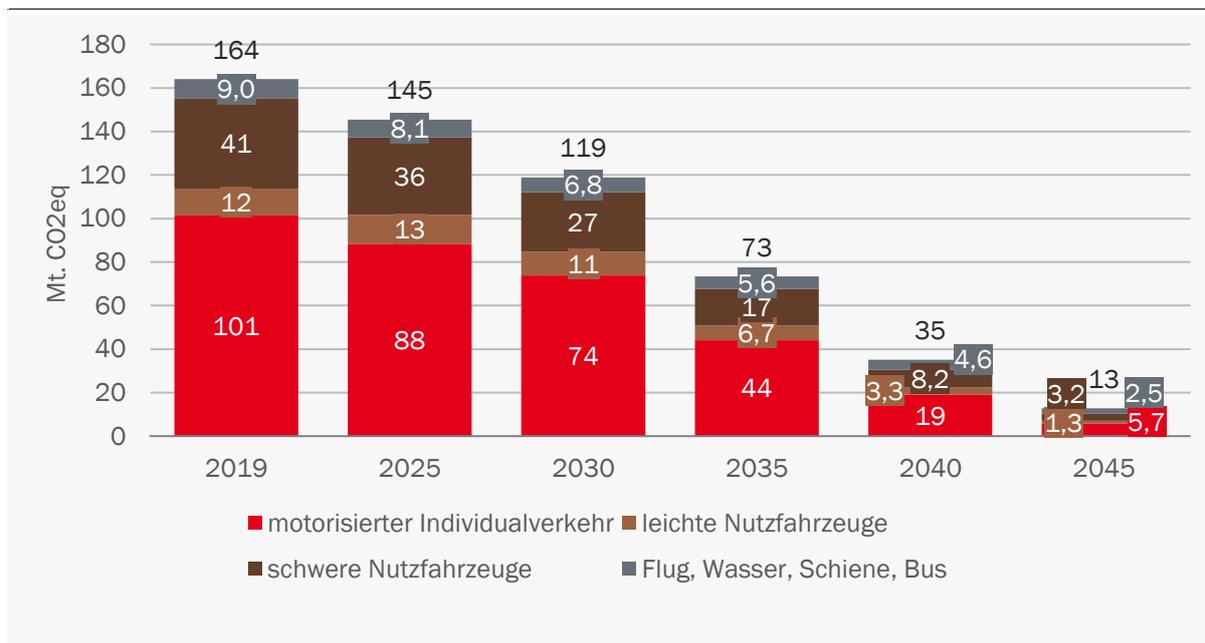
Quelle: eigene Berechnung

© Prognos 2024

Der auf dem Zielpfad zur Klimaneutralität im Jahr 2045 liegende THG-Emissions-Zielwert von 82 Mt. CO<sub>2</sub>eq im Jahr 2030 wird nicht annähernd erreicht. Mit knapp 119 Mt. CO<sub>2</sub>eq liegen die THG-Emissionen des Verkehrssektors im Jahr 2030 um knapp 45 Prozent zu hoch. Trotz deutlicher Reduktionen in den folgenden Jahren ist der Verkehrssektor im Jahr 2045 nicht klimaneutral (13 Mt. CO<sub>2</sub>eq). Dank der schneller fortschreitenden Elektrifizierung des Bestandes gehen die THG-Emissionen des motorisierten Individualverkehrs bis 2045 schneller zurück als die der Nutzfahrzeuge. Nur der Flugverkehr kann bis 2045 keinen sehr starken Rückgang der THG-Emissionen vorweisen (- 25 Prozent gegenüber 2019). Die folgende Abbildung 29 zeigt die THG-Emissionen im nationalen Verkehr nach Verkehrszweig.

