

TREIBHAUSGAS-PROJEKTIONEN FÜR DEUTSCHLAND

Treibhausgas-Projektionen 2024 für Deutschland - Rahmendaten



TREIBHAUSGAS-PROJEKTIONEN FÜR DEUTSCHLAND

KLIFOPLAN des Bundesministeriums für Wirtschaft
und Klimaschutz

Forschungskennzahl 3722 41 511 0
FB001426

Treibhausgas-Projektionen 2024 für Deutschland - Rahmendaten

von

Roman Mendelevitch, Julia Repenning, Felix Chr. Matthes
Öko-Institut e.V., Berlin

Jana Deurer
IREES GmbH, Karlsruhe

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Durchführung der Studie:

Öko-Institut e.V.
Borkumstraße 2
13189 Berlin

Abschlussdatum:

Dezember 2023

Redaktion:

Fachgebiet V 1.2 Strategien und Szenarien zu Klimaschutz und Energie
Karlotta Schultz, Kai Wehnemann

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, März 2024

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen*Autoren.

Kurzbeschreibung: Treibhausgas-Projektionen 2024 für Deutschland - Rahmendaten

Dieses Dokument beinhaltet die übergreifenden Rahmendaten für die Projektionen 2024. Diese umfassen zum einen die demografische und die gesamtwirtschaftliche Entwicklung. Zum anderen werden Energiepreise sowie Preise für Treibhausgas-Emissionszertifikate abgeleitet.

Abstract: Greenhouse gas projections 2024 for Germany – Modelling data

This document comprises overarching modelling data for the projections 2024. These include on the one hand data on the demographic and economic development. On the other hand, energy prices as well as prices for GHG emission certificates are derived.

Dieses Dokument stellt eine Fortschreibung und Ergänzung der Veröffentlichung Mendelevitch et al. (2022) dar. Weite Teile des Textes sind aus dieser Veröffentlichung entnommen. Lediglich dort, wo es inhaltliche Aktualisierungen gab, wurde der Text entsprechend angepasst. Tabellen und Abbildungen sind mit den neuen Rahmendaten und weiteren für die Einordnung verwendeten Daten befüllt, diese gleichen zum Teil jenen aus Mendelevitch et al. (2022).

Der Bearbeitungsstand der Rahmendaten ist von Anfang Dezember 2023.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis.....	7
Abkürzungsverzeichnis.....	8
1 Demografische und gesamtwirtschaftliche Rahmendaten.....	10
1.1 Demografische Entwicklung.....	10
1.2 Gesamtwirtschaftliche Entwicklung.....	12
2 Energiepreisprojektionen.....	15
2.1 Vorbemerkungen.....	15
2.2 Zusammenfassung der als Rahmendaten für die Projektionen 2024 vorgeschlagenen Primärenergiepreise.....	15
2.3 Details zu Preisprojektionen für Rohöl, Steinkohle, Erdgas und Wasserstoff.....	16
2.3.1 Großhandelspreise für Rohöl.....	16
2.3.2 Großhandelspreise für Erdgas.....	18
2.3.3 Großhandelspreise für Steinkohle.....	20
2.3.4 Großhandelspreise für Wasserstoff.....	21
2.4 Weitere Energieträger.....	23
2.4.1 Biomasse.....	23
2.4.2 Fernwärme.....	23
3 Entwicklung der Preise für Treibhausgas-Emissionszertifikate im EU-EHS und CO ₂ -Preise für Verkehr und Wärme sowie für die nicht vom EU-EHS erfassten Emissionen der Industrie.....	25
3.1 Entwicklung der Preise für Treibhausgas-Emissionszertifikate im EU-EHS.....	25
3.2 Entwicklung der CO ₂ -Preise für Verkehr und Wärme sowie für die nicht vom EU-EHS erfassten Emissionen der Industrie.....	27
4 Endenergiepreise: Empfehlungen für Rahmendaten der Projektionen.....	31
5 Wasserstoffimporte: Empfehlungen für Bandbreiten.....	33
6 Quellenverzeichnis.....	34

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Aktuelle Bevölkerungsprojektionen im Vergleich	10
Abbildung 2:	Vergleich verschiedener Projektionen des Bruttoinlandsprodukts.....	14
Abbildung 3:	Preise für Rohöl (Brent) im historischen Trend sowie für ausgewählte Projektionen und Empfehlung für die Projektionen 2024	18
Abbildung 4:	Großhandelspreise Erdgas NWE/THE im historischen Trend sowie für ausgewählte Projektionen und Empfehlung für die Projektionen 2024	20
Abbildung 5:	Großhandelspreise Steinkohle ARA, historische Entwicklung sowie für ausgewählte Projektionen und Empfehlung für die Projektionen 2024	21
Abbildung 6:	Großhandelspreise Wasserstoff, aktuelle Niveauschätzung und Projektionen, sowie Empfehlung für die Projektionen 2024 ...	22
Abbildung 7:	Preise für CO ₂ im EU-EHS sowie nach BEHG, historische Entwicklung sowie für ausgewählte Projektionen und Empfehlung für die Projektionen 2024	26

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Bevölkerungsentwicklung.....	11
Tabelle 2:	Jährliche Wachstumsraten des Bruttoinlandsproduktes für Deutschland in verschiedenen Projektionen für die Jahre 2020- 2050 in Prozent.....	13
Tabelle 3:	Empfehlung für Projektionen 2024 und Vergleich mit Projektionen 2023: Energiepreis-Projektionen für Rohöl, Erdgas und Steinkohle zu Preisen von 2022 (€/MWh Hu), 2023-2050	16
Tabelle 4:	Empfehlung für die Projektionen 2024 und Vergleich mit den Projektionen 2023: Projektion Großhandelspreise Wasserstoff	23
Tabelle 5:	Entwicklung der Preise für Biomethan, Pellets, Scheitholz und Hackschnitzel	23
Tabelle 6:	Entwicklung der Preise für Fernwärme	24
Tabelle 7:	Empfehlung für die Projektionen 2024 und Vergleich mit den Projektionen 2023: Historische Entwicklung und Projektion für den Preis für CO ₂ im EU-EHS.....	27
Tabelle 8:	Empfehlung für die Projektionen 2024 und Vergleich mit den Projektionen 2023: CO ₂ -Preise für Verkehr und Wärme sowie für die nicht vom EU-EHS erfassten Emissionen der Industrie.	29

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BVerfG	Bundesverfassungsgericht
C.A.R.M.E.N.	Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk
CDM	Clean Development Mechanism
CO ₂	Kohlendioxid
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEX	European Energy Exchange
EUA	EU Allowance
EU COM	Europäische Kommission
EU-EHS	EU-Emissionshandelssystem
Hu	unterer Heizwert
JI	Joint Implementation
KTF	Klima- und Transformationsfonds
MMS	Mit-Maßnahmen-Szenario
MSR	Marktstabilitätsreserve
MWMS	Mit-Weiteren-Maßnahmen-Szenario
MWSt	Mehrwertsteuer
NECP	Nationaler Energie- und Klimaplan
nEHS	nationales Emissionshandelssystem
OPEC	Organisation erdölexportierender Länder
StBA	Statistisches Bundesamt
TFZ	Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe
WEO	World Energy Outlook
WSF	Wirtschaftsstabilisierungsfonds

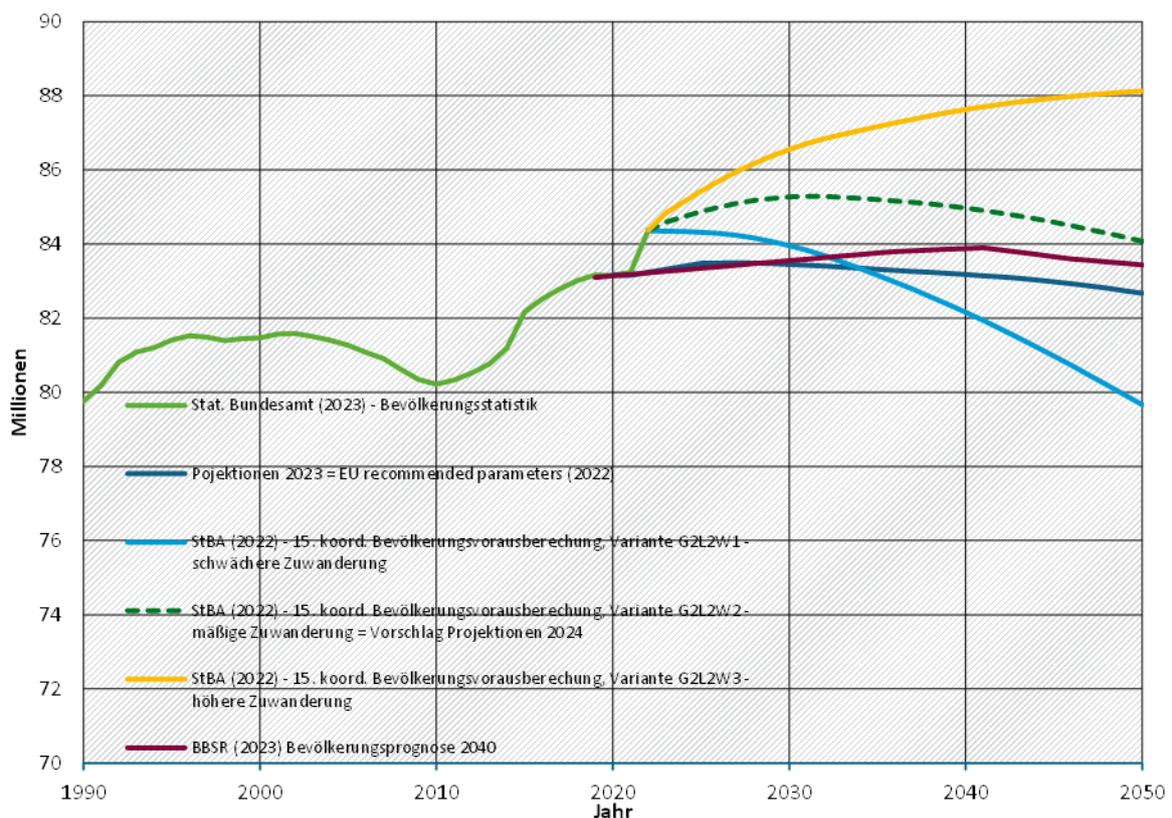
1 Demografische und gesamtwirtschaftliche Rahmendaten

1.1 Demografische Entwicklung

Die demografische Entwicklung ist ein wichtiger Faktor für Treibhausgasprojektionen. Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Bevölkerungsgröße und den Treibhausgasemissionen, z. B. durch die Nutzung von Brennstoffen für Transport- und Heizzwecke.

Dadurch spielen die Annahmen zur Bevölkerungsentwicklung eine wesentliche Rolle für die Schätzungen der künftigen Emissionsentwicklung. In Abbildung 1 sind aktuelle Bevölkerungsprojektionen des Statistischen Bundesamtes (Statistisches Bundesamt 2023a), des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) sowie für die Projektionen 2023 vergleichend dargestellt.

Abbildung 1: Aktuelle Bevölkerungsprojektionen im Vergleich



Quelle: Eigene Darstellung; Mendelevitch et al. (2022); Statistisches Bundesamt (2023a); Statistisches Bundesamt (2023b); European Commission (EC) (2022); Kluth et al. (2023)

Nach Veröffentlichung des Zensus 2011 wurden die Bevölkerungszahlen in der Bevölkerungsstatistik des Statistischen Bundesamts (StBA) nach unten korrigiert (um 1,6 Millionen Personen). Ab 2011 bildet der Zensus 2011 die Grundlage für die Bevölkerungsstatistik des StBA.

Das Statistische Bundesamt hat im Jahr 2022 die 15. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung in mehreren Varianten veröffentlicht. Sie basiert auf dem Bevölkerungsstand vom 31. Dezember 2021. Ihre Annahmen weisen bereits im ersten Vorausberechnungsjahr (2022) eine größere Spannweite als in bisherigen Rechnungen auf, da die Bevölkerungsentwicklung am aktuellen Rand von großen Unsicherheiten gekennzeichnet ist. Sie ist zum einen geprägt durch die Corona-Pandemie, die mit einer Veränderung der

Sterblichkeit, Fertilität und dem Wanderungsgeschehen einherging, sowie ab 2022 durch eine besonders hohe Nettozuwanderung nach Deutschland vor allem infolge des russischen Angriffskriegs gegen die Ukraine.

In Abbildung 1 sind die Varianten 1 bis 3 dargestellt. Sie nehmen einen Anstieg und anschließende Stabilisierung der Geburtenhäufigkeit auf dem Niveau von 1,55 Kinder je Frau und einen moderaten Anstieg der Lebenserwartung bei Geburt bei Jungen auf 84,6 und bei Mädchen auf 88,2 Jahre bis 2070 an. Der Unterschied in diesen drei Varianten liegt im Wanderungssaldo. Variante 1 (Wanderungssaldo W1) geht zwischen 2022 und 2070 von einer durchschnittlichen Nettozuwanderung von 180.000 Personen aus, der Wanderungssaldo in Variante 2 (W2) liegt bei 290.000 Personen pro Jahr und Variante 3 nimmt einen Wanderungssaldo (W3) von 400.000 Personen pro Jahr an.

