

---

# Vergleich der europäischen und nationalen Energie- und Klimaziele und methodische Erläuterungen

---

November 2024

**Von**  
Öko-Institut  
Prognos

**Beteiligte Öko-Institut**  
Sabine Gores  
Lukas Emele

**Beteiligte Prognos**  
Dr. Alexander Piégsa, Dr. Thorsten Spillmann,

**Im Auftrag des**  
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz erstellt, im Rahmen des Vorhabens „Energie- und Klimaschutzprojektionen 2030/2050“. Einzelne Analysen in Abschnitt 3.4.2 erfolgten zu Beginn des Vorhabens und sind entsprechend gekennzeichnet.

Die in dieser Veröffentlichung geäußerten Meinungen liegen in der alleinigen Verantwortung der Autoren und geben nicht unbedingt die Auffassung der Auftraggeber wider.

---

# Inhaltsverzeichnis

---

Tabellenverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	VII
<b>1 Einleitung</b>	<b>8</b>
<b>2 Zusammenfassung</b>	<b>9</b>
<b>3 Zielsetzungen für Treibhausgasemissionen und -Einbindungen</b>	<b>11</b>
3.1 Nationale Treibhausgasziele	11
3.2 Treibhausgasziele unter der EU-Klimaschutzverordnung	12
3.3 Treibhausgasziele im nEHS / ETS 2	16
3.4 Methodische Diskussion zur Abgrenzung der vorgenannten Treibhausgasziele	19
3.4.1 Unterschiedliche Basis-Datensätze für Treibhausgas-Modellierungen	19
3.4.2 Berechnung der Anteile an ESR/ETS-1 -Emissionen	20
3.4.3 nEHS-Emissionen	30
3.5 Ziele im LULUCF-Bereich	30
3.5.1 Nach dem Klimaschutzgesetz	31
3.5.2 Nach der LULUCF-Verordnung	31
<b>4 Ziele für erneuerbare Energien</b>	<b>34</b>
4.1 Nationale Zielsetzungen	34
4.2 Ziele unter der RED III	36
4.3 Methodische Diskussion	38
<b>5 Ziele zum Energieverbrauch</b>	<b>40</b>
5.1 Nationale Zielsetzungen	40
5.2 Ziele unter der EU-Energieeffizienzrichtlinie (EED)	41

5.3	Methodische Diskussion	42
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>44</b>

---

## Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 1:	Emissionsziele gemäß Energie- und Klimaschutzkonzept 2010/2011	11
Tabelle 2:	Sektorale zulässige Jahresemissionsmengen nach KSG in Mio. t CO <sub>2</sub> äq	12
Tabelle 3:	Verkauf und Abgabe von Zertifikaten im nationalen Emissionshandelssystem (in Mt CO <sub>2</sub> )	18
Tabelle 4:	Zulässige Jahresemissionsmengen nach ESR und BEHG in Mt CO <sub>2</sub> e	19
Tabelle 5:	ETS-1-Anteile nach Klimaschutzgesetz-Sektoren im Datengerüst des Projektionsberichts 2023	23
Tabelle 6:	ETS-1-Anteile nach Klimaschutzgesetz-Sektoren im Datengerüst zur Modellierung im BMWi-Projekt „Energie- und Klimaschutzprojektionen 2035/2050“	26
Tabelle 7:	Anteil an ETS-1-Emissionen in Inventarkategorien im Jahr 2018	28
Tabelle 8:	Anteil an ETS-1-Emissionen in Inventarkategorien im Jahr 2019	29
Tabelle 9:	ETS-1-Anteil der Emissionen in den Jahren 2018 und 2019 nach Klimaschutzgesetz-Sektoren	29
Tabelle 10:	Anteile der nach BEHG als Brennstoffemissionen geltenden Emissionen	30

---

## Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 1:	Entwicklung der sektoralen Effort-Sharing-Emissionen	15
Abbildung 2:	ETS-1-Emissionen der Energiewirtschaft in Mt CO <sub>2</sub> eq	25
Abbildung 3:	ETS-1-Emissionen der Industrie in Mt CO <sub>2</sub> eq	26
Abbildung 4:	Deutsche LULUCF-Emissionen und Einbindungen nach THG-Inventaren 2020 bis 2023	33
Abbildung 5:	Anteil Erneuerbarer Energien am Brutto-Endenergieverbrauch	34
Abbildung 6:	Anteil Erneuerbarer Energien in den Verbrauchssektoren	35
Abbildung 7:	Entwicklung und Ziele des Primär- und Endenergieverbrauchs	41

---

## Abkürzungsverzeichnis

---

AEA	Annual Emission Allocation (Emissionszuweisungen)
AR	Assessment Report
BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
BEV	Brutto-Endenergieverbrauch
BIP	Bruttoinlandsprodukt
EEA	European Environment Agency
EED	Energy Efficiency Directive (EED)
EEV	Endenergieverbrauch
EKSK	Energie- und Klimaschutzkonzept 2010/2011
ESD	Effort Sharing Decision
ESR	Effort Sharing regulation
ETS-1	Emissions Trading System
ETS-2	Emissions Trading System 2 ab 2027
EUTL	European Transaction Log
FRL	Forest Reference Level
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
KSG	Klimaschutzgesetz
LMU	Land Mitigation Unit
LULUCF	Land Use, Land-Use Change and Forestry
MMR	Monitoring Mechanism Regulation
NDC	Nationally Determined Contribution
NECP	National Energy and Climate Plan
nEHS	Nationales Emissionshandelssystem