**Abbildung 29: THG-Emissionen nach Verkehrszweig**

nationaler Verkehr, Jahre 2019 bis 2050, in Mt. CO<sub>2</sub>eq



Quelle: eigene Berechnung

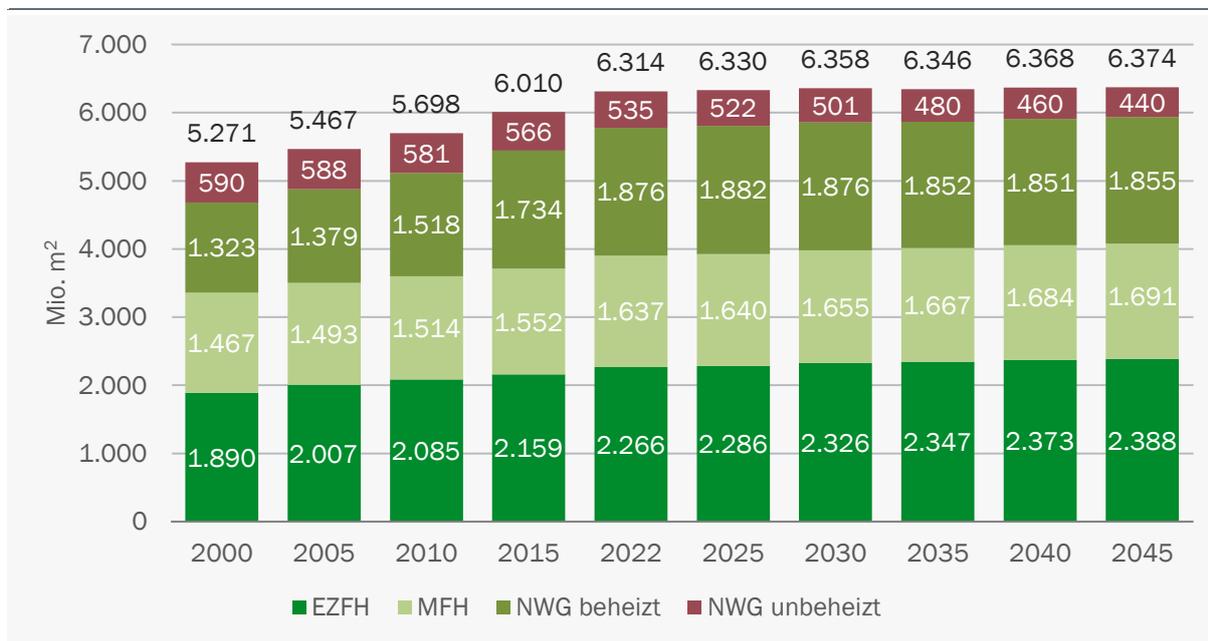
© Prognos 2024

#### 5.2.4 Gebäude (Private Haushalte und GHD)

Der Energieverbrauch und die THG-Emissionen hängen im Gebäudesektor im Wesentlichen mit der Erzeugung von Wärme, insbesondere der Raumwärme zusammen. Der Energieverbrauch für Raumwärme ist stark an die beheizte Gebäudefläche geknüpft. Parallel zur Zunahme der Zahl an Haushalten und Wohnungen nimmt im Szenarienzeitraum die Wohnfläche zu. Im Zeitraum 2022 bis 2045 steigt die Wohnfläche im BAU-Szenario um 5 % (bis 2030: +2 %; Abbildung 30). Die Zunahme der Wohnfläche ist grösser als das Bevölkerungswachstum, die mittlere Pro-Kopf Wohnfläche erhöht sich von knapp 47 m<sup>2</sup> im Jahr 2022 auf 48,2 m<sup>2</sup> in 2045. Bei den Nichtwohngebäuden des GHD-Sektors ist die Entwicklung der Gebäudefläche stark gekoppelt an die Zahl der Erwerbstätigen in den Wirtschaftsbranchen. Im Zeitraum 2022 bis 2045 verringert sich die beheizte Fläche im GHD-Sektor um 1 % (Rückgang bei der Zahl an Erwerbstätigen). Rund 25 % der Gebäudeflächen im GHD-Sektor werden nicht beheizt; diese Flächen haben keine Auswirkung auf den Raumwärmebedarf.