Die Werte der Varianten 1 bis 3 wurden auf den aktuellen Bevölkerungsstand Ende 2022 skaliert, da die Berechnungen des Statistischen Bundesamtes auf dem Bevölkerungsstand vom 31. Dezember 2021 basieren und innerhalb der Varianten von unterschiedlichen Anstiegen im Wanderungssaldo für das Jahr 2022 ausgegangen wurde.

Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) lässt gegenwärtig eine neue Strategische Langfrist-Verkehrsprognose „Verkehrsprognose 2040“ (VP 2040) erarbeiten. Im Rahmen dieser Verkehrsprognose hat das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) für das BMDV eine räumlich und sachlich differenzierte „Bevölkerungsprognose 2040“ erarbeitet (Kluth et al. 2023). Die „Bevölkerungsprognose 2040“ berücksichtigt auch die langfristigen demografischen Auswirkungen durch Wanderungsbewegungen und durch den Ukraine-Krieg.

Für die Projektionen 2023 wurden die von der EU-Kommission alle zwei Jahre zur Verfügung gestellten „Recommended parameters for reporting on GHG projections in 2023“ (European Commission (EC) 2022) zur Bevölkerungsentwicklung zu Grunde gelegt. Für die Erstellung der Projektionen stellt die EU-Kommission alle zwei Jahre Annahmen unter anderem zur Bevölkerungsentwicklung in den einzelnen Mitgliedstaaten der Europäischen Union zur Verfügung („Recommended parameters for reporting on GHG projections in 2023“ (European Commission (EC) 2022). Die Kerngrößen der Bevölkerungsmodellierung stammen aus den Eurostat-Bevölkerungsvorausschätzungen EUROPOP2019¹ und enthalten aktualisierte Werte für die historischen Daten (2020-2021) aus der jüngsten Veröffentlichung des Eurostat-Bevölkerungsdatensatzes².

Für die Projektionen 2024 wird wegen der Vergleichbarkeit mit zurückliegenden Projektionen die Variante G2-L2-W2 verwendet.

Tabelle 1 gibt einen Überblick zu Bevölkerungsentwicklungen der einzelnen Quellen.

Tabelle 1: Bevölkerungsentwicklung

Quellen	Bevölkerung in Mio.					
	2022	2025	2030	2035	2040	2050
StBA (2022) - Bevölkerungsstatistik	84,4					

¹https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/proj_23n_esms.htm

²https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/proj_19np/default/table?lang=en

Quellen	Bevölkerung in Mio.					
	2022	2023	2024	2025	2026	2027
StBA (2022) - 15. koord. Bevölkerungsvorausberechnung, Variante G2L2W1	84,0	84,0	83,6	82,8	81,8	79,4
StBA (2022) - 15. koord. Bevölkerungsvorausberechnung, Variante G2L2W2	84,2	84,8	85,2	85,1	84,9	84,0
StBA (2022) - 15. koord. Bevölkerungsvorausberechnung, Variante G2L2W3	84,4	85,8	86,8	87,3	87,7	88,2
Projektionen 2023 = EU recommended parameters (2022)	83,2	83,5	83,5	83,3	83,2	82,7
BBSR (2023) Bevölkerungsprognose 2040	83,2	83,3	83,6	83,8	83,9	83,4
Projektionen 2024 ³	84,4	84,9	85,3	85,2	85,0	84,1

Quelle: Eigene Darstellung; Mendelevitch et al. (2022); Statistisches Bundesamt (2023a); Statistisches Bundesamt (2023b); European Commission (EC) (2022)

1.2 Gesamtwirtschaftliche Entwicklung

Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) ist ein Indikator für die Wertschöpfung bei der Herstellung von Gütern und Dienstleistungen. Diese tragen je nach Treibhausgasintensität in unterschiedlichem Maße zu den Treibhausgasemissionen bei. Über die Zeit hat sich das BIP zwar deutlich von der Entwicklung der Treibhausgasemissionen entkoppelt. Dennoch stellt das BIP und die damit verbundene Nutzung fossiler Energien einen Treibhausgastreiber dar, gerade im Bereich des produzierenden Gewerbes. Dieser Zusammenhang wird in den Modellen zur Projektion der Treibhausgasemissionen aufgegriffen, weshalb die Wachstumsrate des BIP, d. h. die Veränderung des BIP über die Zeit, eine wichtige Einflussgröße für die Emissionsentwicklung darstellt.

Folgende Prognosen für das reale BIP für Deutschland sind aktuell (Oktober 2023) verfügbar:

- ▶ Die Herbstprognose der Bundesregierung von Oktober 2023 (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und Bundesministerium der Finanzen (BMF) 2023): In der aktuellen Projektion rechnet die Bundesregierung mit einer Abschwächung des Bruttoinlandsprodukts von -0,4 % im Jahr 2023, ausgelöst unter anderem durch ein Nachwirken der Energiekrise sowie der notwendigen Inflationsbekämpfung der Europäischen Zentralbank. Die Bundesregierung geht aber davon aus, dass die Wirtschaft sich in 2024 mit einem Wachstum um 1,3 % und 2025 um 1,5 % erholt. Begünstigend für den wirtschaftlichen Aufschwung in den kommenden Jahren ist dabei der weitere Rückgang der Inflation, der die Realeinkommen wieder steigen lässt und damit Grundlage für eine binnenwirtschaftliche Belebung ist. In den Jahren 2026 bis 2028 beträgt das prognostizierte Wachstum 0,6 %.
- ▶ Projektion Bundesbank 2023 (Deutsche Bundesbank 2021): Den aktuellen Projektionen der Deutschen Bundesbank zufolge erholt sich die deutsche Wirtschaft nur mühsam von den

³ Die Werte der Variante G2-L2-W2 werden für die Projektionen 2024 auf den aktuellen Bevölkerungsstand Ende 2022 skaliert, da die Berechnungen des Statistischen Bundesamtes auf dem Bevölkerungsstand vom 31. Dezember 2021 basieren und diese Variante von einem Wanderungssaldo im Jahr 2022 von 1,3 Millionen Personen ausgeht (W1 geht von einem Wanderungssaldo von 1,1 Mio. Personen und W3 von 1,5 Millionen Personen aus).

Krisen der vergangenen drei Jahre. Die hohe Inflation schmälert die Kaufkraft der privaten Haushalte. Im Jahr 2023 wird davon ausgegangen, dass die wirtschaftliche Entwicklung sich langsam erholt, aber aufgrund des Rückgangs im vergangenen Winterhalbjahr wird davon ausgegangen, dass das Bruttoinlandsprodukt um 0,3 % schrumpft. In den beiden Folgejahren 2024 und 2025 wird ein Wachstum der Wirtschaft von 1,2 % erwartet.

- ▶ Die Projektionen des Sachverständigenrats zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung 2023) und der Projektgruppe Gemeinschaftsdiagnose des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (Projektgruppe Gemeinschaftsdiagnose 2023) liegen für die Jahre 2024 und 2025 im Rahmen der Herbstprognose der Bundesregierung. Für das Jahr 2023 geht die Projektgruppe von einer stärkeren Abschwächung von -0,6 % aus.
- ▶ Das Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) hat im Rahmen der Strategischen Langfrist-Verkehrsprognose „Verkehrsprognose 2040“ eine räumlich und sachlich tief differenzierte „Wirtschaftsprognose 2040“ (Economics Trends Research (ETR) 2022) erarbeiten lassen. Diese Wirtschaftsprognose fand auch Eingang in die Gleitende Langfrist-Verkehrsprognose, die im Auftrag des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr durchgeführt wurde (Kluth et al. 2023). Die Wirtschaftsprognose prognostiziert einen Anstieg des Bruttoinlandsproduktes in Deutschland von real 1,35 % p. a. bis 2040 und danach 1,26 % p. a.

Die Projektionen 2023 beruhen für die Jahre 2022 bis 2027 auf der Herbstprojektion der Bundesregierung 2022 (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und Bundesministerium der Finanzen (BMF) 2022). Bis zum Jahr 2031 wird angenommen, dass sich die Wachstumsraten auf dem Niveau des Jahres 2027 weiterbewegen. Ab 2032 folgen sie den Wachstumsraten der European Commission (EC) (2022) aus dem Frühjahr 2022.

Für die Projektionen 2024 wird vorgeschlagen, den Wachstumsraten der Herbstprojektion der Bundesregierung bis 2028 zu folgen und für die Folgejahre bis 2050 den Wachstumsraten der European Commission (EC) (2022).

Eine Zusammenschau der verschiedenen Quellen und ihrer Wachstumsraten ist Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2: Jährliche Wachstumsraten des Bruttoinlandsproduktes für Deutschland in verschiedenen Projektionen für die Jahre 2020-2050 in Prozent

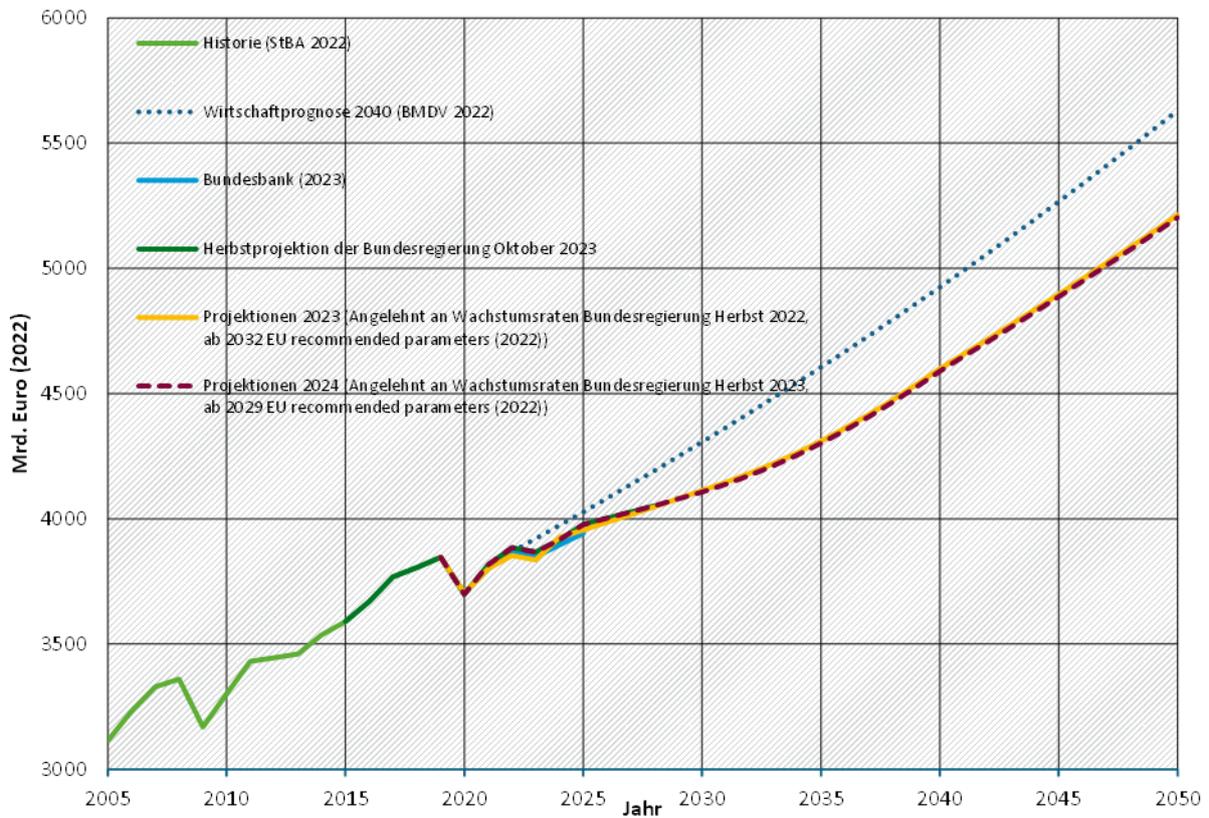
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2030	2035	2040	2045	2050
Historie (StBa 2023)	3,2	1,8											
Bundesregierung Herbstprojektion 2023			-0,4	1,3	1,5	0,6	0,6	0,6					
Bundesbank 2023			-0,5	1,2	1,2								
Sachverständigenrat (03-2023)			0,2	1,3									

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2030	2035	2040	2045	2050
Gemeinschaftsdiagnose (09-2023)			-0,6	1,3	1,5								
Wirtschaftsprognose 2040 (BMDV 2022)	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35		1,35	1,35	1,35	1,26	1,26
EU recommended parameters (2022)	2,9	1,6	2,4	1,6	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7	1,1	1,4	1,3	1,3
Projektionen 2023	2,6	1,4	-0,4	2,3	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1	1,4	1,3	1,3
Projektionen 2024	3,2	1,8	-0,4	1,3	1,5	0,6	0,6	0,6	0,7	1,1	1,4	1,3	1,3

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der oben angegebenen Quellen

Abbildung 2 stellt die historische Entwicklung (schwarze durchgängige Linie) und aktuelle sowie bisherige BIP-Projektionen vergleichend dar. Das für die Projektionen 2024 vorgeschlagene BIP ist in Rot gestrichelt hervorgehoben.