PEV	Primärenergieverbrauch
RED	Renewable Energy Directive
UNFCCC	United Nation Framework Convention on Climate Change
WEM	With existing measures
WAM	With additional measures
ZSE	Zentrales System Emissionen

---

# 1 Einleitung

---

Die europäischen Energie- und Klimaziele sind in den letzten Jahren vollständig revidiert worden: Nach der Erhöhung der Ambition des Europäischen Treibhausgasziels für das Jahr 2030 auf eine Reduktion auf netto 55 % gegenüber 1990, wurden auch alle Hauptinstrumente der EU-Klimapolitik entsprechend angepasst. Diese sind

- die ETS-Richtlinie (ETS) 2003/87/EG revidiert durch (EU) 2023/959,
- die EU-Klimaschutzverordnung (auch Effort Sharing Regulation, ESR), (EU) 2018/842 revidiert durch (EU) 2023/857,
- die LULUCF-Verordnung (EU) 2018/841 revidiert durch (EU) 2023/839,
- die revidierte Energieeffizienz-Richtlinie (2023/955) und
- die revidierte Erneuerbaren-Richtlinie (2023/2413).

Auch auf nationaler Ebene haben sich damit die Anforderungen erhöht in Bezug auf die Reduktion der Treibhausgasemissionen, die Erhöhung der Einbindungen in natürlichen Senken, die Reduktion des Energieverbrauchs und die Nutzung von Erneuerbaren Energien.

In diesem Dokument werden die aktuellen Zielsetzungen zusammengestellt und in den historischen Kontext gebracht, die sich für Deutschland ergeben: Entweder sind die Zielsetzungen direkt durch europäische Instrumente festgelegt worden oder sie wurden auf nationaler Ebene gesetzt, um einen Beitrag zur europäischen Zielerreichung zu leisten bzw. übergeordnete nationalen Ziele zu erfüllen.

Der Fokus des Dokumentes liegt dabei auf den methodischen Details, die bei der Betrachtung der verschiedenen Zielsetzungen zu beachten sind: So gibt es oftmals Unterschiede im Bezugsrahmen zwischen nationalen und europäisch kommunizierten Zielen, die bei der jeweiligen Diskussion der Zielerreichung berücksichtigt werden müssen. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der methodischen Umsetzung der Quantifizierung zielrelevanter Indikatoren in Modellierungen: Um eine aussagekräftige Bewertung der Wirksamkeit von Politiken und Maßnahmen zu ermöglichen, bedarf es Szenarien, die Aussagen über die Zielerreichung möglichst aller relevanter Zielvorgaben erlauben. Dafür müssen in den Modellierungen die strukturellen Voraussetzungen geschaffen werden, damit die verschiedenen Dimensionen und Definitionen der Zielsetzungen abgebildet werden.

---

## 2 Zusammenfassung

---

Das Dokument vergleicht systematisch die verschiedenen Zielsetzungen für Deutschland in Bezug auf Treibhausgasemissionen, erneuerbare Energien und Energieverbräuche. Dabei soll diese Zusammenstellung dabei helfen, die historische Entwicklung der Zielsetzungen nachzuvollziehen, vor allem aber auch die unterschiedlichen Abgrenzungen und dahinterliegenden Definition zu verstehen. Dies ist besonders wichtig, um die Wirkung von Politiken und Maßnahmen schließlich korrekt in Modellierungen umzusetzen, zuzuordnen und damit die Ergebnisse von Projektionen zu interpretieren. Schlussendlich erlaubt nur ein detailliertes Verständnis der unterschiedlichen Zielsetzungen eine Einordnung von Aussagen zur historischen oder projizierten Zielerreichung. In jedem Abschnitt werden erst die nationalen, dann die damit verbundenen europäischen Zielsetzungen erläutert und in den historischen Kontext gebracht. Methodische Diskussionen im Anschluss gehen schließlich auf die zu beachtenden Differenzen und Überschneidungen ein. Für weitere Vertiefungen in Bezug auf die neuen europäischen Zielsetzungen wird auf Gores et al. (2023) verwiesen: Jenes Dokument wurde parallel erstellt und geht stärker auf die quantitativen Elemente der europäischen Zielsetzungen ein und was diese für die nationalen Zielsetzungen in Deutschland bedeuten.

Im ersten Schritt werden in Abschnitt 3 die verschiedenen Zielsetzungen für Treibhausgasemissionen und -Einbindungen betrachtet. Ausgehend von den nationalen Treibhausgaszielen, die unter dem deutschen Klimaschutzgesetz festgeschrieben sind, werden die nationalen Ziele unter der EU-Klimaschutzverordnung, die Zielsetzungen unter dem nationalen Emissionshandelssystem nEHS und dem europäischen ETS-2 sowie die nationalen Ziele der LULUCF-Verordnung erläutert. Das deutsche Klimaschutzgesetz beinhaltet Zielsetzungen für alle Emissionen und Einbindungen<sup>1</sup>, wohingegen die anderen Instrumente und Verordnungen nur Teilbereiche abdecken. Es wird gezeigt, dass die Sektorziele nach dem Klimaschutzgesetz gut zu der Zielsetzung unter der EU-Klimaschutzverordnung passen. Der nationale Emissionshandel ist hingegen etwas ambitionierter als der ETS-2. Die Zielsetzung unter der europäischen LULUCF-Verordnung sind systematisch anders gestaltet als im Klimaschutzgesetz. Ein Vergleich der beiden ist nur für das Zieljahr 2030 möglich, wobei die Festsetzung des nationalen Ziels 2030 unter der LULUCF-Verordnung erst im Jahr 2025 erfolgen wird. In diesem Abschnitt wird auch eine methodische Diskussion geführt, um verschiedene Ansätze zur sektoralen Differenzierung von ETS-1-Emissionen zu verstehen zu harmonisieren: Denn Szenarienmodelle können entweder auf Energie- oder Treibhausgasbilanzen aufsetzen. Die Herangehensweisen zur Berechnung der sektoralen Anteile der ETS-1-Emissionen in derart verschiedenen Modellen werden in Abschnitt 3.4.2 erläutert und miteinander verglichen. Durch diese Transparenz sollen Vereinheitlichungen ermöglicht werden.