**Abbildung 30: Gebäudefläche nach Gebäudetypen**

in Mio. m<sup>2</sup>, 2000 bis 2045



Flächen GHD inkl. der Flächen der Branchen Landwirtschaft

Quelle: eigene Berechnung Prognos

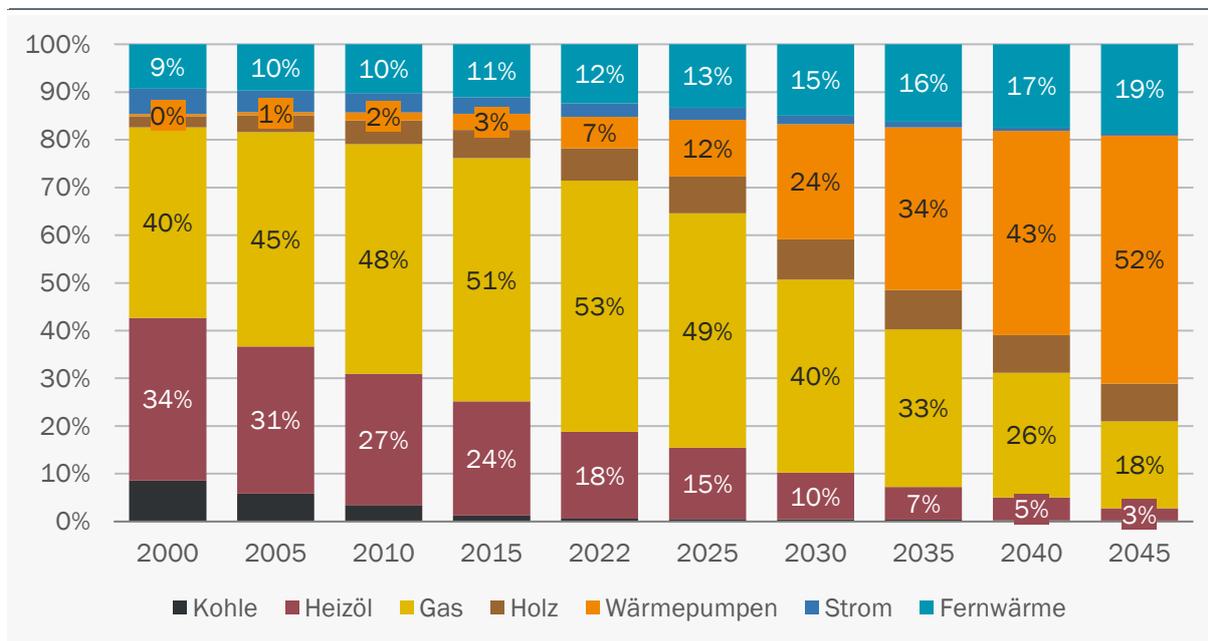
© Prognos 2024

Die Energie- und Klimaschutzinstrumente im BAU-Szenario (s. Kapitel 3.2.3) zielen stark darauf ab, den Raumwärmeverbrauch zu reduzieren (Steigerung der Effizienz) und die dafür eingesetzte Energie zu dekarbonisieren. Sie beeinflussen die Absatzstruktur der Wärmeerzeuger: Der rückläufige Trend beim Heizöl wird verstärkt und auch die Anteile von Gas gehen zurück. Bis zu den Jahren 2025/2026 geschieht dies unter anderem aufgrund der starken Förderung erneuerbarer Wärme, danach insbesondere aufgrund der mit dem novellierten GEG eingeführten EE-Nutzungspflicht. Die Anteile dieser Technologien an den jährlichen Absätzen verringern sich bis 2030 auf noch rund 15-20 %-Punkte (2015: 65–70 %-Punkte).

Da jährlich lediglich rund 3–4 % der Wärmeerzeuger ausgetauscht werden, schlägt sich die Veränderung der Absatzstruktur erst zeitlich verzögert in einer Verschiebung der Beheizungsstruktur im Gebäudebestand nieder (Abbildung 31). Bei den Wohngebäuden verringert sich der Anteil der mit Gas und Heizöl beheizten Flächen von 71 % im Jahr 2022 auf 50 % im Jahr 2030. Im Jahr 2045 liegt der Anteil bei noch 21 %. Gleichzeitig erhöht sich der Anteil der elektrischen Wärmepumpen von rund 7 % auf 52 % (2030: 24 %), während der Anteil der Wärmenetze (Fernwärme) von 12 % auf 19 % steigt. Im Wohngebäudesegment findet der Ausbau der Wärmenetze überwiegend bei Mehrfamilienhäusern statt (vorteilhafteres Verhältnis von Wärmedichte zu Verteilnetzausbau). Bei den Nichtwohngebäuden geht der Anteil der Gas- und Ölheizungen ebenfalls deutlich zurück, während die Anteile der erneuerbaren Wärmesysteme an der Wärmeversorgung bis 2045 stark ansteigen. Die Zahl der betriebenen elektrischen Wärmepumpen für die Erzeugung von Raumwärme steigt von rund 1,5 Million im Jahr 2022 auf 5,6 Millionen im Jahr 2030 und bis 2050 auf über 12 Millionen.