Abbildung 2: Vergleich verschiedener Projektionen des Bruttoinlandsprodukts



Quelle: Eigene Darstellung nach Statistisches Bundesamt (2023c); Deutsche Bundesbank (2021); Mendelevitch et al. (2022); Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und Bundesministerium der Finanzen (BMF) (2023); European Commission (EC) (2022); Deutscher Bundestag (2019)

2 Energiepreisprojektionen

2.1 Vorbemerkungen

Im Vorfeld und insbesondere nach Ausbruch des Angriffskriegs der Russischen Föderation auf die Ukraine am 24.02.2022 war die Situation auf den Brennstoff-Großhandelsmärkten extrem unübersichtlich. Zunächst war nicht klar, ob und bis wann mit einer „Normalisierung“ für die zentralen Indikatoren auf den Brennstoffmärkten zu rechnen ist. Es scheint sich jedoch abzuzeichnen, dass nach einer Phase der extremen Preisanstiege seit Herbst 2022 eine Trendumkehr stattgefunden hat. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass sich einige Preisniveaus gegenüber den Prä-24.02.2022-Niveaus verschieben. Eine Orientierung an den Preisdynamiken der großen Mainstream-Projektionen erscheint weiterhin sinnvoll.

Die Empfehlungen für die als Grundlage für die Projektionen als Rahmenannahmen geltenden Preispfade basieren auf folgenden Grundprinzipien:

- ▶ Möglichst gute Anschlussfähigkeit an aktuell am Markt beobachtete Preistrends. Dies wird insbesondere über Bereitstellung der historischen Daten und die Nutzung von Futures⁴ und Expertenschätzungen sichergestellt.
- ▶ Möglichst gute Konsistenz zwischen den Projektionen einzelner Preistrends für die mittlere bis lange Frist, welche über die Auswahl möglichst desselben für die Dynamiken zu Grunde gelegten Szenarios erfolgt.
- ▶ Plausibilität der Projektionen im Kontext der aktuellen Entwicklungen auf globalen Energieträgermärkten und globalen klimapolitischen Ambitionsniveaus.
- ▶ Um der hohen Dynamik der Energie-, Brennstoff- und CO₂-Zertifikat-Märkte Rechnung zu tragen, werden im Rahmen dieses abgestimmten Papiers das grundlegende Vorgehen und die Auswahl der Orientierungsparameter festgelegt.
- ▶ Die finalen Parameter beruhen auf den zum Erstellungszeitpunkt aktuell vorliegenden Futures und Expertenschätzungen, wie in den entsprechenden Abschnitten ausgewiesen, sowie auf den aus dem World Energy Outlook (WEO) 2023 (International Energy Agency (IEA) 2023) entnommenen langfristigen Trends.

2.2 Zusammenfassung der als Rahmendaten für die Projektionen 2024 vorgeschlagenen Primärenergiepreise

Tabelle 3 fasst die als Rahmendaten für die Projektionen gewählten Energiepreise zusammen und stellt einen Vergleich zu den in den Projektionen 2023 verwendeten Daten her. In den folgenden Texten werden die Abwägungen für die Zusammenstellung der Projektionen dargestellt und die für die Projektionen zugrunde gelegten Herangehensweisen erläutert.

⁴ Für mittelfristige Preisprognosen verwendete, real gehandelte Futures enthalten auch Annahmen zur allgemeinen Entwicklung der Inflation (Kontrakte müssen erst zum Stichtag beglichen werden). Somit müssen Annahmen über die den Futures zugrunde liegenden Inflationserwartungen getroffen werden. Hierfür ist es wichtig, die Inflationsschätzungen konsistent mit den Zeiträumen, für die die Futures erhoben wurden, zu halten. Für eine konsistente Behandlung von Preisen sowie Steuern und Abgaben werden die ermittelten Deflatoren auch für eine Indexierung von Abgaben und Steuern genutzt, um beispielsweise real konstante Steuern in der Modellierung abzubilden.

Für die Primär-, Endenergie- und CO₂-Preisprojektionen wurden für die Jahre bis 2022 die BIP-Deflatoren verwendet, für das Jahr 2023 ein Wert von 5,8 %, 2,6 % für 2024; bis 2027 wurde ein Rückgang auf das Langfristziel von 2 % angenommen, und für den Zeitraum bis 2050 ein Verharren auf diesem Wert unterstellt.

Tabelle 3: Empfehlung für Projektionen 2024 und Vergleich mit Projektionen 2023: Energiepreis-Projektionen für Rohöl, Erdgas und Steinkohle zu Preisen von 2022 (€/MWh Hu), 2023-2050

		Einheit	2023 *	2024	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Empfehlung – Projektionen 2024	Rohöl Brent	EUR(2022)/MWh (NCV)	43,4	39,6	36,5	28,6	27,2	25,9	24,5	23,2
	Steinkohle	EUR(2022)/MWh (NCV)	16,0	15,2	14,4	12,2	11,5	10,8	10,2	9,5
	Erdgas	EUR(2022)/MWh (NCV)	57,7	56,3	48,0	22,8	21,9	20,9	19,9	19,0
Projektionen 2023	Rohöl Brent	EUR(2022)/MWh (NCV)	54,1	46,9	42,0	32,1	31,6	31,1	30,6	30,1
	Steinkohle	EUR(2022)/MWh (NCV)	33,1	27,0	23,8	12,2	11,7	11,3	10,8	10,4
	Erdgas	EUR(2022)/MWh (NCV)	118,0	81,3	58,3	26,7	25,4	24,0	22,7	21,3

Anmerkungen: * Die ausgewiesenen Werte für 2023 werden nicht für die Modellierungen der Projektionen 2024 genutzt, sondern sind hier nur nachrichtlich aufgeführt. Das erste Modellierungsjahr ist 2024.

Quelle: eigene Darstellung.

Historische Daten der jeweiligen Projektionen für Rohöl und Erdgas aus Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) (o. J.b) und Steinkohle aus Intercontinental Exchange (ICE) (2023a).

Alle Angaben sind Grenzübergangs- bzw. nordwesteuropäische Großhandelspreise in €/2022/MWh, bezogen auf den unteren Heizwert.

2.3 Details zu Preisprojektionen für Rohöl, Steinkohle, Erdgas und Wasserstoff

2.3.1 Großhandelspreise für Rohöl

Abbildung 3 zeigt zunächst die historische Entwicklung für die Rohölpreise der Sorte Brent von 1991 bis Mitte 2022. Nach einer Phase relativ niedriger Preise im Verlauf der 1990er Jahre (die u. a. durch den Zusammenbruch der Sowjetunion und anderer ost- und mitteleuropäischer Staaten sowie den entsprechenden Einflussverlust des OPEC-Kartells geprägt waren) ergaben sich nach der Jahrtausendwende erhebliche Preissteigerungen, an die sich nach der Finanz- und Wirtschaftskrise wieder ein Preiszusammenbruch und in den letzten 5 Jahren eine volatile Preissituation anschlossen. Die Jahre 2020 und 2021 waren durch die Sondersituation der weltweiten Covid-19-Pandemie beeinflusst, zunächst durch den Rückgang der Preise auf Grund einer verringerten Nachfrage durch Verringerung der wirtschaftlichen Tätigkeit und des motorisierten Verkehrs (vor allem in 2020) und dann durch einen Preisanstieg (in 2021), der unter anderem auf wirtschaftliche Nachholeffekte zurückzuführen ist. Ab Herbst 2021 zogen die Preise in Europa im Rahmen der sich anbahnenden Energiekrise an und die Markttrends verschärften sich nochmals nach Beginn des Angriffskrieges der Russischen Föderation auf die Ukraine im Februar 2022.

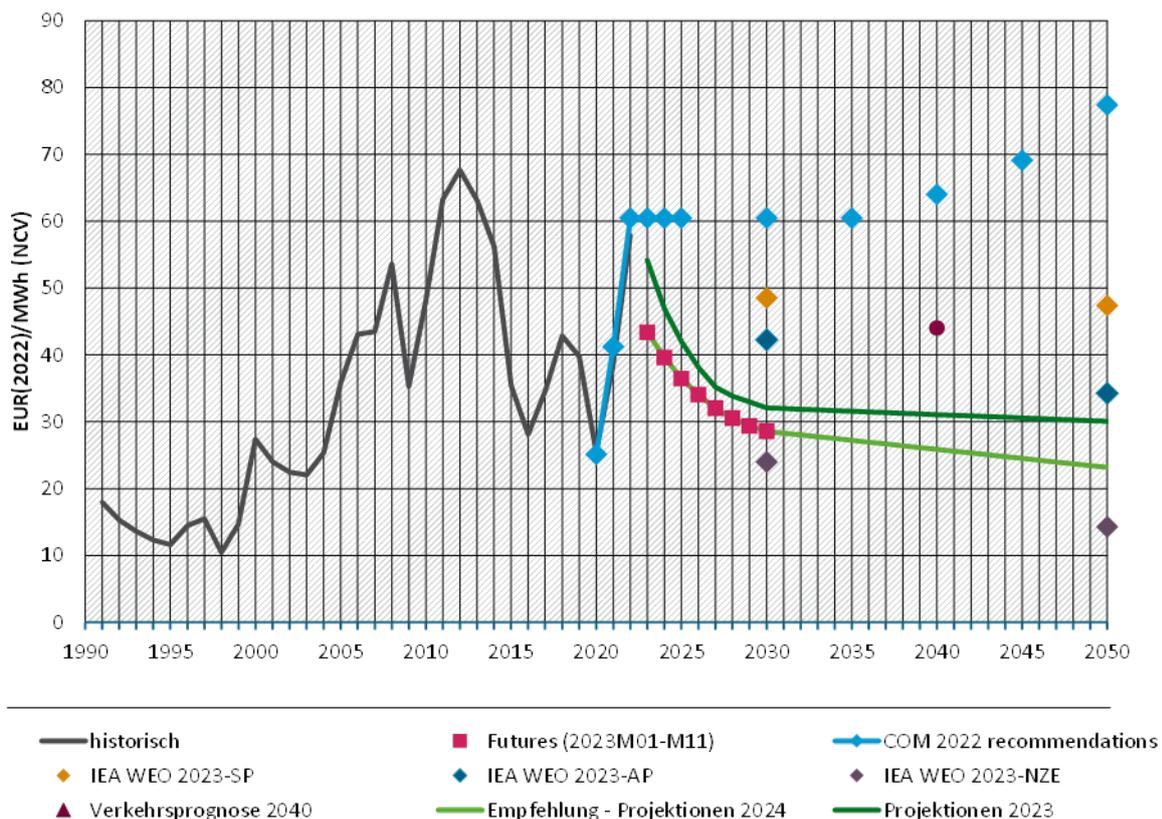
- Seitdem sind die Rohölmärkte von massiven Turbulenzen geprägt. Allerdings liegen die Preise weiterhin in einem Bereich, der auch schon in den Jahren 2011-2013 erreicht wurde.

Futures⁵ für 2023 bis 2030 zeigen einen klaren Backwardation-Trend. Schon bis 2024 deutet sich eine Rückkehr zum Preisniveau, welches sich vor der Covid-19-Pandemie, in 2019, eingestellt hat, an. Die Futures bis zum Jahr 2030 deuten auf ein weiter absinkendes Preisniveau hin, mit Marktpreisen, die zuletzt vor der Finanzkrise beobachtet werden konnten. Dieser Markttrend spiegelt sich nicht in den Empfehlungen der European Commission (EC) (2022) wider, welche bis 2030 ein Verharren auf dem hohen Niveau von 2022 projizieren.

- ▶ Auch für den Zeitraum ab 2030 bis 2050 gibt es eine Divergenz zwischen den Empfehlungen der European Commission (EC) (2022) und den Mainstream-Projektionen des World Energy Outlook 2023 (International Energy Agency (IEA) 2023). Alle WEO 2023-Werte liegen auf einem deutlich niedrigeren Niveau. Alle drei Szenarien des WEO 2023 gehen im Trend von einem Absinken des Rohölpreises aus, während die von der EU COM vorgeschlagenen Werte für Rohölpreise ab 2035 ansteigen. Im Rahmen der „Verkehrsprognose 2040“ wurden auch Annahmen zur möglichen Entwicklung des Rohölpreises getroffen (Kluth et al. 2023). Diese liegen im Trend zwischen den Werten des WEO 2023 SP-Szenarios und dem WEO 2023 AP-Szenario.
- ▶ Aus der Zusammenschau wird abgeleitet, für die Modellierungen die zum Zeitpunkt der Spezifikation der Rahmendaten aktuellen Futures und die aktuelle internationale Projektion des WEO 2023 für die Rohölpreisentwicklung der Sorte Brent zugrunde zu legen. Für die Umsetzung der Projektion werden bis 2030 die Werte entsprechend den aktuellen Futures übernommen. Ab 2030 wird die Dynamik aus dem WEO-2023-AP Szenario übernommen.