In Abschnitt 4 werden die verschiedenen nationalen Zielsetzungen im Bereich der erneuerbaren Energien diskutiert, die zum Teil als Beiträge zu den Zielsetzungen auf europäischer Ebene berichtet werden. Diese Ziele sind stets als Anteile zu berechnen, wobei jeweils ein Augenmerk auf die korrekte Abgrenzung im Zähler und Nenner zu legen ist. So sind z.B. besonders im Verkehrssektor verschiedene Anrechnungsregeln zu berücksichtigen, durch die es zu größeren Unterschieden in den sektoralen Anteilen kommt. Im Bereich der erneuerbaren Energien im Wärme- und Kältesektor ist vor allem zu beachten, dass für die Anrechenbarkeit unter der RED III Effizienzkriterien für Wärmepumpen zu erfüllen sind. Um die detaillierten Ziele unter der RED III in

<sup>1</sup> Ausgenommen der Emissionen des internationalen Verkehrs.

Projektionen abzubilden, stellen sich verschiedene Herausforderungen für die Modellierung: Innovative Technologien müssen möglichst genau abgebildet werden, der Anteil an erneuerbaren Energien im Gebäudebereich ist statistisch noch nicht genau erfasst und ein Ansatz zur Berechnung des erneuerbaren Anteils von importiertem Wasserstoff und anderen erneuerbaren Brennstoffen im Industriesektor muss gefunden werden. Weitere Herausforderungen stellen sich mit der Modellierung des Anteils erneuerbarer Energien im Fernwärmesystem und der detaillierten Berücksichtigung der RED-III-Anforderungen im Verkehrsbereich.

In Abschnitt 5 wird auf die Energieverbrauchsziele eingegangen. Obwohl diese vor allem auf hoch-aggregierter Ebene in Bezug auf den Primär- und Endenergieverbrauch vorliegen, sind bei diesen systematischen Unterschieden in der Abgrenzung zu berücksichtigen: Dabei ist besonders hervorzuheben, dass Umweltwärme und -kälte bei den europäischen Definitionen im Gegensatz zur nationalen Energiebilanz nicht einbezogen wird. Damit werden in den kommenden Jahren, mit zunehmendem Einsatz von Wärmepumpen, die statistischen Werte für die Energieverbräuche verstärkt auseinander gehen. Eine weitere zu beachtende Differenz ist die Berücksichtigung des Energieeinsatzes von Hochöfen beim Endenergieverbrauch in der nationalen Statistik. Dies erfolgt im Gegensatz zum Ausschluss dieses Energieverbrauchs bei der europäischen Berechnung des Endenergieverbrauchs und damit auch bei der Definition des europäischen Endenergieverbrauchsziels.

---

## 3 Zielsetzungen für Treibhausgasemissionen und Einbindungen

---

### 3.1 Nationale Treibhausgasziele

Im **Energie- und Klimaschutzkonzept 2010/2011** (EKSK) (Bundesregierung 2010) wurden relative Treibhausgasemissionsminderungsziele für die Jahre 2020, 2030, 2040 und 2050 jeweils gegenüber dem Basisjahr 1990 definiert (Tabelle 1). Auch wenn im EKSK nicht explizit vorgegeben, so werden bei diesen Zielen derzeit üblicherweise die Emissionen aus internationalem Luft- und Seeverkehr und Emissionen und Kohlenstoffeinbindungen im Bereich Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) nicht berücksichtigt.

---

**Tabelle 1: Emissionsziele gemäß Energie- und Klimaschutzkonzept 2010/2011**

Sektor	2020	2030	2040	2050
Emissionsminderung ggü. 1990	min. 40 %	min. 55 %	min. 70 %	80 % – 95 %

Quelle: EKEK (Bundesregierung 2010)

© Öko-Institut 2024

Im Jahr 2016 wurden der **Klimaschutzplan 2050** (KSP 2050) der Bundesregierung (BMUB 2016) und in Folge im Jahr 2019 das **Bundes-Klimaschutzgesetz** (KSG) verabschiedet. Als Zweck des KSG wurde in § 1 formuliert, „Treibhausgasneutralität bis 2050 als langfristiges Ziel zu verfolgen“ (Bundestag 2019). Im KSP 2050 wurden erstmals sektorale Emissionsziele für das Jahr 2030 festgelegt. Diese wurden (etwas modifiziert) rechtsverbindlich im KSG verankert.