### Abbildung 31: Beheizungsstruktur der Wohnfläche

Anteile der Wärmeerzeuger, 2000 bis 2045



Quelle: eigene Berechnung Prognos

© Prognos 2024

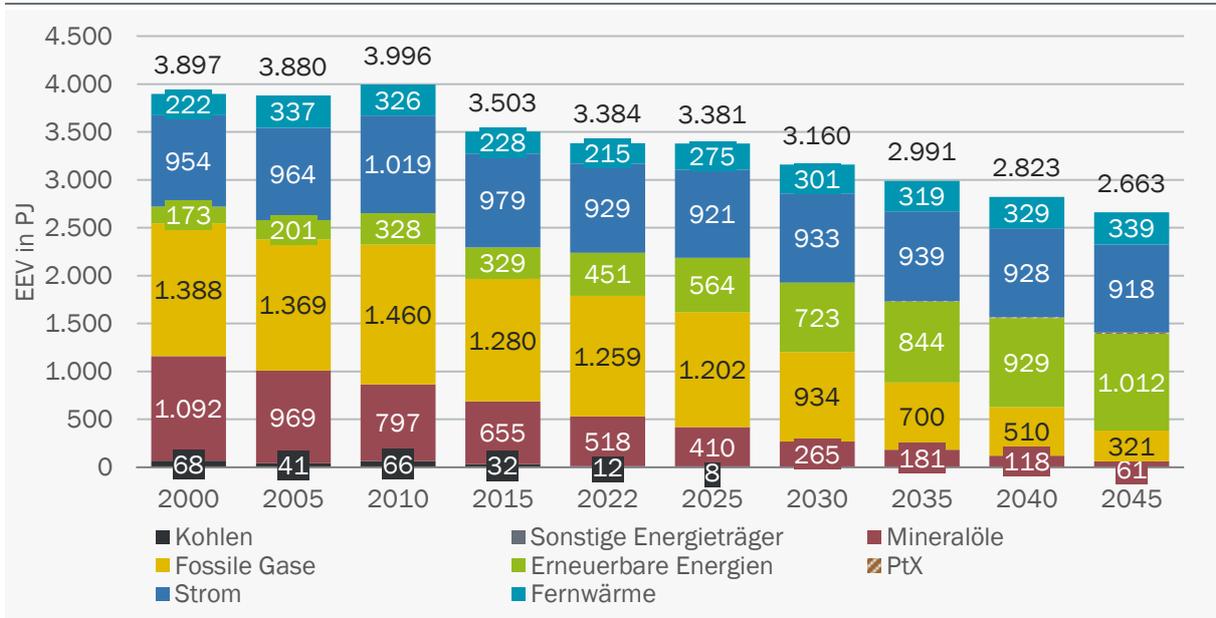
Der Energieverbrauch für Raumwärme verringert sich bis zum Jahr 2030 gegenüber 2022 um 95 PJ (-4 %; Abbildung 34). Der eher geringe Rückgang ist auch darauf zurückzuführen, dass das Jahr 2022 vergleichsweise warm war, während für das Jahr 2030 zwar von der (langsam) fortschreitenden Erwärmung des Klimas, ansonsten jedoch von einer durchschnittlichen Jahreswitterung ausgegangen wird. Bis zum Jahr 2045 sinkt der Raumwärmeverbrauch im Gebäudesektor auf 1.685 PJ (-22 % ggü. 2022, respektive -35 % ggü. 2008). Der Rückgang ist auf effizientere Wärmeerzeuger, energetische Sanierungen sowie den Abgang alter, ineffizienter Gebäude und den Zugang energieeffizienter Neubauten zurückzuführen. Die Sanierungsrate erhöht sich aufgrund der bestehenden und den zusätzlichen Maßnahmen bis zum Jahr 2030 auf rund 1,4, langfristig auf 1,5 % (2022: ca. 1,2 %). Der Verbrauchsrückgang ist auch auf das wärmer werdende Klima zurückzuführen (s. Kapitel 2.4).

Insgesamt verringert sich der Endenergieverbrauch im Gebäudesektor zwischen 2022 und 2030 von 3.384 PJ auf 3.160 PJ (Abbildung 32). Dies entspricht einem mittleren jährlichen Rückgang um 0,8 %. Im Zeitraum 2030 bis 2045 setzt sich der Rückgang mit einer mittleren jährlichen Reduktionsrate von 1,1 % fort. Infolge der Verschiebung der Beheizungsstruktur nimmt die Bedeutung der fossilen Energieträger am Endenergieverbrauch ab. Der Anteil am Endenergieverbrauch des Gebäudesektors verringert sich von 53 % im Jahr 2022 über 38 % in 2030 auf noch 14 % im Jahr 2045. Demgegenüber steigt der Stellenwert der erneuerbaren Energien und Strom an. Trotz der steigenden Bedeutung von Strom, der Anteil am Endenergieverbrauch steigt an von 27 % im Jahr 2022 auf 34 % im Jahr 2045, verändert sich das Niveau des Stromverbrauchs nicht wesentlich und liegt im Mittel der Jahre bei rund 930 PJ (258 TWh). Die zunehmende Effizienz bei Beleuchtung, Elektrogeräten und Antrieben (Motoren) sowie der Ersatz konventioneller Elektroheizungen (u. a. Nachtstromspeicher) kompensieren den Mehrverbrauch durch die elektrischen Wärmepumpen. Der Stromverbrauch der Wärmepumpen im Gebäudesektor steigt bis zum Jahr 2045

auf 245 PJ (68 TWh; 2030: 40 TWh, Verbrauchswerte inkl. Warmwasser-Wärmepumpen, jedoch ohne Großwärmepumpen in Wärmenetzen).