⁵ Insbesondere für die Umrechnung von Futures, die in US-Dollar gehandelt werden (Öl und Steinkohle), sind die zugrundeliegenden Annahmen über die Entwicklung der Wechselkurse ebenfalls ein entscheidender Einflussfaktor. Im Zeitraum 2015-2021 schwanken die Wechselkurse im Bereich um 1,14 USD/EUR, im Sommer 2022 wurde jedoch eine Parität zwischen USD und EUR erreicht. Im Mittel lag der Wechselkurs für das Jahr 2022 bei 1,05 USD/EUR. Die Trendumkehr hat sich im ersten Halbjahr 2023 fortgesetzt, so dass der Wechselkurs in diesem Zeitraum 1,09 USD/EUR betrug. Die Futures (<https://www.eurex.com/ex-en/markets/fx/currency-pairs/EUR-USD-Futures-253790>, Abrufe Anfang August 2023) deuten weiterhin auf eine Rückkehr in Richtung 1,14-1,15 USD/EUR hin. Für die Projektionen wurde daher folgendes unterstellt: bis 2022 wurden historische Werte verwendet, für das Jahr 2023 ein Wert von 1,09 USD/EUR angenommen, für 2024 wurden 1,12 USD/EUR und für 2025 wurden 1,13 USD/EUR angenommen. Weiterhin wurde angenommen, dass sich bis zum Jahr 2027 wieder ein Wechselkurs von 1,15 USD/EUR einstellt und dann weiter auf diesem Niveau verbleibt.

Abbildung 3: Preise für Rohöl (Brent) im historischen Trend sowie für ausgewählte Projektionen und Empfehlung für die Projektionen 2024



Quelle: eigene Darstellung basierend auf: historische Preise: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA); Futures: Intercontinental Exchange (ICE) (2023b), Projektionen: European Commission (EC) (2022), International Energy Agency (IEA) (2023).

2.3.2 Großhandelspreise für Erdgas

Für die historische Entwicklung der Erdgaspreise (Abbildung 4) bis zum Jahr 2021 ergibt sich ein strukturell ähnliches Bild wie für die Rohölpreise, auch wenn die Volatilitäten jeweils etwas stärker ausgeprägt sind. Des Weiteren ist die Situation für das Jahr 2020 der krisenbedingten Sondersituation sowie die dadurch und andere Faktoren (Wetter etc.) bedingten Speicherstände der europäischen Erdgasspeicher geschuldet. Ab Sommer 2021, in den Monaten vor der russischen Invasion in die Ukraine, wurden die Erdgaslieferungen nach Mitteleuropa im Vergleich zu den Vorjahren reduziert und die Erdgasspeicher wurden nicht in dem Maße gefüllt wie in den Vorjahren, was zu einem Anstieg der Erdgaspreise seit Herbst 2021 geführt hat. Nach dem Beginn des Angriffskrieges der Russischen Föderation auf die Ukraine im Februar 2022 verschärften sich diese Markttrends, und das weiter verringerte Erdgasangebot führte zu einem Anstieg der Erdgaspreise. Im Verlauf des Jahres 2022 kam es zu einem weiteren Anstieg der Preise. Dieser wurde unter anderem getrieben durch: die Sprengung von North Stream 1 und damit einer weiteren physischen Verknappung der Liefermengen, dem Aufkaufen von zusätzlichen am zentraleuropäischen Markt verfügbaren Mengen für die Befüllung der Erdgasspeicher in Deutschland sowie einer allgemeinen Unsicherheit bezüglich der Entwicklung der Versorgungslage. Letztere bedingten neben hohen Spotpreisen auch sehr hohe Preise für zukünftige Lieferungen in den Future-Märkten.

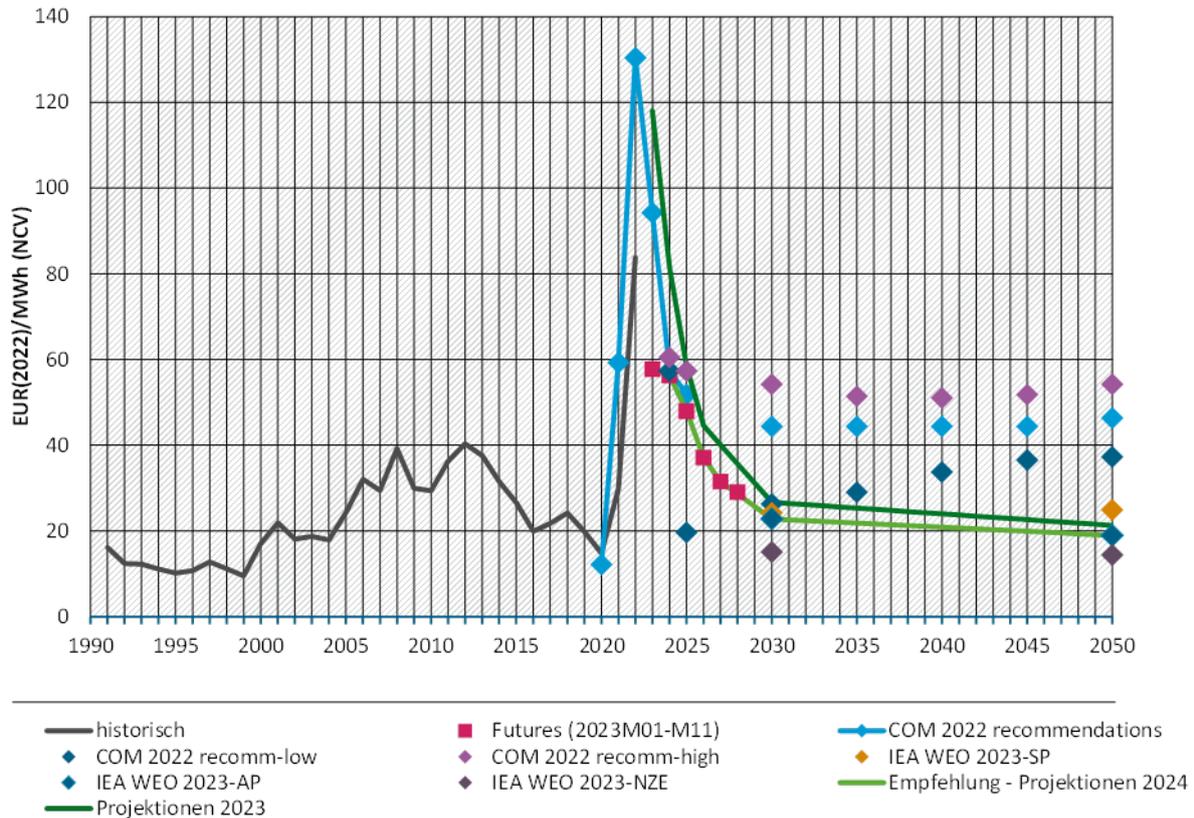
Bereits im Spätherbst 2022, aber spätestens im Frühjahr 2023 hatte sich die Situation deutlich beruhigt: Es ist nicht zu Versorgungsengpässen gekommen, der Aufbau zusätzlicher

Anlandekapazitäten wurde für den Winter 2023/24 über LNG-Regasifizierungsterminals angegangen, die Speicherstände sind über den Winter auf einem hohen Niveau verblieben. Zwar liegen die Preise für 2023 immer noch auf einem Niveau, welches deutlich über den bisherigen Preisspitzen von 2008 und 2012 liegt, die Futures lassen aber einen klaren Backwardation-Trend erkennen, so dass spätestens 2026 die Marke von 40 EUR(2022)/MWh wieder unterschritten wird.

In der Zusammenschau von Futures, Preisprojektionen des WEO 2023 und Empfehlungen der Europäischen Kommission lassen sich folgenden Charakteristika ableiten:

- ▶ Sowohl die Futures der European Energy Exchange (EEX) (2023a) für die Jahre 2023 bis 2027 als auch die Empfehlungen der European Commission (EC) (2022) zeigen einen Backwardation-Trend (absinkender Trend), allerdings fällt dieser in den Futures deutlich stärker aus als in den Projektionen. Während in beiden die Werte für das Jahr 2024 noch relativ nahe beieinander liegen, ist der weitere Rückgang in den Futures deutlich ausgeprägter als in der Kommissionsempfehlung. Die niedrige Variante zeigt wiederum bereits für 2025 Preise, die auf dem vor der Covid-19-Pandemie vorherrschenden Preisniveau liegen. Dagegen liegt der letzte verfügbare Future-Wert für das Jahr 2027 im Vergleich zum Niveau vor der Covid-19-Pandemie noch rund 50 % über diesem Niveau.
- ▶ Die Projektionen für das Jahr 2030 liegen für die niedrige Variante der Empfehlung der European Commission (EC) (2022) und für das WEO-2023-SP- und WEO-2023-AP-Szenario eng zusammen. Die meisten Projektionen nehmen ab 2030 eine Stagnation oder ein Absinken der Preise an. Die Ausnahme bildet das WEO-2023-SP Szenario und die niedrige Variante der Empfehlung der European Commission (EC) (2022), welche im ersten Fall einen leichten und im zweiten Fall einen deutlichen Preisanstieg projiziert. Während die zentrale Projektion der European Commission (EC) (2022) für die Jahre 2030 bis 2045 konstant etwas unter dem Niveau der Futures für 2025 verbleibt, liegen die im WEO-2023 projizierten Niveaus in allen Szenarien deutlich darunter.
- ▶ Insgesamt erscheint die in den Empfehlungen der European Commission (EC) (2022) vorgezeichnete Preis-Trajektorie nach 2025 wenig plausibel. In Richtung 2030 erscheinen Preisniveaus sehr deutlich oberhalb beobachteter Preise vor Drosselung der Erdgaslieferungen durch Russland nur plausibel, wenn mit einer langanhaltenden physischen Knappheit von Erdgas gerechnet wird. Vor dem Hintergrund der von der Bundesregierung und der Europäischen Kommission vorgelegten Maßnahmen und der sich bereits ab Spätherbst 2022 eingestellten Entspannung der Märkte erscheint dies wenig plausibel. Auch der Preisanstieg der niedrigen Variante der Empfehlungen der European Commission (EC) (2022) ist vor dem Hintergrund internationaler Bemühungen für den Klimaschutz und der Diversifizierung der Handelspartner in Zentraleuropa nicht plausibilisierbar und könnte eher durch die Form der Koppelung zwischen Öl- und Gaspreisentwicklung, die in den Projektionen der European Commission (EC) (2022) angenommen wird, bedingt sein.
- ▶ Für die Projektionen 2024 wird daher ein Preispfad empfohlen, der sich bis 2027 an den Futures orientiert. Für das Jahr 2030 wird der Wert des WEO-2023-AP Szenarios (International Energy Agency (IEA) 2023) als Aufsatzpunkt verwendet, zwischen 2027 und 2030 werden die Werte interpoliert. Nach 2030 wird die Dynamik aus dem WEO 2023-AP-Szenario übernommen.

Abbildung 4: Großhandelspreise Erdgas NWE/THE im historischen Trend sowie für ausgewählte Projektionen und Empfehlung für die Projektionen 2024



Quelle: eigene Darstellung basierend auf: historische Preise: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA); Futures: European Energy Exchange (EEX) (2023a), Projektionen: European Commission (EC) (2022), International Energy Agency (IEA) (2023).

2.3.3 Großhandelspreise für Steinkohle

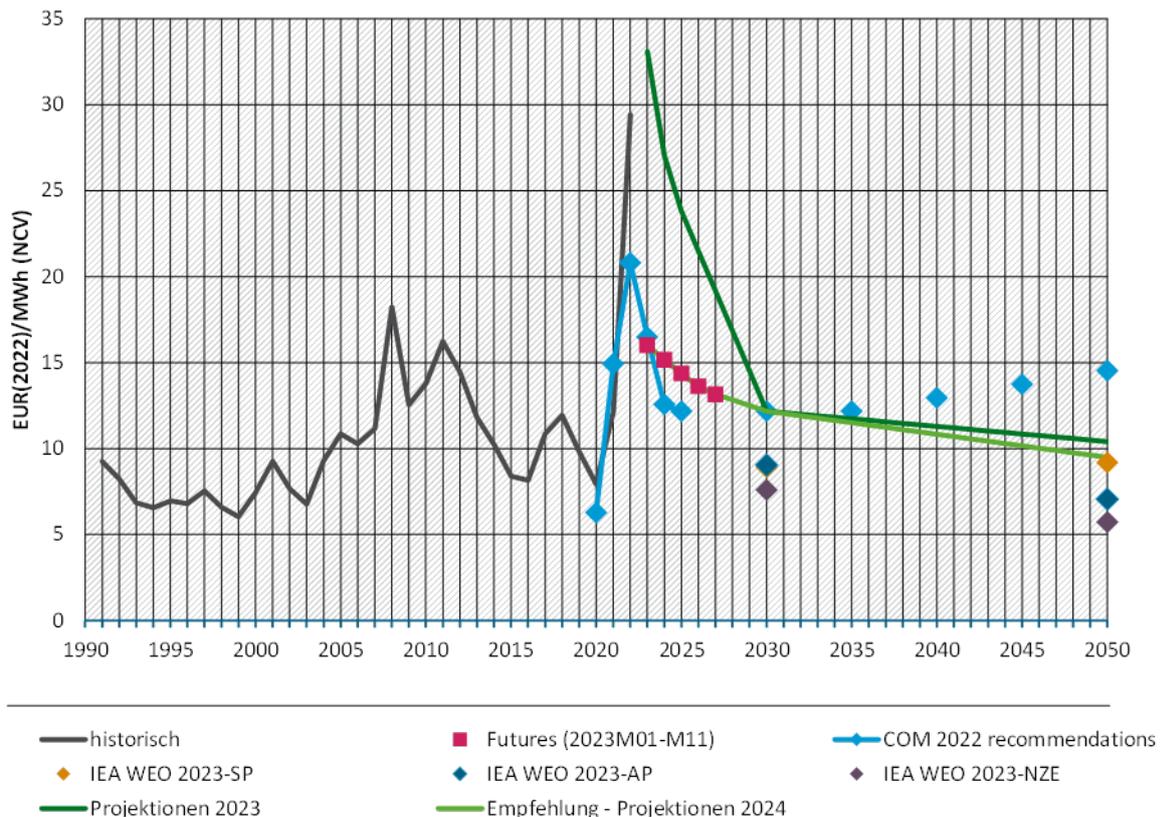
Abbildung 5 ähnelt strukturell der der Rohöl- und Erdgaspreise. Nach den Ausfällen der betrieblichen Produktion aufgrund der Covid-19-Pandemie im Jahr 2020 führte die wirtschaftliche Erholung im Jahr 2021 zu einem starken Anstieg der Kohlenachfrage, insbesondere auch in Indien und China, die zu den größten Kohleimporteuren auf dem Weltmarkt gehören. Dies führte zu einem Anstieg der Kohlepreise im Jahr 2021. Nach Beginn des Angriffskrieges der Russischen Föderation auf die Ukraine im Februar 2022 verschärften sich diese Markttrends, welche im europäischen Raum zusätzlich durch zusätzliche Nachfrage aus Steinkohlekraftwerken zur Substitution von Erzeugung aus erdgasgefeuerten Anlagen getrieben wird. Insgesamt kann die Situation an den Steinkohlemärkten Europas (ähnlich wie bei Erdgas) als sehr turbulent beschrieben werden. Aber auch hier konnte spätestens ab dem Spätherbst 2022 ein Backwardation-Trend beobachtet werden, so dass sich der im Sommer 2022 aus den Futures für 2023 anzunehmende weitere Preisanstieg nicht realisierte. Vielmehr liegt schon 2023 das Preisniveau unterhalb der Spitzenwerte von 2008 und 2011 und nur noch leicht über dem Wert von 2021.