Im Zuge der Novellierung des KSG im Jahr 2021 nach dem Bundesgerichtsurteil (BVerfG 2021) wurden die übergeordneten Ziele des KSG verschärft:

- Nach 2050 sollen negative Treibhausgasemissionen erreicht werden.
- Für 2045 wird das Ziel der Netto-Treibhausgasneutralität gesetzt.
- Bis 2040 sollen die Emissionen um mindestens 88 % gesenkt werden.
- Bis 2030 sollen die Emissionen um mindestens 65 % gesenkt werden.
- Entsprechend wurden die sektoralen Zielsetzungen angepasst (s. Tabelle 2).
- Für die Jahre 2030, 2040 und 2045<sup>2</sup> wurden absolute Zielwerte für den LULUCF Sektor festgelegt.

Anlage 1 des KSG definiert die Sektoren über die in der Treibhausgasemissionsberichterstattung genutzten Quellgruppen. Anlage 2 des KSG legt die für diese Sektoren zulässigen Jahresemissionsmengen für die Jahre 2020 bis 2030 fest. Für die Energiewirtschaft wurden abweichend nur für die Jahre 2020, 2022 und 2030 Zielwerte benannt. Auch wenn nicht explizit im KSG festgelegt, lassen sich für diese drei Jahre Gesamtemissionshöchstgrenzen über alle Sektoren hinweg berechnen. Dabei zeigt sich, dass die zulässige Emissionssumme 2020 deutlich höher lag als das

<sup>2</sup> (bzw. die Mittelwerte der jeweiligen drei Vorjahre)

Ziel aus dem Energie- und Klimaschutzkonzept aus dem Jahr 2010/2011 und erst die zulässige Emissionssumme 2022 in etwa dem Energiekonzeptziel für 2020 entspricht. Dies stellte eine Verschiebung des Emissionsziels um zwei Jahre dar (CEC 2020).

**Tabelle 2: Sektorale zulässige Jahresemissionsmengen nach KSG in Mio. t CO<sub>2</sub>äq**

<b>Sektor</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>
Energiewirtschaft	280	269	257	238	220	201	183	164	145	127	108
Industrie	186	182	177	172	165	157	149	140	132	125	118
Gebäude	118	113	108	102	97	92	87	82	77	72	67
Verkehr	150	145	139	134	128	123	117	112	105	96	85
Landwirtschaft	70	68	67	66	65	63	62	61	59	57	56
Abfallwirtschaft und Sonstiges	9	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4
Summe <sup>3</sup>	813	786	756	720	682	643	604	565	523	482	438
Minderung ggü. 1990		-35 %		-39 %							-65 %

Quelle: (Deutscher Bundestag 2021) und eigene Berechnungen und Ergänzungen (in rot)

© Öko-Institut 2024

Die Novelle des KSG im Jahr 2024 änderte nicht die Höhe der Sektorziele, nur deren Bedeutung (Deutscher Bundestag 2024).

Für den internationalen Luft- und Seeverkehr wurden keine nationalen Ziele definiert und auf europäischer Ebene ist die aktuelle Einbeziehung des internationalen Luft- und Seeverkehrs noch nicht eindeutig entschieden: Für das EU-THG-Ziel 2020 wurde der internationale Luftverkehr vollständig einbezogen. Für das 2030-Ziel steht im aktualisierten nationalen Klimabeitrag (Nationally Determined Contribution, NDC) (CEU 2023), dass CO<sub>2</sub>-Emissionen des Luftverkehrs einbezogen werden, die unter den ETS fallen, sowie THG-Emissionen des innereuropäischen Seeverkehrs. Allerdings bezieht das europäische Ziel für 2050 nach dem europäischen Klimaschutzgesetz alle Emissionen ein, die unter die europäische Gesetzgebung fallen. Das Impact-Assessment für das 2040-Klimaziel der EU (EC 2024c) der Europäischen Kommission berücksichtigt deshalb auch erstmalig die Emissionen, die aktuell im EU ETS einbezogen sind, also die Emissionen des Intra-EU Luft- und Seeverkehrs sowie 50 % des Extra-EU Seeverkehrs.

### 3.2 Treibhausgasziele unter der EU-Klimaschutzverordnung

Die „Effort-Sharing“-Regulierung (seit 2018 EU Klimaschutzverordnung) setzt verbindliche Ziele für Emissionen außerhalb des EU-Emissionshandels (Emission Trading System, ETS) in seiner derzeitigen Form<sup>4</sup>, sowie ohne die Quellen und Senken aus dem Bereich der Landnutzung,

<sup>3</sup> Nach der Aktualisierung des KSGs am 26.02.2024 wurden Summe der Jahresemissionsmengen ebenfalls gesetzlich fixiert.

<sup>4</sup> Damit ist gemeint entsprechend Anhang I der Richtlinie 2003/87/EG. Dieser Zusatz ist nach der Novelle des EU ETS 2023 wichtig, da mit dieser der Anwendungsbereich deutlich erweitert wurde. Eine entsprechende Anpassung der Definition der ESR-Emissionen ist derzeit in Bearbeitung.