**Abbildung 32: Endenergieverbrauch nach Energieträgern**

in PJ, 2000 bis 2045

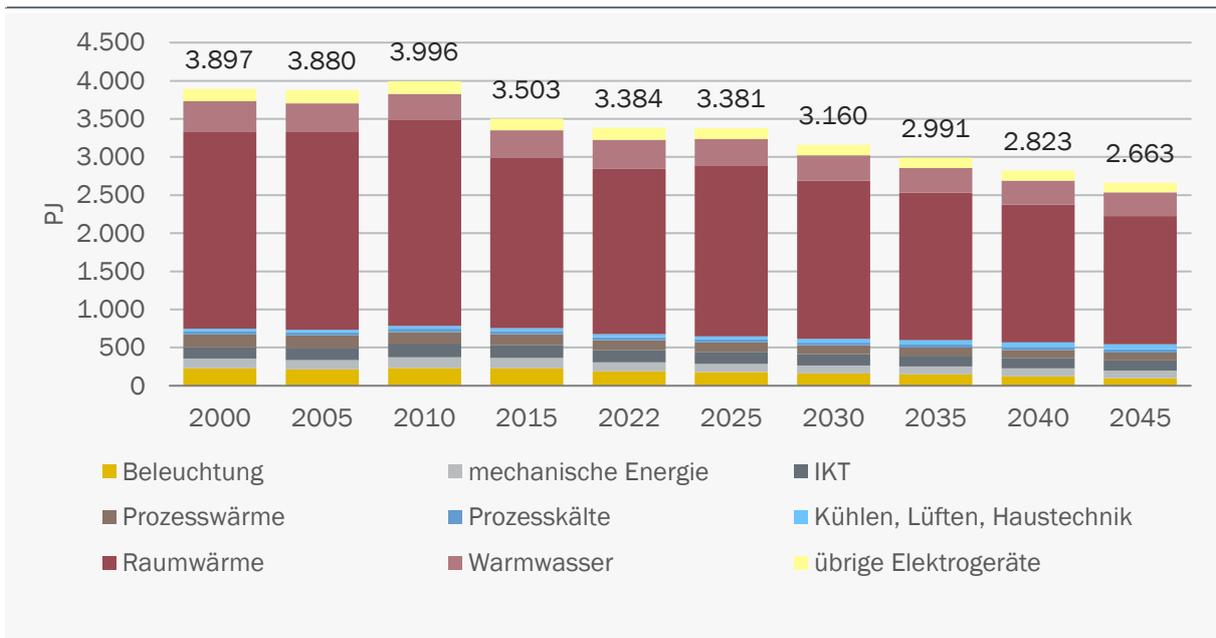


Quelle: eigene Berechnung Prognos

© Prognos 2024

**Abbildung 33: Endenergieverbrauch nach Verwendungszwecken**

in PJ, 2000 bis 2045

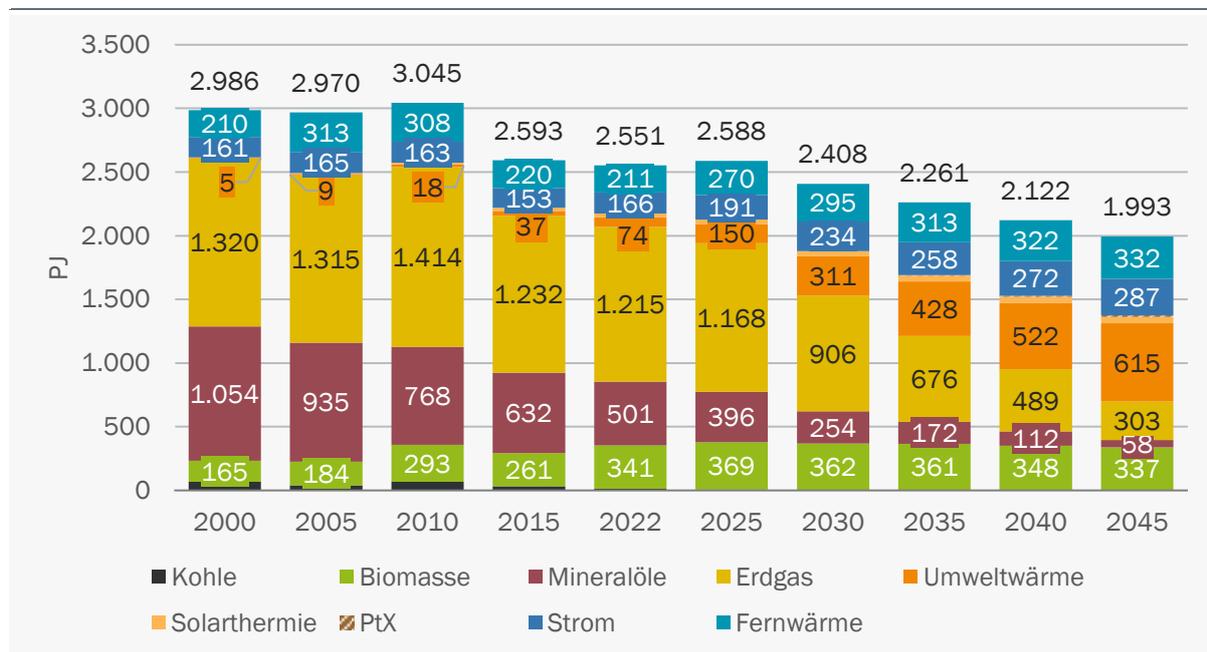


Quelle: eigene Berechnung Prognos

© Prognos 2024

**Abbildung 34: Verbrauch für Raumwärme und Warmwasser im Gebäudesektor**

nach Energieträgern, 2000 bis 2050



Quelle: eigene Berechnung Prognos

© Prognos 2024

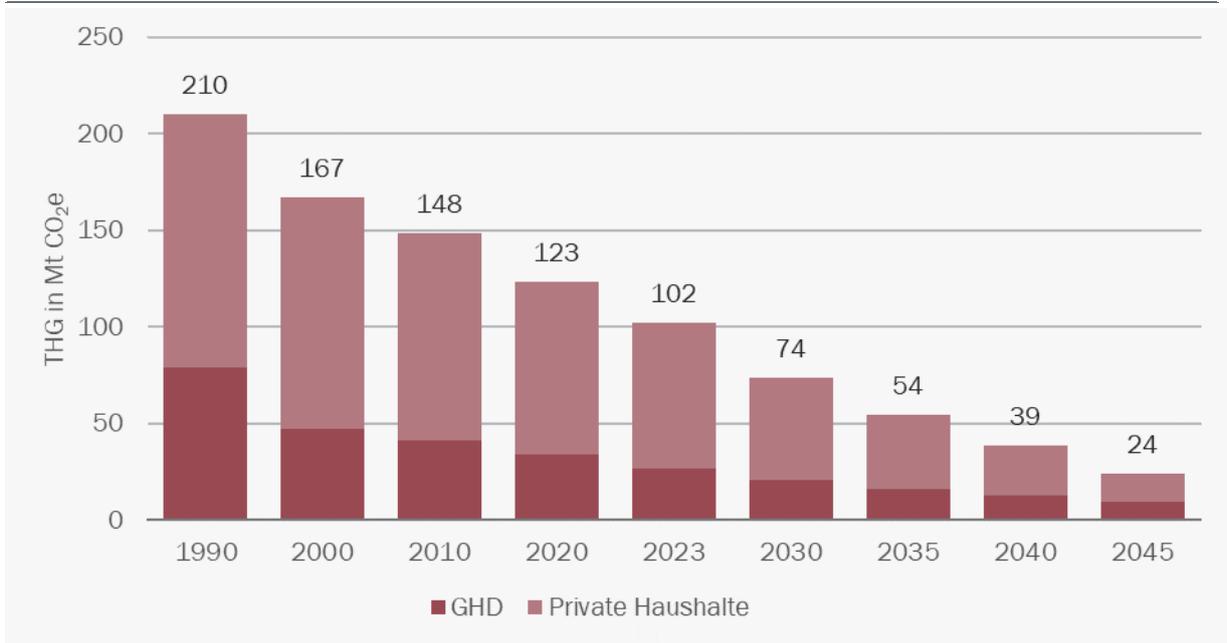
Der Rückgang des Endenergieverbrauchs im Gebäudesektor ist zu großen Teilen auf die Entwicklung des Raumwärmeverbrauchs zurückzuführen (Abbildung 33). Relevante Einsparungen zeigen sich im BAU-Szenario auch beim Warmwasser, der Beleuchtung und den Elektrogeräten. Wachsende Verbräuche zeigen sich im Bereich „Sonstige“ (Stromverbrauch für zusätzliche Elektrogeräte und -anwendungen) sowie beim Verwendungszweck Klima, Lüftung und Haustechnik. Der Anstieg bei letzterem ist hauptsächlich auf das wärmere Klima (mehr Kühlbedarf), die Zunahme von Lüftungsanlagen sowie auch den zunehmenden Anteil von Flächen- bzw. Bodenheizungen zurückzuführen.