- Für die Jahre bis 2026 zeigen die Futures einen klaren Backwardation-Trend. Wird dieser Trend fortgeschrieben, ergibt sich ein höheres Preisniveau als in den Projektionen des WEO-2023. Für den Zeitraum nach 2030 zeigen die Projektionen des WEO-2023 einen absinkenden Preistrend, der sich mit der Logik einer sinkenden Nachfrage nach Kohle in einer Welt mit klimapolitischen Anstrengungen deckt. Nur im WEO-2023-SP Szenario steigt

der Kohlepreis. Die Preisprojektion der Empfehlungen der European Commission (EC) (2022) zeigt ebenfalls einen Aufwärtstrend, der jedoch deutlich stärker ausgeprägt ist und wenig plausibel erscheint.

- Für die Projektionen 2024 wird daher ein Preisfad empfohlen, der bis 2026 die Futures übernimmt und den vorhandenen Trend bis 2030 auf den Wert der Empfehlungen der European Commission (EC) (2022) fortschreibt. Ab 2030 wird die Dynamik des WEO-2023-AP-Szenarios für den sich ergebenden Aufsatzpunkt übernommen.

Abbildung 5: Großhandelspreise Steinkohle ARA, historische Entwicklung sowie für ausgewählte Projektionen und Empfehlung für die Projektionen 2024



Quelle: eigene Darstellung basierend auf: historische Preise: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) (o. J.a) bis 2018; ab 2019 und Futures eigene Berechnungen basierend auf Intercontinental Exchange (ICE) (2023a), Projektionen: European Commission (EC) (2022), International Energy Agency (IEA) (2023).

2.3.4 Großhandelspreise für Wasserstoff

Eine Abschätzung der Großhandelspreise für Wasserstoff kann auf Grund der technologischen und regulatorischen Unsicherheit und eines fehlenden liquiden Marktes nur als erste indikative Näherung betrachtet werden. Für eine Abschätzung des Aufkommens und der sich ergebenden Preise müssen Produktionskosten im In- und Ausland sowie Transportkosten berücksichtigt werden. Für den Langstrecken-Antransport spielen die Transportkosten (ggf. inkl. Konversion/Rekonversion) eine wichtige Rolle. Eine große Bandbreite von Entwicklungen kann als plausibel eingeschätzt werden.

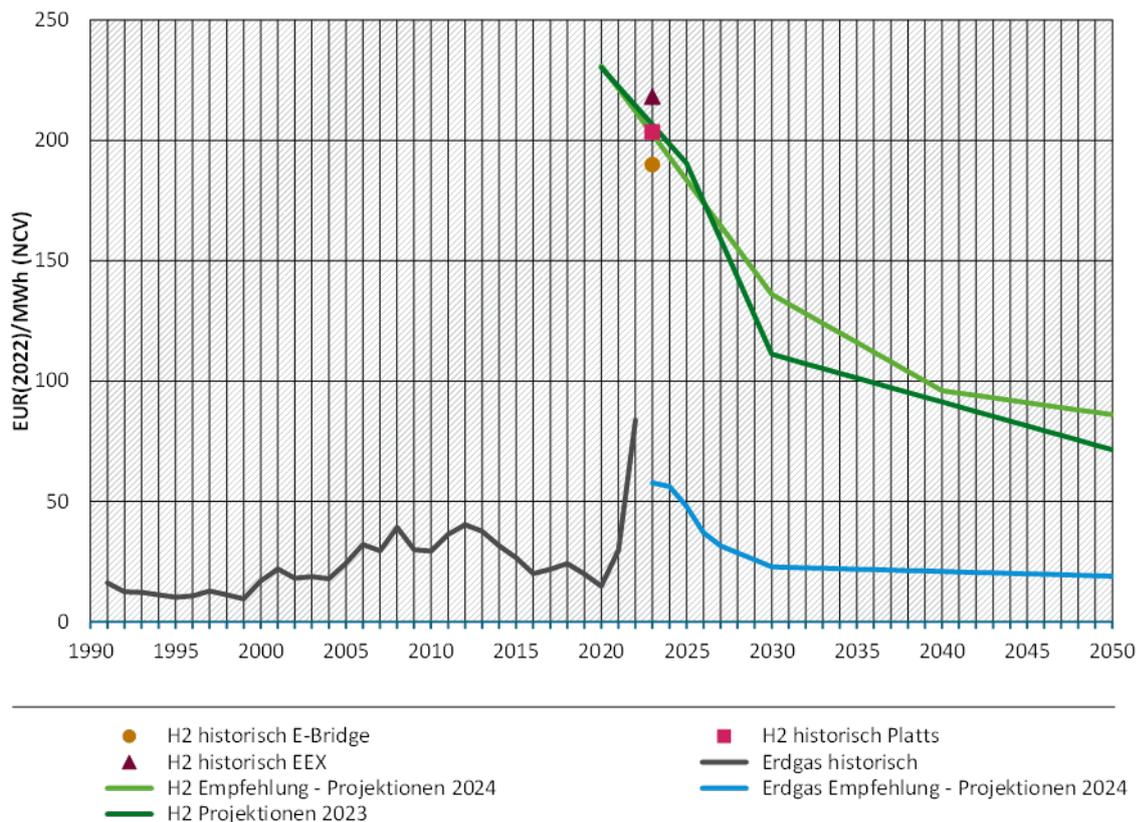
Aufgrund der einerseits vorliegenden großen Unsicherheit bezüglich zukünftiger Preisentwicklungen und der andererseits kontrovers diskutierten Rolle von Wasserstoff für die Dekarbonisierung einzelner Sektoren wird empfohlen, auf einen Preisfad zurückzugreifen, der in einem breiten Konsens zwischen Vertreterinnen*Vertretern sehr unterschiedlicher

Interessengruppen im Nationalen Wasserstoffrat erarbeitet wurde. Mit der Bottom-Up-Studie zur Dekarbonisierung des Wärmesektors im Auftrag des Nationalen Wasserstoffrats (Thomsen et al. 2022) liegen drei abgestimmte Preispfade vor, von denen allerdings nur die Pfade „Günstig“ und „Hoch“ veröffentlicht wurden, der dritte, mittlere Pfad ist nicht in der Publikation enthalten.

Um die Nachvollziehbarkeit und Robustheit der Projektion zu gewährleisten, wird der Mittelwert aus den veröffentlichten Preispfaden genutzt. Die jeweils ausgewiesenen Preise für Haushalte enthalten Aufschläge für die Bereitstellung in Höhe von 1,9 ct/kWh Hu. Für die Berechnung der Großhandelspreise wurden diese von den ausgewiesenen Werten abgezogen.

Erste Marktdaten für den deutschen/nordwesteuropäischen Markt sind von den Anbietern E-Bridge, Platts und EEX für das Jahr 2023 verfügbar. Wie in Abbildung 6 ersichtlich, weisen die Preisangaben aus den drei Quellen eine erhebliche Bandbreite auf. Der für die Projektionen 2024 vorgesehene Wert für das Jahr 2023 fügt sich in die Bandbreite und stimmt in etwa mit der Einschätzung von Platts überein. Im Jahr 2023 kann noch nicht von einem liquiden Markt ausgegangen werden, so dass die Marktpreise nur bedingt aussagekräftig sind. Mit zunehmendem Wasserstoffhochlauf werden zukünftig auch liquide Märkte entstehen.

Abbildung 6: Großhandelspreise Wasserstoff, aktuelle Niveauschätzung und Projektionen, sowie Empfehlung für die Projektionen 2024



Quelle: eigene Darstellung basierend auf eigenen Daten und Daten aus Thomsen et al. (2022).

Tabelle 4: Empfehlung für die Projektionen 2024 und Vergleich mit den Projektionen 2023: Projektion Großhandelspreise Wasserstoff

	Einheit	2023	2024	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Empfehlung - Projektionen 2024	EUR(2022)/MWh (NCV)	202,5	193,0	183,5	136,0	116,0	96,0	91,0	86,0
Projektionen 2023	EUR(2022)/MWh (NCV)	206,4	198,5	190,6	111,2	101,2	91,3	81,4	71,5

Quelle: eigene Darstellung basierend auf Thomsen et al. (2022) sowie eigenen Berechnungen.

2.4 Weitere Energieträger

Im Folgenden werden weitere Energieträger aufgeführt, bei denen Annahmen zu Energieträgerpreisen getroffen wurden. Über diese Angaben hinaus wurden Preise für weitere Energieträger für die Projektionen 2024 nicht angepasst und sind im Vergleich zum Projektionsbericht 2023 und 2021 unverändert.

2.4.1 Biomasse

Für die Modellierung im Gebäudesektor werden neben den Preisen für fossile Brennstoffe und Strom auch Endverbraucherpreise für unterschiedliche Biomasse-Formen benötigt. Die Preisprognosen werden auf Basis realer Preisinformationen des Basisjahrs und ggf. darüber hinaus erstellt. Die statistischen Preise für Holzpellets, Hackschnitzel und Scheitholz entstammen dem Centralen Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk (C.A.R.M.E.N) (Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk (C.A.R.M.E.N.) 2023b, 2023a) sowie dem Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ) 2023). Die Preisinformationen für Biomethan entstammen Deutsche Energie Agentur (dena) (2023).

Die Entwicklung der Preise nach einzelnen Produkten wird dann an die Entwicklung des Preises für Erdgas gekoppelt.

Tabelle 5: Entwicklung der Preise für Biomethan, Pellets, Scheitholz und Hackschnitzel

Energieträger	Einheit	2022	2025	2030	2035	2040	2045
Holzpellets	ct ₂₀₂₂ /kWh	10,78	7,45	5,55	5,44	5,33	5,22
Scheitholz	ct ₂₀₂₂ /kWh	9,52	9,58	7,15	7,00	6,86	6,72
Hackschnitzel WG 35	ct ₂₀₂₂ /kWh	3,06	2,77	2,07	2,02	1,98	1,94
Hackschnitzel WG 20	ct ₂₀₂₂ /kWh	3,90	3,47	2,59	2,53	2,48	2,43
Biomethan	ct ₂₀₂₂ /kWh	21,60	19,07	14,22	13,93	13,65	13,38

Quelle: Eigene Berechnungen

2.4.2 Fernwärme

Neben Biomasse ist auch Fernwärme im Gebäudesektor relevant. Die Endverbraucherpreise für Fernwärme werden anteilig an die Entwicklung der Preise für Kohle, Erdgas, Biomasse und

Strom gekoppelt. Bis 2045 wird von einem steigenden Anteil für Strom und Biomasse ausgegangen, der Anteil von Erdgas ist rückläufig, Kohle spielt ab 2038 keine Rolle mehr.

Basis sind die statistischen Preise aus den Energiedaten des BMWK (2022a).