Landnutzungsänderung und Waldwirtschaft (Land Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF). Sie besteht aus mehreren relevanten Rechtsakten für zwei verschiedene Zeiträume:

**2013 – 2020:** In der Effort Sharing Decision (ESD) (ESD 2009) werden die prozentualen Reduktionsziele bis 2020 gegenüber dem Jahr 2005 für jeden EU-Mitgliedsstaat festgelegt. Für Deutschland war dieses eine Reduktion um 14%, bei einer Spreizung der Ziele von +20 % (Bulgarien) bis -20 % (Dänemark, Irland, Luxemburg). In der Entscheidung (EC 2013b) wurden die sich aus diesem Reduktionsziel ergebenden jährlichen Vorgaben in Form der zugeteilten jährlichen Emissionszuweisungen (Annual Emission Allocation – AEA) für die Jahre 2013-2020 festgelegt. Mit (EC 2013c) erfolgte eine Anpassung dieser Zuweisungen wegen des geänderten Erfassungsbereichs des EU-ETS zwischen der zweiten und dritten Handelsperiode. Im Jahr 2017 gab es eine erneute Überarbeitung der AEA, um die Änderungen in den Treibhausgasinventaren durch die Anwendung der neuen Rechenregeln seit 2013 (u.a. Aktualisierung der Treibhausgas-Effekte, siehe Infobox) und die Effekte der Änderung der genutzten Treibhauspotenziale zu reflektieren (EC 2017). Alle vier Entscheidungen zusammen, bestimmten also den für Deutschland relevanten Zielpfad der ESD-Emissionen.

**2021 – 2030:** In der Effort Sharing Regulation (ESR) (ESR 2018), auch EU-Klimaschutzverordnung oder Lastenteilungsverordnung genannt, wird die Minderung für alle EU Mitgliedsstaaten bis 2030 festgelegt, ebenfalls bezogen auf das Jahr 2005. Für Deutschland ist das eine Minderung um 38 %, bei einer Spreizung der Minderungsziele von 0% für Bulgarien bis 40 % (Luxemburg und Schweden). In (EU 2020) werden die jährlichen AEA pro EU Mitgliedsstaat (nun ohne das Vereinigte Königreich) festgelegt. Anders als für die Periode 2013–2020 werden dort auch die relevanten Emissionen des Jahres 2005 festgeschrieben. Mit der Revision der ESR im Jahr 2023 wurden die nationalen Ziele erhöht bei gleicher Spreizung: von -10% für Bulgarien bis -50 % (für Dänemark, Deutschland, Finnland, Luxemburg, Schweden). Mit der Revision haben sich auch weitere Änderungen gegenüber der ersten Version ergeben. Unter anderem ist die Menge an AEA in den Jahren 2026 bis 2029 abhängig von den ESR-Emissionen 2021 bis 2023 und wird deshalb erst im Jahr 2025 festgelegt. Siehe dazu (Böttcher et al. 2022; Gores et al. 2023).

Eine Übertragung von AEA zwischen den Perioden 2013-2020 und 2021-2030 ist nicht vorgesehen.<sup>5</sup> Zur Erfüllung (Compliance) können verschiedene Flexibilitäten genutzt werden, wobei AEA-Übertragung (Banking) und Vorwegnahme (Borrowing) sowie der AEA-Handel zwischen den Mitgliedsstaaten die wichtigsten sind. Die beiden Perioden sind in einigen Hinsichten verschieden:

- Die Effort-Sharing-Emissionen schließen ab 2021 die NF<sub>3</sub> Emissionen ein. Effort-Sharing-Emissionen berechnen sich wie folgt:
  - 2013-2020: Treibhausgas-Inventar (ohne LULUCF, ohne internationalen Transport) – stationäre EU-ETS-Emissionen – CO<sub>2</sub> Emissionen inländischer Luftverkehr – NF<sub>3</sub> Emissionen
  - 2021-2030: Treibhausgas-Inventar (ohne LULUCF, ohne internationalen Transport) – stationäre EU-ETS-Emissionen – CO<sub>2</sub> Emissionen inländischer Luftverkehr
- Die Feststellung der Compliance erfolgt in der Periode 2021-2030 nicht mehr jährlich:
  - In der Periode 2013-2020 erfolgt die gesetzliche Festlegung der Effort-Sharing-Emissionen des Jahres (x) jährlich, jeweils zwei Jahre später (x+2), wenn die Treibhausgas-Inventare für dieses Jahr vorliegen. Die Compliance erfolgt anschließend im Frühling des Jahres x+3.

<sup>5</sup> Mit der Ausnahme der Sicherheitsreserve nach Artikel 11 der ESR – danach dürfen bei Erfüllung der Gesamt-EU-Reduktion von 30 % unter bestimmten Voraussetzungen einzelne Mitgliedsstaaten mit unterdurchschnittlichem BIP Teile ihres Überschusses aus der ersten Periode am Ende der zweiten Periode nutzen.

- In der Periode 2021-2030 erfolgt die Compliance für jeweils fünf Jahre zusammen, und zwar im Anschluss an die Compliance der LULUCF-Regulation. Das bedeutet: Im Jahr 2027 werden die LULUCF- und die Effort-Sharing-Emissionen der Jahre 2021–2025 vorliegen und gesetzlich fixiert werden. Anschließend erfolgt die Compliance unter der LULUCF-Verordnung und danach in monatlichen Schritten die Compliance der jährlichen Effort-Sharing-Emissionen. Nach unserer Schätzung ist damit die Compliance für diese Jahre voraussichtlich im Oktober 2028 abgeschlossen.
- Die Flexibilitätsregeln zur Erreichung der Compliance sind unterschiedlich:
  - In der Periode 2021-2030 gibt es zusätzliche Flexibilitätsmöglichkeiten: Für Deutschland relevant ist vor allem die Nutzung von Gutschriften (Land Mitigation Units, LMU) aus der LULUCF-Verordnung bis zu einem Maximum von 22,3 Mio. t CO<sub>2</sub>äq. über die gesamte Periode 2021–2030, wobei seit der Revision der ESR 2023 nur die Hälfte in den Jahren 2021-2025 nutzbar ist.
  - Außerdem wurden die Mengenbegrenzungen beim Banking und Borrowing geändert.
  - Die Nutzung internationaler Zertifikate ist im Gegensatz zum begrenzten, prinzipiellen Einsatz in der Periode 2013-2020 in der Periode 2021-2030 nicht erlaubt, die Reduktion erfolgt vollständig innerhalb der EU.