Die mit dem Energieverbrauch verbundenen THG-Emissionen im Gebäudesektor reduzieren sich von 102 Mio. t CO<sub>2</sub>eq im Jahr 2023 auf 73,6 Mio. t CO<sub>2</sub>eq im Jahr 2030 (-65 % gegenüber 1990; Abbildung 35). Das aktuelle Ziel im Klimaschutzgesetz vom maximal 66 Mio. t CO<sub>2</sub>eq wird nicht erreicht (Zielverfehlung rund 7,5 Mio. t CO<sub>2</sub>eq). Das Ziel für die im Zeitraum 2021 bis 2030 kumulierten THG-Emissionen wird um rund 56 Mio. t CO<sub>2</sub>eq überschritten.

Bis zum Jahr 2045 verringern sich die THG-Emissionen im BAU-Szenario auf noch 24 Mio. t CO<sub>2</sub>eq. Der Rückgang der THG-Emissionen ist hauptsächlich auf die Reduktion des Raumwärmeverbrauchs und die Dekarbonisierung der Raumwärmeerzeugung zurückzuführen. Eine zentrale Rolle spielt hier nebst den Effizienzmaßnahmen insbesondere die EE-Nutzungspflicht (65%-EE-Anforderung beim Ersatz bzw. Neueinbau) und die damit verbundene Reduktion des Erdgas- und Heizölverbrauchs.

### Abbildung 35: THG-Emissionen im Gebäudesektor

unterteilt nach den Sektoren GHD und Private Haushalte, in Mio. t CO<sub>2</sub>eq, 1990 bis 2045



Quelle: eigene Berechnung Prognos und UBA 2024

© Prognos 2024

---

## 6 Anhang

---

### 6.1 Sektorale Abgrenzungen

Die im Klimaschutzgesetz (KSG) identifizierten Handlungsfelder orientieren sich grundsätzlich an der sektoralen Abgrenzung des Nationalen Inventarberichts zu den THG-Emissionen (NIR). Berücksichtigt werden sowohl Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brenn- und Kraftstoffe als auch nicht-verbrennungsbedingte Emissionen (u.a. Landwirtschaft, industrielle Prozesse). Die Abgrenzung der Sektoren im NIR ist teilweise abweichend von der sektoralen Einteilung in der Energiebilanz, welche die Vorgabe für die Modellierung des Energiesystems bildet. Aus diesem Grund wird nachfolgend die für die Zusammenstellung der sektoralen Maßnahmen-Sets und die Überprüfung der Sektorziele relevante Abgrenzung beschrieben. Als Grundlage dient hauptsächlich die Studie „Sektorale Abgrenzung der deutschen Treibhausgasemissionen mit einem Schwerpunkt auf die verbrennungsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen“ (Öko-Institut 2018).

Die Emissionen des Sektors **Energiewirtschaft** setzen sich zusammen aus den verbrennungsbedingten Emissionen der öffentlichen Strom- und Wärmeerzeugung (CRF 1.A.1.a), den Raffinerien (CRF 1.A.1.b) und den Emissionen des übrigen Umwandlungssektors (CRF 1.A.1.c, u.a. Kokereien und Brikettfabriken). Zusätzlich werden der Energiewirtschaft die Emissionen von Pipeline-Kompressorstationen (CRF 1.A.3.e) sowie die nicht-verbrennungsbedingten Flüchtigen Emissionen (CRF 1.B; von Gas-Pipelines oder Kohlebergwerken) zugerechnet.

Die Emissionen stromerzeugender Industriekraftwerke sind hingegen beim **Industriesektor** subsumiert (CRF 1.A.2.a und 1.A.2.g viii). Ebenfalls der Industrie zugerechnet werden die Emissionen der Wärmeerzeugung im Verarbeitenden Gewerbe (überwiegend CRF 1.A.2 a-f). Darin sind auch die Emissionen des Verbrauchs für Raumwärme und Warmwasser in Industriegebäuden enthalten. Weiter umfassen die Emissionen des Industriesektors im NIR (und im Klimaschutzplan) die Emissionen des bauwirtschaftlichen Verkehrs (CRF 1.A.2.g vii) und die nicht-verbrennungsbedingten Emissionen aus industriellen Prozessen (u.a. Zement und Stahl; CRF 2).