Tabelle 6: Entwicklung der Preise für Fernwärme

Einheit	2022	2025	2030	2035	2040	2045
ct ₂₀₂₂ /kWh	10,82	10,41	9,32	9,25	9,62	9,80

Quelle: Eigene Berechnungen

3 Entwicklung der Preise für Treibhausgas-Emissionszertifikate im EU-EHS und CO₂-Preise für Verkehr und Wärme sowie für die nicht vom EU-EHS erfassten Emissionen der Industrie

3.1 Entwicklung der Preise für Treibhausgas-Emissionszertifikate im EU-EHS

Die Preise für Emissionsberechtigungen des Europäischen Emissionshandelssystems für Treibhausgase (EU-EHS) sind neben den Preisen für Brennstoffe und andere Energieträger eine wesentliche Determinante für die Emissionsentwicklungen in den Bereichen Energiewirtschaft und Industrie. Die Preisentwicklung im EU-EHS seit 2005 ist in Abbildung 7 dargestellt. In den von einem Überangebot an Zertifikaten geprägten Jahren 2012 bis 2017 bewegten sich die Preise auf einem Niveau von unter 10 EUR(2022)/EUA.⁶ Ab 2018 zeigten die Maßnahmen zur Reduktion des Überangebots Wirkung, so dass die Preise wieder durch die Brennstoffwechselkosten im kontinentaleuropäischen Strommarkt erklärt werden können. Die Preise bewegten sich zunächst in einer Spanne von 15-30 EUR(2022)/EUA, seit Herbst 2020 folgte ein starker Anstieg bis auf etwa 60 EUR(2022)/EUA im Herbst 2021. Dieser lässt sich auf den Beschluss zum EU-Klimagesetz zurückführen, welches das Ziel der Klimaneutralität für 2050 rechtlich verbindlich vorschreibt. Bis Herbst 2022 stieg der Preis auf über 80 EUR(2022)/EUA an, was auf die im „Fit-for-55“ Paket vorgesehenen weiteren Maßnahmen zurückzuführen ist (Cludius et al. 2022).

Für die zukünftige Preisentwicklung im EU-EHS sind die im Rahmen des Fit-For-55-Pakets der Europäischen Union beschlossenen Reformen entscheidend. Diese umfassen unter anderem eine Verschärfung des Reduktionsziels auf 62 % bis 2030 (vorher waren es 43 %), eine Stärkung der Marktstabilitätsreserve sowie eine Reform der freien Zuteilung (EU 2023; für eine Übersicht über die Reformen im Detail siehe auch Gores et al. 2023). Zusammen mit dem Fit-For-55-Paket der Europäischen Union ist der Anstieg des Erdgaspreises eine wichtige Triebkraft für den Preis der Zertifikate. Eine Umstellung von Erdgas auf kohlenstoffintensivere fossile Brennstoffe (wie Heizöl für Heizzwecke und Kohle für die Stromerzeugung) führt zu einem Anstieg der Nachfrage nach Zertifikaten in Anlagen, die unter das EU-EHS fallen, und damit zu höheren Preisen.

Insgesamt ist festzuhalten, dass eine Abschätzung der Entwicklung der CO₂-Preise im EU-EHS auf Grund des großen Einflusses regulatorischer Eingriffe, eines wenig liquiden Marktes in Richtung 2030 und fehlender Märkte nach 2030 mit großen Unsicherheiten behaftet ist. Deshalb wird, wo möglich, auf Expertenschätzungen oder international anerkannte Projektionen zurückgegriffen.

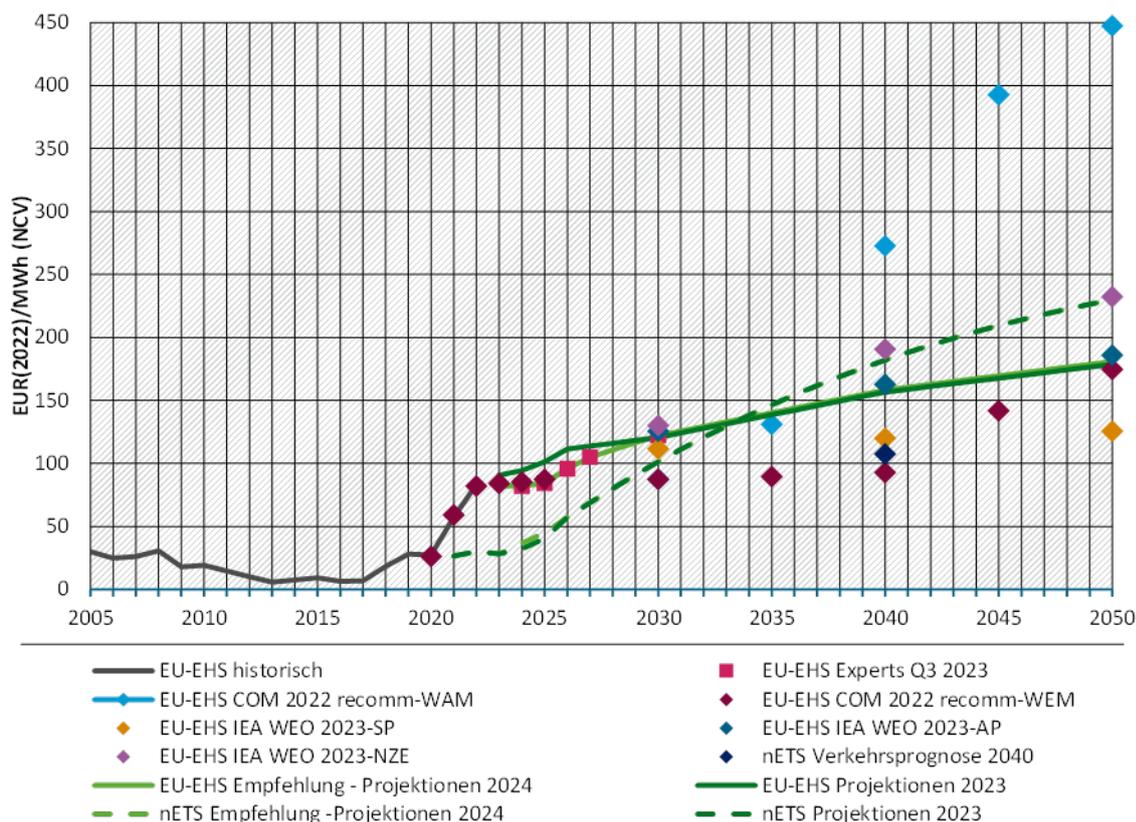
- ▶ In diesem Zusammenhang zeigen die Expertenschätzungen der größten Handelshäuser im Mittel für die 2020er Jahre einen klaren Contango-Trend (Carbon Pulse 2023). Bereits bis 2026 steigt der Preis auf 112 EUR(2022)/EUA an, danach jedoch nur noch geringfügig auf 126 EUR(2022)/EUA. Für 2030 liegt der Expertenwert über der Empfehlung der European Commission (EC) (2022) und dem WEO-2023-SP-Szenario, auf dem Niveau des WEO-2023-

⁶ Diese Phase ist durch ein Überangebot an Zertifikaten gekennzeichnet, welches durch mehrere Faktoren hervorgerufen wurde: Das Zulassen von CDM- und JI-Zertifikaten führte zu einem De-facto-Anstieg des Emissionsbudgets. Gleichzeitig fiel die Nachfrage geringer als erwartet aus, da die industrielle Produktion auf Grund von Finanz- und Wirtschaftskrise ab 2008 zurückging (und damit auch die hiermit verbundenen Emissionen und entsprechende Nachfrage nach Zertifikaten) und sich danach langsam erholte. Ab 2014 wurden angebotsseitige Maßnahmen durchgeführt, um das Überangebot zu verringern. Zunächst wurden im Zeitraum 2014-2016 insgesamt 900 Mio. Zertifikate aus dem Markt entnommen und sollten zunächst im Jahr 2020 in den Markt zurückgeführt werden. Kurz darauf wurde mit der Marktstabilitätsreserve (MSR) ein regelbasierter Mechanismus für das Management des Angebots eingeführt (Zaklan et al. 2021).

AP (durch Überlagerung nicht in Abbildung zu erkennen), jedoch leicht unterhalb des NZE-Szenarios. Das Verharren auf niedrigem Niveau bis 2040 in der Empfehlung der European Commission (EC) (2022) scheint wenig plausibel und ist nicht mit einer Fortschreibung des Experten-Trends gedeckt. Für 2050 liegen die Werte des WEO-2023-AP-Szenarios und die der Empfehlungen der European Commission (EC) (2022) recht nahe beieinander. Dagegen sind die Werte der WAM-Empfehlung der European Commission (EC) (2022) nicht mit dem starken Klimaschutz-Szenario WEO-2023-NZE kongruent.⁷

- Für die Projektionen 2024 wird daher ein Preispfad empfohlen, der bis 2030 die Experten-Empfehlung übernimmt. Ab 2030 wird die Dynamik des WEO-2023-AP-Szenarios für den sich ergebenden Aufsatzpunkt übernommen. Dieses bildet laut Szenariobeschreibung bereits das Fit-for-55-Paket sowie Teile des REPowerEU Plans ab (International Energy Agency (IEA) 2023).

Abbildung 7: Preise für CO₂ im EU-EHS sowie nach BEHG, historische Entwicklung sowie für ausgewählte Projektionen und Empfehlung für die Projektionen 2024



Quelle: eigene Darstellung basierend auf: historische Preise: European Energy Exchange (EEX), Projektion 2024-2030: Carbon Pulse (2023); Projektionen 2030-2050: European Commission (EC) (2022), International Energy Agency (IEA) (2023).

⁷ Letzteres ist wohl auf die verwendete Methodik und die Unterschiede zwischen WEM- und WAM-Ansatz zurückzuführen. Im Begleitdokument heißt es dazu: "Table 3 shows the trajectory of the carbon price of the existing ETS in its current scope (power, industry, centralised heat and aviation sectors) up to 2030, corresponding to the legally binding -55% climate target context and considering the central trajectory for international fuel prices. For long-term values beyond 2030, Table 3 shows two trajectories: a trajectory based on the EU Reference Scenario 2020 for the EU ETS carbon price in "WEM" scenarios, and an indicative carbon value trajectory across the economy to reaching the EU climate neutrality for national ("WAM") scenarios. The indicative post-2030 "WAM" trajectory is a modelling driver to reach the EU 2050 climate neutrality in the FF55 package analysis. It is acknowledged that national analyses projecting economy-wide GHG emissions compatible with the EU 2050 climate neutrality objective may provide a different carbon value trajectory." Somit handelt es sich beim WAM-Szenario um ein Zielszenario, in dem kein explizit definierter Politikmix modelliert wird und die berichteten Werte die CO₂-Schattenpreise darstellen.

- Eine Unterscheidung zwischen MMS und MWMS-CO₂-Preisfad wird nicht als zielführend erachtet. In den Projektionen 2024 soll insbesondere die Treibhausgaswirkung nationaler Maßnahmen abgebildet werden. Bei unterschiedlichen CO₂-Preispfaden würden sich die Wirkungen überlagern und wären nicht mehr klar zuordenbar darzustellen. Somit wird nur der oben beschriebene und in Tabelle 7 dargestellte CO₂-Preisfad im EU-EHS verwendet.

Tabelle 7: Empfehlung für die Projektionen 2024 und Vergleich mit den Projektionen 2023: Historische Entwicklung und Projektion für den Preis für CO₂ im EU-EHS

		2023 [*]	2024	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Empfehlung - Projektionen 2024	EUR(2022)/EUA	82,0	81,9	84,2	122,1	140,2	158,3	169,6	180,9
Projektionen 2023	EUR(2022)/EUA	90,8	94,3	101,2	120,6	138,6	156,6	167,6	178,6

Anmerkungen: * Die ausgewiesenen Werte für 2023 werden nicht für die Modellierungen der Projektionen 2024 genutzt, sondern sind hier nur nachrichtlich aufgeführt. Das erste Modellierungsjahr ist 2024.

Quelle: eigene Darstellung basierend auf: historische Preise und Futures: European Energy Exchange (EEX) (2023b), Carbon Pulse (2023), International Energy Agency (IEA) (2023).

3.2 Entwicklung der CO₂-Preise für Verkehr und Wärme sowie für die nicht vom EU-EHS erfassten Emissionen der Industrie

Mit dem Klimaschutzprogramm 2030 wurde im Jahr 2021 erstmals eine Bepreisung von CO₂ in den Sektoren Wärme und Verkehr eingeführt. Ziel ist es, einen Anreiz in diesen Sektoren für den Umstieg von emissionsintensiveren auf klimaschonendere Techniken wie beispielsweise den Einsatz von Wärmepumpen und Elektromobilität, mehr Energieeffizienz und die Nutzung erneuerbarer Energieträger zu setzen. In einem nationalen Emissionshandelssystem (nEHS) werden die Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brenn- und Kraftstoffe erfasst. Das nEHS setzt auf den vorgelagerten Handelsebenen an, bei den Unternehmen, die Brenn- und Kraftstoffe in Verkehr bringen („Upstream-EHS“). Die rechtliche Umsetzung ist mit der Verabschiedung des Brennstoff-Emissionshandelsgesetzes (BEHG) erfolgt.

Am 18. Dezember 2019 empfahl der Vermittlungsausschuss zwischen Bundestag und Bundesrat einige Ergänzungen bzw. Änderungen am Klimaschutzprogramm 2030, die unter anderem den CO₂-Preis in der Einführungsphase des nEHS betreffen und die am 19.12.2019 vom Bundestag angenommen wurden (Deutscher Bundestag 2019). Durch ein vom Bundestag am 8. Oktober 2020 beschlossenes Änderungsgesetz zum BEHG werden Festpreise in der Einführungsphase des nEHS (2021-2025) nach Inkrafttreten des Gesetzes erhöht (Deutscher Bundestag 03.11.2020). Im Rahmen des 3. Entlastungspakets hat der Bundesrat eine Novelle des BEHG verabschiedet, welche den vormals geplanten Anstieg des CO₂-Preises vorübergehend verlangsamt (Bundesregierung 2022b). Konkret werden die für 2023 und 2024 geplanten Erhöhungen auf die Jahre 2024 und 2025 verschoben. Das Haushaltsfinanzierungsgesetz, dessen Entwurf das Bundeskabinett am 16.08.2023 beschlossen hat und welches am 11.09.2023 in den Bundestag eingebracht wurde, sieht wiederum eine Anhebung der Festpreise für die Jahre 2024 und 2025 auf 40 €/t bzw. 50 €/t CO₂ vor (Bundesregierung 2023)⁸. Der für das Jahr 2026 geplante Mechanismus mit einem Preiskorridor, einem Mindestpreis von 55 €/t CO₂ und einem Höchstpreis von 65 €/t CO₂, wird beibehalten.