Für weitere Details bezüglich der Compliance unter der EU-Klimaschutzverordnung siehe auch Gores et al. (2024).



#### **Infobox ESR-Ziele in Treibhauspotenzialen nach AR5**

Das Treibhausgasinventar umfasst sieben verschiedene Treibhausgase bzw. Gruppen von Treibhausgasen. Diese Gase unterscheiden sich in ihren Treibhausgas-Effekten sowohl in der Stärke als auch in der zeitlichen Dauer. Um deren Effekte addieren zu können, werden entsprechend der Konvention des UNFCCC Faktoren angewendet, die die Effekte für einen 100-Jahreszeitraum miteinander vergleichbar machen. So ist nach dem 4. Assessment Report (AR), der als Referenz für die derzeitigen Treibhausgas-Inventare dient, eine Tonne Methan 25 Mal schädlicher als CO<sub>2</sub>, eine Tonne N<sub>2</sub>O (Lachgas) um das 298-fache. Diese Faktoren ändern sich entsprechend den Erkenntnissen der internationalen Forschungsgemeinschaft. Deshalb wurde auf UNFCCC und EU-Ebene beschlossen, die Treibhausgas-Inventare ab dem Jahr 2023 mit neuen Treibhauspotenzialen entsprechend dem 5. Assessment Report zu ermitteln. Nach diesem ist Methan sogar um das 28-fache schädlicher, Lachgas um das 265-fache.

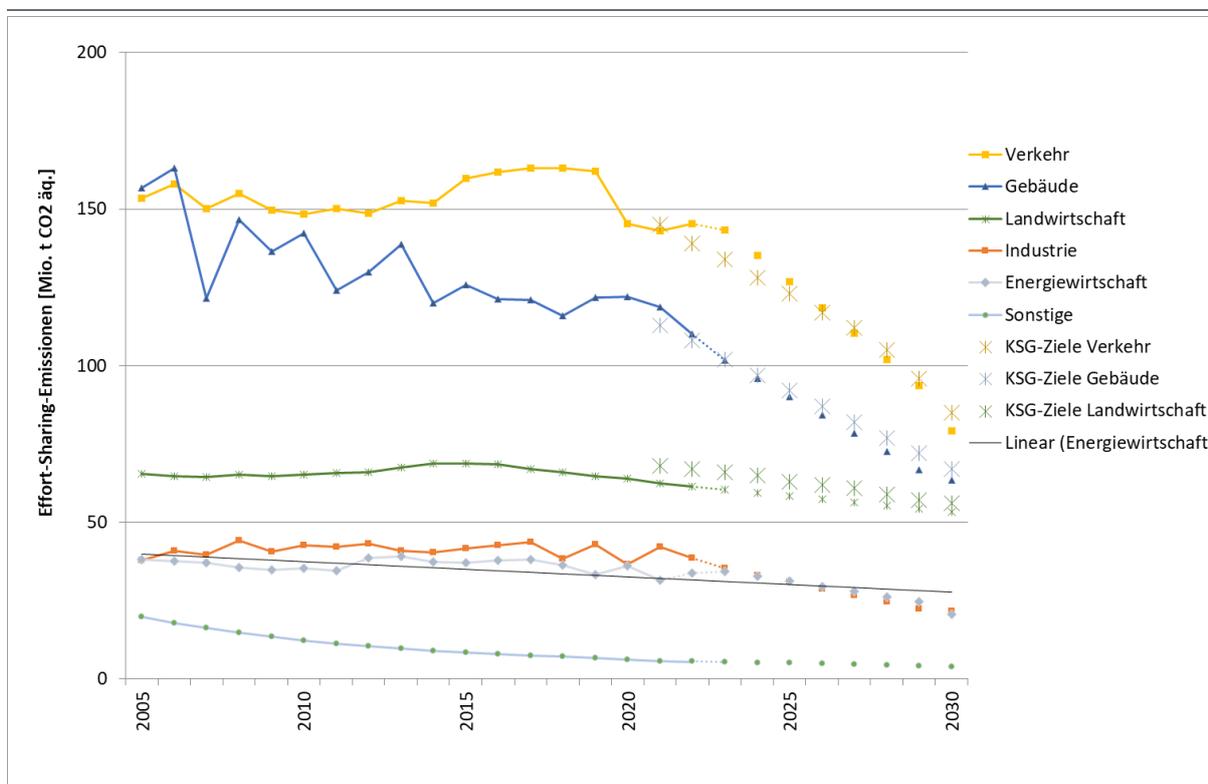
Die in (EU 2020) festgeschriebenen jährlichen Emissionszuweisungen (AEA) ebenso wie die ESR-Basisjahr-Emissionen 2005 sind passend zu diesen zukünftigen Inventaren bereits unter Verwendung der Treibhauspotenziale nach dem 5. AR gesetzt worden. Erst mit den Treibhausgas-Inventaren 2023 sind die Emissionen direkt vergleichbar. Informationen, die vorher erstellt wurden, basierten bestenfalls auf einer Abschätzung der Auswirkung der Umstellung der Treibhausgaspotenziale und sind deshalb nur bedingt mit den Ergebnissen vergleichbar, die nach 2023 erstellt werden.