Der **Gebäudesektor** umfasst in der Abgrenzung des Klimaschutzplans die Emissionen der Sektoren Private Haushalte (CRF 1.A.4 b), Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (CRF 1.A.4 a) sowie die verbrennungsbedingten Emissionen des militärischen Bereichs (CRF 1.A.4 c). Im Gegensatz zur Energiebilanz wird der bauwirtschaftliche Verkehr im NIR und im Klimaschutzplan nicht dem GHD-Sektor, sondern dem Industriesektor zugerechnet. Trotzdem enthält der Sektor Gebäude einen geringen Anteil an Emissionen, welcher nicht gebäudebezogen ist. Es sind dies insbesondere die Emissionen aus der Erzeugung von Prozesswärme.

Der **Verkehrssektor** beinhaltet im NIR und im Klimaschutzplan die verbrennungsbedingten Emissionen des Verkehrs insgesamt, ohne den Pipelinetransport (1.A.3 ohne 1.A.3 e). Darin enthalten sind die Emissionen des inländischen Flugverkehrs (1.A.3.a), des Straßenverkehrs (1.A.3.b), des Schienenverkehrs (1.A.3.c) und des inländischen Schiffsverkehrs (1.A.3.d). Nicht dem Verkehrssektor zugerechnet werden wie erwähnt der Pipelinetransport, der bauwirtschaftliche Verkehr, aber auch der Verkehr von Landwirtschaftsmaschinen.

Die Emissionen aus stationären und mobilen Quellen der **Landwirtschaft**, der Forstwirtschaft und der Fischerei (CRF 1.A.4.c) werden im Klimaschutzplan dem Sektor Landwirtschaft zugeordnet. Im NIR und in der Energiebilanz werden diese Verbraucher dem GHD-Sektor zugerechnet. Der Sektor Landwirtschaft umfasst zusätzlich die nicht-verbrennungsbedingten Emissionen der Landwirtschaft (CRF 3).

Die nicht-verbrennungsbedingten Emissionen von Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft werden im Bereich **Land Use, Land Use Change and Forestry** (LULUCF) erfasst (CRF 4).

Der Bereich **Sonstige** (CRF 5) umfasst die Emissionen der Bereiche Abfall und Abwasser.

---

## Quellenverzeichnis

---

AG Energiebilanzen (2023): Bilanzen 1990 bis 2022; Exceltabellen; <https://ag-energiebilanzen.de/daten-und-fakten/bilanzen-1990-bis-2030/?wpv-jahresbereich-bilanz=2021-2030>

BMWK (2023): Klimaschutzprogramm 2023 <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/10/20231004-bundeskabinett-verabschiedet-umfassendes-klimaschutzprogramm-2023.html>

Destatis (2022): 15. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden

EU (2024): Amending Regulation (EU) 2019/1242 as regards strengthening the CO2 emission performance standards for new heavy-duty vehicles and integrating reporting obligations, amending Regulation (EU) 2018/858 and repealing Regulation (EU) 2018/956. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-29-2024-INIT/en/pdf>

EU-COM (2016): Recommended parameters for reporting on GHG projections in 2017 Final, 14/06/2016. 2016. European Commission

IEA (2022): World Energy Outlook 2022; International Energy Agency (IEA) <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022?ref=ctvc.co&language=de>

Prognos (2023): Prognos Economic Outlook, Ergebnisse 2023. <https://www.prognos.com/de/projekt/prognos-economic-outlook-peo>

UBA (2021): Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland, Kurzfassung. CLIMATE CHANGE 26/2021.

UBA (2023): Projektionsbericht 2023 für Deutschland. Erstellt durch Öko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES, Thünen-Institut im Auftrag des UBA. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/projektionsbericht-2023-fuer-deutschland>

UBA (2024): Treibhausgas-Projektionen 2024 – Ergebnisse kompakt, Im Auftrag des UBA, Dessau-Roßlau, März 2024. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/treibhausgas-projektionen-2024-ergebnisse-kompakt>

UBA (2024b): Treibhausgas-Projektionen 2024 für Deutschland - Instrumente, Im Auftrag des UBA, Dessau-Roßlau, Dezember 2023.

UBA (2024c): Emissionsdaten: Emissionsübersichten KAG-Sektoren 1990-2022. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2023\\_03\\_15\\_em\\_entwicklung\\_in\\_d\\_ksg-sektoren\\_pm.xlsx](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2023_03_15_em_entwicklung_in_d_ksg-sektoren_pm.xlsx)