⁸ Zum 01.12.2023 lag noch kein diesbezüglicher Beschluss des Bundestages vor.

Ab 2027 geht der nEHS in ein marktbasierendes Instrument über. Das bedeutet, dass Zertifikate am Markt unter freier Preisbildung auktioniert werden mit bindendem, ambitioniertem Cap – entsprechend der gängigen Praxis im EU-Emissionshandel.

Darüber hinaus wurde im Koalitionsvertrag vereinbart, den nEHS in ein dann vorliegendes EU-weites System zu überführen. Dieses System wird der nun auf EU-Ebene verabschiedete und ab 2027 einzuführende EU-EHS-2 darstellen. Allerdings fehlen hierzu konkrete Regelungsvorschläge, die eine Berücksichtigung im Rahmen des MMS oder des MWMS rechtfertigen würden. Zu den zu adressierenden Problemstellungen gehört, dass der Scope des nEHS weiter gefasst ist als der des EU-EHS-2. Weiterhin ist das Cap im EU-EHS-2 weniger ambitioniert als im nEHS, so dass eine einfache Überführung eine Zielverfehlung der Klimaschutzziele für 2030 nach sich ziehen würde. Auf Grund der fehlenden Festlegungen nehmen wir für die Projektionen 2024 an, dass der Verpflichtetenkreis und die Preisniveaus auch nach 2027 weiter Bestand haben.

Da derzeit nicht absehbar ist, wie sich ohne einen Preiskorridor die Preise am Markt entwickeln, wurden für die Projektionen die gleichen Annahmen hinsichtlich des Preispfades getroffen wie für die Berechnung des MMS-Szenarios im Projekt „Politiksznarien X“ (Repenning et al. 2021), wobei diese um die neuen Beschlüsse des Bundestags und den Kabinettsentwurf zum Haushaltsfinanzierungsgesetz angepasst werden:

- ▶ Bis 2025 wird für die Projektionen 2024 der aktuelle Preispfad des Kabinettsentwurfs des Haushaltsfinanzierungsgesetzes verwendet. Im Jahr 2026 wird das obere Ende der Preisspanne (65 €/t) angenommen. Ab 2027 wird sich der CO₂-Preis am Markt bilden, sofern im Jahr 2025 keine Höchst- bzw. Mindestpreise vereinbart werden. Für die Zeit ab 2027 wird angenommen, dass der Preis jährlich um 15 €/t (nominal) ansteigt und im Jahr 2040 275 €/t CO₂ beträgt. Dies ist ein deutlich höherer Wert, als er beispielsweise in der „Verkehrsprognose 2040“ mit umgerechnet rund 162 €/t (nominal) angenommen wurde (Kluth et al. 2023).
- ▶ Für den Zeitraum nach 2040 liegen aus dem zuvor zugrunde gelegten Szenario keine Werte vor. Es wird ein weiterer jährlicher Anstieg des nominalen Preises von 15 € unterstellt.
- ▶ Die nominalen Werte werden für die Projektionen aufgrund unbekannter Regelung zum Inflationsausgleich an reale Preise angepasst und sind in Tabelle 8 dargestellt.
- ▶ Der in Tabelle 8 dargestellte Preispfad kommt sowohl im MMS als auch im MWMS zur Anwendung.

Der Anwendungsbereich des nEHS überschneidet sich stark mit dem ab 2027 auf europäischer Ebene einzuführenden EU-EHS 2. Wie die beiden Systeme in Deutschland miteinander verbunden werden bzw. wie und ob das nEHS mit Einführung des EU-EHS-2 reformiert wird, ist zum Abschneidezeitpunkt nicht geklärt. Daher wird für die Modellierung angenommen, dass das nEHS mit seinem Geltungsbereich und den abgeschätzten Preisniveaus erhalten bleibt.

Tabelle 8: Empfehlung für die Projektionen 2024 und Vergleich mit den Projektionen 2023: CO₂-Preise für Verkehr und Wärme sowie für die nicht vom EU-EHS erfassten Emissionen der Industrie

Jahr	CO ₂ -Preis (nEHS-Preis)			
	Projektionen 2024 €/t (nominal)	Projektionen 2023 €/t (nominal)	Projektionen 2024 € ₂₀₂₂ /t (real)	Projektionen 2023 € ₂₀₁₉ /t (real)
2021*	25	25	26	24
2022*	30	30	30	27
2023*	30	30	28	27
2024	40	35	37	30
2025	50	45	45	38
2026	65	65	57	54
2027	80	80	69	65
2028	95	95	80	75
2029	110	110	91	85
2030	125	125	101	95
2031	140	140	111	104
2032	155	155	121	113
2033	170	170	130	122
2034	185	185	138	130
2035	200	200	146	137
2036	215	215	154	145
2037	230	230	162	152
2038	245	245	169	158
2039	260	260	176	165
2040	275	275	182	171
2041	290	290	188	176
2042	305	305	194	182
2043	320	320	199	187
2044	335	335	205	192
2045	350	350	209	196
2046	365	365	214	201

Jahr	CO₂-Preis (nEHS-Preis)			
2047	380	380	218	205
2048	395	395	222	209
2049	410	410	226	212
2050	425	425	230	216

Anmerkungen: * Die ausgewiesenen Werte für 2021-2023 werden nicht für die Modellierungen der Projektionen 2024 genutzt, sondern sind hier nur nachrichtlich aufgeführt. Das erste Modellierungsjahr ist 2024.

Quelle: eigene Darstellung Öko-Institut mit Daten für nominale Werte für die Jahre 2021 bis 2023 aus Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2022b) und 2024 und 2025 aus Bundesregierung (2023).

4 Endenergiepreise: Empfehlungen für Rahmendaten der Projektionen

Die für die Projektionen berücksichtigten Maßnahmen und Eingriffe sind im Weiteren kurz aufgeführt und spezifiziert. Weitere Änderungen im Bereich der Abgaben und Umlagen werden nicht berücksichtigt, da diese, wenn überhaupt, vom Umfang und der Ausgestaltung noch zu unkonkret vorliegen.

- ▶ Wegfall der EEG-Umlage: Im Rahmen des 1. Entlastungspakets wurde die EEG-Umlage ab 01.07.2022 abgeschafft (Bundesregierung 2022a).
- ▶ Zuschuss zu Strom-Netzentgelten aus EEG-Konto: Die gestiegenen Redispatch-, Netzreserve- und Regelenenergiekosten werden über einen Zuschuss ausgeglichen⁹, so dass sie strukturell (inflationsbereinigt) konstant bleiben.¹⁰
- ▶ Anstieg der Strom-Netzentgelte: in den Projektionen 2024 wird insgesamt ein Anstieg der Netznutzungsentgelte auf Grund des notwendigen Ausbaus der Netzinfrastruktur angenommen. Abgeleitet aus den TN-45-Szenarien der Langfristszenarien 3-Vorgaben (Sensfuß et al. 2022) wurde ein struktureller Anstieg der Entgelte um 21 % (ggü. 2022) bis 2030, um 33 % bis 2035 und um 36 % bis 2040 und ein Verharren auf diesem Niveau nach 2040 unterstellt.
- ▶ Für andere Netzentgelte (bspw. Erdgas und Mineralölprodukte) wird angenommen, dass sie strukturell konstant bleiben.
- ▶ Absenkung der MWSt auf Erdgas auf 7 % von Oktober 2022 bis inklusive Februar 2024.

Es sei darauf hingewiesen, dass viele Energie- und andere Steuersätze aktuell als feste Aufschläge definiert sind und somit bei gleichzeitig hoher Inflation, wie sie für dieses und die nächsten Jahre zu erwarten ist, und ohne weitere Eingriffe - bspw. eine Inflationsindexierung - real absinken.

Um die Auswirkungen des Angriffskriegs Russlands auf die Ukraine auf die Endenergiepreise abzufedern, sind von der Bundesregierung umfangreiche Maßnahmen auf den Weg gebracht worden. Insbesondere sind hier die sogenannte „Strompreisbremse“ und „Gaspreisbremse“ zu nennen. Beide Instrumente laufen Ende 2023 aus. Die Instrumente sind so angelegt, dass trotz des staatlichen Eingriffs und der entsprechenden Entlastung durch die Eingriffe weder Einsatz-/Verbrauchs- noch Investitionsanreize verzerrt werden, sondern diese weiterhin auf den vorliegenden (unkompensierten) Preissignalen beruhen. Auch auf der Aufkommenseite der „Strompreisbremse“ werden lediglich Überschusserlöse abgeschöpft, es wird aber nicht in den Preisbildungsmechanismus selbst eingegriffen.

⁹ Im Rahmen der Gesetzgebung zu Strom-, Gas- und Wärmepreisbremsen will die Bundesregierung die Übertragungsnetzentgelte im Jahr 2023 durch einen Zuschuss in Höhe von 12,84 Milliarden Euro auf dem Niveau des Jahres 2022 stabilisieren Bundesregierung 2022c.

¹⁰ Das Bundesverfassungsgericht (BVerfG) hat mit Urteil vom 15.11.2023 (Az. 2 BvF 1/22) das Zweite Nachtragshaushaltsgesetz 2021 für nichtig erklärt. Davon betroffen sind Mittel aus dem Klima- und Transformationsfonds (KTF) und dem Wirtschaftsstabilisierungsfonds (WSF). Die Fonds finanzieren zahlreiche Energie- und Klimaschutzmaßnahmen. Ebenso sollte beispielsweise der Zuschuss zu den Netzentgelten aus diesen finanziert werden. Mit Stand 01.12.2023 ist dieser für 2024 nicht gesichert. Die Auswirkungen des Urteils sowie eventuelle dadurch bedingte neue Maßnahmen oder resultierende Änderungen bei bestehenden oder geplanten Maßnahmen können hier nicht berücksichtigt werden.

- ▶ Sonderfaktoren wie LKW-Maut oder Wärmepumpen-Tarife werden in den einzelnen Sektoren parametrisiert und nicht zentral vorgegeben.

5 Wasserstoffimporte: Empfehlungen für Bandbreiten

Die Projektionen 2024 sind auch wesentlicher Input in den finalen aktualisierten Nationalen Energie- und Klimaplan (NECP), den Deutschland im Juni 2024 an die Europäische Kommission berichten muss. Im NECP müssen Erneuerbare-Energien-Anteile gemäß der Methodik der EU-Richtlinie für erneuerbare Energien berichtet werden. Zu diesem Zweck müssen Anteile von grünem Wasserstoff bzw. -derivaten an den Importen von Wasserstoff angenommen werden. Da in allen zu berichtenden Sektoren Wasserstoff eine Rolle spielt, werden die Anteile nur berechnet, wenn diese grünen Importanteile bei Wasserstoff hinterlegt sind.

Die Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie wurde Ende Juli 2023 vom Kabinett verabschiedet. Dabei wurde die Importstrategie noch ausgeklammert. Aus der Nationalen Wasserstoffstrategie lässt sich der Importanteil des Wasserstoffs insgesamt ableiten, aber nicht, wie hoch der Anteil grünen Wasserstoffs bzw. -derivate daran ist. Dieser Anteil könnte Teil der angekündigten Wasserstoffimportstrategie sein.

Aus der Modellierung der Projektionen 2024 werden die Importanteile des Wasserstoffs und der Wasserstoffderivate an sich je Sektor vorliegen. Dabei lässt sich jedoch nicht der Anteil des grünen Wasserstoffs bzw. der -derivate daran bestimmen, bzw. es ist nicht absehbar, in welchem Umfang auch Mengen von nicht-grünem Wasserstoff im Zeitraum bis 2050 importiert werden.

Um die im NECP geforderten Angaben zu den Erneuerbaren-Anteilen dennoch abbilden zu können, werden zwei Extremvarianten zu den Importanteilen von grünem Wasserstoff erstellt, um so über die gesamte Bandbreite der EE-Anteile zu informieren:

- ▶ Einmal mit der Annahme von 0 % grünem Anteil an Wasserstoff- und -derivate-Import über den gesamten Zeitraum
- ▶ Einmal mit der Annahme von 100 % grünem Anteil an Wasserstoff- und -derivate-Import über den gesamten Zeitraum

Die beiden Extremvarianten spannen lediglich den theoretischen Möglichkeitsraum auf. Der tatsächliche künftige Anteil wird innerhalb dieses Raumes liegen.

6 Quellenverzeichnis

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) (o. J.a): Drittlandskohlepreis (bis 31.12.2018). Drittlandskohlebezüge und durchschnittliche Preise frei deutsche Grenze für Kraftwerkssteinkohle. Online verfügbar unter

https://www.bafa.de/DE/Energie/Rohstoffe/Drittlandskohlepreis/drittlandskohlepreis_node.html, zuletzt geprüft am 15.08.2023.