Die Effort-Sharing-Emissionen sind auf Ebene der Zielerreichung nur aggregiert verfügbar. Um aber die dem Aggregat zu Grunde liegenden sektoralen Trends zu identifizieren, werden Abschätzungen zu ETS-Anteilen in den Sektoren des deutschen Klimaschutzziels verwendet. Dazu wird

analog zum Vorgehen bei den Projektionen nach Abschnitt 0 ein ETS-Anteil auf die jeweiligen Sektoren angelegt. Verwendet werden dabei jeweils die Ergebnisse aus dem letzten verfügbaren Projektionsbericht, da in diesem die Revisionen des Treibhausgasinventars berücksichtigt sind. Siehe dazu die methodische Diskussion in Abschnitt 3.4.2.

Entsprechend sind in Abbildung 1 die Effort-Sharing-Emissionen nach Sektoren bis 2023 ausgewiesen, basierend auf dem Treibhausgas-Inventar von 2024 sowie der Vorjahresschätzung. Die dargestellten Wege bis 2030 sind indikativ und lehnen sich an die Sektorziele an, bzw. an die Anteile der Effort-Sharing Emissionen (Gores et al. 2019; Gores et al. 2023). Da die Summe der ESR-Emissionen der KSG-Sektorziele im Jahr 2030 höher ist als das ESR-Ziel, wurden die Emissionen für die Darstellung der Zielpfade anteilig gekürzt. Deutlich wird dabei, dass die Bereiche Verkehr und Gebäude mit Abstand die größten Anteile an den Effort-Sharing-Emissionen ausmachen und die entsprechenden Zielpfade besonders steil sind. Vergleichend zu diesen Zielpfaden werden die Sektorziele nach dem KSG dargestellt. Die Einhaltung der Sektorziele besonders im Verkehrs- und Gebäudesektor ist entscheidend für die Frage, ob die Menge an AEA, die Deutschland in der Periode 2021-2030 zur Verfügung steht, ausreichend ist oder ob zusätzliche Mengen von anderen Mitgliedsstaaten zuzukaufen sein werden. Laut den Ergebnissen des Projektionsberichtes 2024 werden diese Zielpfade deutlich verfehlt, sodass sich selbst im Szenario mit zusätzlichen Maßnahmen eine ESR-Gesamtlücke von 111 Mio. AEA ergibt, siehe Harthan et al. (2024) (BReg 2023).

Abbildung 1: Entwicklung der sektoralen Effort-Sharing-Emissionen



Quelle: (EEA 2023; Deutscher Bundestag 2021; UBA 2024); eigene Berechnungen

© Öko-Institut, 2024

Bei der Betrachtung der Effort-Sharing-Emissionen ist stets zwischen den legal fixierten Werten und denen, die aus einem aktuellen THG-Inventar berechnet wurden, zu unterscheiden:

- Für die ESD-Emissionen 2013-2020 liegen legal fixierte Werte vor, die für die Compliance relevant waren und damit die Höhe der AEA-Zukäufe für diese Periode bestimmten (EEA 2023).
- ESR-Emissionen 2021-2025 werden erst 2027 legal fixiert. Bis dahin werden die historischen ESR-Emissionen abhängig von den THG-Inventaren berechnet und ändern sich entsprechend den methodischen Überarbeitungen dort regelmäßig. Zudem basieren diese Daten zusätzlich auf den Daten des EU-ETS, die ebenfalls auf rückwirkend leichten Änderungen unterworfen sind. Bei der Angabe von historischen ESR-Emissionen ist also stets die zugrundeliegende Datenbasis anzugeben.
- Effort-Sharing-Emissionen 2005-2012 sind stets theoretisch ermittelte Werte, zur Erstellung konsistenter Zeitreihen. Sie können entweder auf Basis des aktuellen Inventars als ESR-Emissionen berechnet werden oder ESD-Emissionen darstellen. In letzterem Fall basieren sie auf dem Inventar des Jahres 2022 und sind damit u.a. mit den Treibhausgaspotenzialen des AR4 berechnet und ändern sich seit dem Jahr 2022 nicht mehr.

Bei prozentualen Angaben im Bereich des Effort-Sharings ist anzugeben, ob für den Bezug auf das Jahr 2005 die Basisjahr-Emissionen nach der jeweiligen Gesetzgebung verwendet wird, oder die Effort-Sharing-Emissionen 2005, wie sie sich aus dem Inventar ergeben. Der erste Fall empfiehlt sich für die Diskussion der Zielerreichung, der zweite für die Diskussion der sektoralen Trends, wie in Abbildung 1.