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) (o. J.b): Erdgasstatistik. Entwicklung der Grenzübergangpreise ab 1999. Online verfügbar unter

https://www.bafa.de/DE/Energie/Rohstoffe/Erdgasstatistik/erdgas_node.html, zuletzt geprüft am 15.08.2023.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2022a): Energiedaten: Gesamtausgabe. Energiedaten und -szenarien. Online verfügbar unter

<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energiedaten-gesamtausgabe.html>, zuletzt geprüft am 15.08.2023.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2022b): Habeck: „Wir gehen beim CO₂-Preis bedachter vor und entlasten private Haushalte und Unternehmen“. Online verfügbar unter

<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/10/20221028-habeck-wir-gehen-beim-co2-preis-bedachter-vor-und-entlasten-private-haushalte-und-unternehmen.html>, zuletzt geprüft am 15.08.2023.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK); Bundesministerium der Finanzen (BMF) (2022): Gesamtwirtschaftliches Produktionspotenzial und Konjunkturkomponenten. Datengrundlagen und Ergebnisse der Schätzungen der Bundesregierung. Stand: Herbstprojektion der Bundesregierung vom 12. Oktober 2022. Online verfügbar unter

https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/G/gesamtwirtschaftliches-produktionspotenzial-herbstprojektion-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=1, zuletzt geprüft am 15.08.2023.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK); Bundesministerium der Finanzen (BMF) (2023): Gesamtwirtschaftliches Produktionspotenzial und Konjunkturkomponenten. Datengrundlagen und Ergebnisse der Schätzungen der Bundesregierung. Stand: Frühjahrsprojektion der Bundesregierung vom 26. April 2023. Online verfügbar unter

https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/G/gesamtwirtschaftliches-produktionspotenzial-fruehjahrsprojektion-2023.pdf?__blob=publicationFile&v=4, zuletzt geprüft am 15.08.2023.

Bundesregierung (Hg.) (2022a): EEG-Umlage fällt weg: Stromkunden werden entlastet. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/eeg-umlage-faellt-weg-2011728>, zuletzt geprüft am 15.08.2023.

Bundesregierung (2022b): CO₂-Preis für alle fossilen Brennstoffe. Änderungen im Emissionshandelsgesetz.

Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/co2-preis-kohle-abfallbrennstoffe-2061622>, zuletzt geprüft am 15.08.2023.

Bundesregierung (2022c): Preisbremsen für Strom, Gas und Wärme | Bundesregierung. Online verfügbar unter

<https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/gesetzesvorhaben/energiepreisbremsen-2145728>, zuletzt aktualisiert am 21.09.2023, zuletzt geprüft am 21.09.2023.

Bundesregierung (2023): Entwurf eines Haushaltsfinanzierungsgesetzes. Gesetzentwurf der Bundesregierung.

Online verfügbar unter <https://dserver.bundestag.de/btd/20/082/2008298.pdf>.

Carbon Pulse (2023): UKA & EUA POLL: Analysts slash UKA forecasts while leaving outlook for EUAs unchanged.

Online verfügbar unter <https://carbon-pulse.com/215065/>, zuletzt geprüft am 15.08.2023.

Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk (C.A.R.M.E.N.) (2023a): Marktpreise Hackschnitzel. Preisentwicklung bei Waldhackschnitzeln. Online verfügbar unter <https://www.carmen->

ev.de/service/marktueberblick/marktpreise-energieholz/marktpreise-hackschnitzel/, zuletzt geprüft am 15.08.2023.

Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk (C.A.R.M.E.N.) (2023b): Marktpreise Pellets. Preisentwicklung bei Holzpellets. Online verfügbar unter <https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick/marktpreise-energieholz/marktpreise-pellets/>, zuletzt geprüft am 15.08.2023.

Cludius, Johanna; Galster, Hannah; Healy, Sean; Noka, Viktoria; Lam, Long (2022): The role of financial operators in the ETS market and the incidence of their activities in determining the allowances' price. Hg. v. European Parliament (EP). Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies. Online verfügbar unter [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2022/740053/IPOL_ATA\(2022\)740053_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2022/740053/IPOL_ATA(2022)740053_EN.pdf), zuletzt geprüft am 28.10.2023.

Deutsche Bundesbank (2021): Perspektiven der deutschen Wirtschaft für die Jahre 2021 bis 2023 (Monatsbericht, 15). Online verfügbar unter <https://www.bundesbank.de/resource/blob/867684/14a5adcd1589295d6ad415de1c68810b/mL/2021-06-projektion-data.pdf>, zuletzt geprüft am 15.08.2023.

Deutsche Energie Agentur (dena) (Hg.) (2023): Branchenbarometer Biomethan 2023. Analyse. Online verfügbar unter https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2023/ANALYSE_Branchenbarometer_Biomethan_2023.pdf, zuletzt geprüft am 12.12.2023.

Deutscher Bundestag (2019): Gesetz zur Umsetzung des Klimaschutzprogramms 2030 im Steuerrecht. In: *Bundesgesetzblatt* 2019 (Teil I Nr 52), S. 2886–2889. Online verfügbar unter https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Gesetzestexte/Gesetze_Gesetzesvorhaben/Abteilungen/Abteilung_IV/19_Legislaturperiode/Gesetze_Verordnungen/2019-12-30-G-Umsetzung-Klimaschutzprogramm-Steuerrecht/3-Verkuendetes-Gesetz.pdf?__blob=publicationFile&v=2, zuletzt geprüft am 14.08.2023.

Deutscher Bundestag (03.11.2020): Erstes Gesetz zur Änderung des Brennstoffemissionshandelsgesetzes. In: *Bundesgesetzblatt* 2020 (Teil I Nr. 50), S. 2291–2292. Online verfügbar unter <https://behg-blog.de/wp-content/uploads/2020/11/behg-aenderungsgesetz.pdf>, zuletzt geprüft am 16.08.2023.

Economics Trends Research (ETR) (Hg.) (2022): Verkehrsprognose 2040 im Auftrag des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr. Unter Mitarbeit von Prof. Dr. Michael Bräuninger. Online verfügbar unter <https://economic-trends-research.de/2022/02/23/verkehrsprognose-2040-im-auftrag-des-bundesministeriums-fuer-digitales-und-verkehr/>, zuletzt geprüft am 22.09.2023.

EU (2023): Directive 2023/959 of the European Parliament and of the Council of 10 May 2023 amending Directive 2003/87/EC establishing a system for greenhouse gas emission allowance trading within the Union and Decision (EU) 2015/1814 concerning the establishment and operation of a market stability reserve for the Union greenhouse gas emission trading system. In: *Official Journal of the European Union* (L 130/134). Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32023L0959&qid=1684218852261>, zuletzt geprüft am 27.10.2023.

European Commission (EC) (2022): Recommended parameters for reporting on GHG projections in 2023, April 2022. Email an Mitglieder der WG II des Climate Change Committees. PDF.

European Energy Exchange (EEX) (2023a): Erdgas Futures. Online verfügbar unter <https://www.eex.com/de/marktdaten/erdgas/futures>, zuletzt geprüft am 15.08.2023.

European Energy Exchange (EEX) (2023b): EUA Futures. Online verfügbar unter <https://www.eex.com/de/marktdaten/umweltprodukte/futures>, zuletzt geprüft am 15.08.2023.

Gores, Sabine; Graichen, Jakob; Kemmler, Andreas; Plötz, Patrick (2023): Übersicht über die Vorschläge zu den EU-Zielvorgaben. Basierend auf dem „Fit for 55“-Paket der EU-Kommission, sowie den Beschlüssen zur EU-Klimaschutz-Verordnung, der LULUCF-Verordnung und der ETS-Richtlinie nach dem Trilogverfahren. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. Hg. v. Öko Institut, Prognos und Fraunhofer ISI. Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Einschaetzung-Fit-for-55.pdf>, zuletzt geprüft am 15.08.2023.

Intercontinental Exchange (ICE) (2023a): API2 Rotterdam Coal Futures. ICE Futures Europe. Online verfügbar unter <https://www.theice.com/products/243/API2-Rotterdam-Coal-Futures>, zuletzt geprüft am 15.08.2023.

Intercontinental Exchange (ICE) (2023b): Brent Crude Futures. ICE Futures Europe. Online verfügbar unter <https://www.theice.com/products/219/Brent-Crude-Futures>, zuletzt geprüft am 15.08.2023.

International Energy Agency (IEA) (Hg.) (2023): World Energy Outlook 2023. Paris. Online verfügbar unter <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>, zuletzt geprüft am 25.10.2023.

Kluth, Tobias; Rudolf, Alexandra; Kotzagiorgis, Stefanos (2023): Gleitende Langfrist-Verkehrsprognose 2021-2022. Stand 01.03.2023. Hg. v. Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV). Intraplan Consult (Intraplan); TTS Trimode Transport Solutions (Trimode). Online verfügbar unter https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/prognose-berichtgleitende-langfrist-verkehrsprognose.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 22.06.2023.

Mendelevitch, Roman; Repenning, Julia; Matthes, Felix Chr. (2022): Rahmendaten für den Projektionsbericht 2023. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/rahmendaten-fuer-den-projektionsbericht-2023>, zuletzt geprüft am 09.08.2023.

Projektgruppe Gemeinschaftsdiagnose (Hg.) (2023): Kaufkraft kehrt zurück – Politische Unsicherheit hoch. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin); ifo Institut; Kiel Institut für Weltwirtschaft (IfW Kiel); Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung Halle (IWH); Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung (rwi) (Gemeinschafts-Diagnose, 2-2023). Online verfügbar unter https://gemeinschaftsdiagnose.de/wp-content/uploads/2023/10/IfW_Kiel_GD_2_2023_RZ_3_web.pdf, zuletzt geprüft am 31.01.2024.

Repenning, Julia; Harthan, Ralph O.; Blanck, Ruth; Böttcher, Hannes; Braungardt, Sibylle; Bürger, Veit et al. (2021): Projektionsbericht 2021 für Deutschland. Gemäß Artikel 18 der Verordnung (EU) 2018/1999 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über das Governance-System für die Energieunion und für den Klimaschutz, zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 663/2009 und (EG) Nr. 715/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates sowie §10 (2) des Bundes-Klimaschutzgesetzes. Hg. v. Bundesregierung. Öko-Institut; Fraunhofer ISI; IREES; Thünen-Institut. Berlin. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/372/dokumente/projektionsbericht_2021_uba_website.pdf, zuletzt geprüft am 14.08.2023.

Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2023): Aktualisierte Konjunkturprognose 2023 und 2024. Online verfügbar unter <https://www.sachverstaendigenrat-wirtschaft.de/konjunkturprognose-2023.html>, zuletzt geprüft am 22.09.2023.

Sensfuß, Frank; Tersteegen, Bernd; Müller-Kirchenbauer, Joachim (2022): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland. Ergebnisse zur Entwicklung der Strom- und Gasnetzinfrastruktur in fünf treibhausgasneutralen T45-Szenarien. Treibhausgasneutrale Szenarien T45. Online verfügbar unter https://www.langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/Consentec-TUBER_BMWK_LFS3_Webinar_Netze_T45_final_v2.pdf, zuletzt geprüft am 22.09.2023.

Statistisches Bundesamt (2023a): 15. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung - Annahmen und Ergebnisse. Wiesbaden. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsvorausberechnung/begleitheft.html>, zuletzt geprüft am 15.08.2023.

Statistisches Bundesamt (2023b): Fortschreibung des Bevölkerungsstandes - Deutschland. (Tabelle 12411-0001). Online verfügbar unter <https://www-genesis.destatis.de/genesis//online?operation=table&code=12411-0001&bypass=true&levelindex=0&levelid=1692103843459#abreadcrumb>, zuletzt geprüft am 15.08.2023.

Statistisches Bundesamt (2023c): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Bruttoinlandsprodukt. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/VGR/Inlandsprodukt/Tabellen/Gesamtwirtschaft.html>, zuletzt geprüft am 15.08.2023.

Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ) (Hg.) (2023): Aktuelle Scheitholzpreise. Online verfügbar unter <https://www.tfz.bayern.de/festbrennstoffe/energetischenutzung/035134/index.php>, zuletzt geprüft am 15.08.2023.

Thomsen, Jessica; Fuchs, Nicolas; Meyer, Robert; Wanapinit, Natapon; Bavia Bampi, Bruno; Gorbach, Gregor et al. (2022): Bottom-Up Studie zu Pfadoptionen einer effizienten und sozialverträglichen Dekarbonisierung des Wärmesektors. Endbericht. Verfasst im Auftrag des Nationalen Wasserstoffrats. Hg. v. Fraunhofer ISE und Fraunhofer IEE. Freiburg, Kassel. Online verfügbar unter https://www.wasserstoffrat.de/fileadmin/wasserstoffrat/media/Dokumente/2022/221222_Bottom_Up_Studie_final-1.pdf, zuletzt geprüft am 15.08.2023.

Zaklan, Aleksandar; Graichen, Jakob; Graichen, Verena; Hermann, Hauke; Cludius, Johanna (2021): Structural Supply Side Management in the EU ETS - Reviewing the Market Stability Reserve. Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt (Climate Change, 39/2021). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-19_cc_39-2021_msr_review.pdf, zuletzt geprüft am 15.08.2023.