### 3.3 Treibhausgasziele im nEHS / ETS 2

Das 2019 verabschiedete **Brennstoffemissionshandelsgesetz** (BEHG) zielt auf eine Bepreisung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Brennstoffen, die nicht bereits im EU-ETS nach Anhang I der Richtlinie 2003/87/EG reguliert sind. Dafür trat 2021 ein nationales Emissionshandelssystem (nEHS) in Kraft. In einer Einführungsphase von 2021 bis 2025 werden dabei *nationale Emissionszertifikate* (nEZ) zu einem Festpreis verkauft. Ab 2026 werden die nEZ versteigert, im Jahr 2026 mit festgelegtem Preiskorridor und ab 2027 mit freier Versteigerung. Die jährlichen zulässigen Emissionsmengen berechnen sich als Multiplikation der im jeweiligen Jahr zulässigen jährlichen Emissionszuweisungen unter der EU-Klimaschutzverordnung (AEA) mit dem Anteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Brennstoffen an den nicht vom EU-ETS erfassten gesamten Emissionen der Jahre 2016 bis 2018. Im Juni 2023 wurde die Brennstoffemissionshandlungsverordnung (BEHV) geändert (BEHV 2023). In § 34 Abs. 2 sind seither die für die Jahre 2021 bis 2030 zulässigen jährlichen Emissionsmengen im nEHS enthalten. Für das Jahr 2030 endet der BEHG-Zielpfad bei einer Reduktion von 46,1 % gegenüber dem Mittelwert der Jahre 2016 bis 2018. Die jährlich zulässige Emissionsmenge im nEHS hat nach § 34 Abs. 1 Nr. 3 BEHV einen Anteil von 74,49 %.<sup>6</sup> Dieser Wert wurde als mittlerer Anteil der Brennstoffemissionen im Sinne des BEHG im Vergleich zu den gesamten ESR-Emissionen für die Jahre 2016 bis 2018 ermittelt. Er entspricht dem prozentualen Anteil der nicht vom EU-Emissionshandel erfassten Brennstoffemissionen an den nicht vom EU-Emissionshandel erfassten gesamten THG-Emissionen in Deutschland und wird mit den verfügbaren AEA multipliziert, um die jährlichen Emissionsmengen im nEHS zu erhalten.<sup>7</sup> Da zum damaligen Zeitpunkt noch nicht verfügbar, wurde dieser Anteil im Projektionsbericht 2023 mit 75,8 %

<sup>6</sup> In der Einführungsphase des BEHG mit reduzierten Anwendungsbereichen gelten Anteile von 70,45 % für die Jahre 2021 und 2022 bzw. 71,49 % für das 2023 (§ 34 Abs. 1 Nr. 1 bzw. 2 BEHV).

<sup>7</sup> Vorletzte Zeile in Tabelle 4.

abgeschätzt, was zu etwas höher berechneten, jährlich zulässigen Emissionsmengen im nEHS führte. Diese sind in der letzten Zeile in Tabelle 4 aufgeführt.

In den Jahren 2021 und 2022 war der nEHS zunächst nur auf die Hauptbrennstoffe Benzin, Diesel, Heizöl, Flüssig- und Erdgas beschränkt. Seit dem Jahr 2023 gilt eine erweiterte Brennstoffliste. Insbesondere Kohlen und Kohlenprodukte sind seither ebenfalls vom nEHS erfasst. Ab 2024 umfasst der nEHS auch Abfall und Altöl.

Tabelle 3 zeigt die Menge an verkauften und abgegebenen Zertifikaten im nationalen Emissionshandel für die Jahre 2021 bis 2023. Für das Jahr 2021 wurden rund 305,8 Mio. Zertifikate zu je 25 € pro Tonne CO<sub>2</sub> verkauft. Diese Menge überschreitet die für 2021 in § 34 Abs. 2 BEHV festgelegte jährliche Emissionsmenge („Cap“) (BEHV 2023) um 4,8 Mio.<sup>8</sup> Für das Jahr 2022 wurden 207,4 Mio. Zertifikate und somit deutlich weniger als nach dem Cap vorgesehen verkauft. Allerdings ergibt sich für die Jahre 2022 und 2023 die Sondersituation, dass der ursprünglich vorgesehene Preisanstieg als Abminderung der ökonomischen Folgen des Ukrainekriegs ausgesetzt wurde. Für beide Jahre liegt der Zertifikatspreis bei 30 € pro Tonne CO<sub>2</sub> (DEHSt 2023). Für die Verantwortlichen ist es damit ökonomisch sinnvoll, die Zertifikate jeweils möglichst spät zu kaufen. Da Zertifikate von späteren Jahren für frühere Jahre genutzt werden können, wurde ein relevanter Teil der Abgabeverpflichtung 2022 mit Zertifikaten aus dem Jahr 2023 erfüllt.<sup>9</sup> Für das Jahr 2023 wurden bisher<sup>10</sup> 348,7 Mio. Zertifikate verkauft. Weitere Zertifikate mit Fälligkeitsjahr 2023 werden noch bis September 2024 verkauft. Diese Verkaufsmenge ist aber auf 10 % der Vorjahresmenge begrenzt.<sup>11</sup>

<sup>8</sup> Die jährlichen Emissionsmengen in § 34 Abs. 2 BEHV wurden basierend auf Jörß (2021) festgelegt.

<sup>9</sup> So wurden nach den EEX-Verkaufsdaten allein im September 2023 (also kurz vor Abgabefrist für 2022) 77,0 Millionen Zertifikate verkauft.

<sup>10</sup> Bis zum 7. Dezember 2023, laut EEX-Verkaufskalender der letzte Termin im Jahr 2023

[https://www.eex.com/fileadmin/EEX/Downloads/Trading/Calendar/nEHS\\_Sell-off\\_Calendar/20221124\\_nEHS\\_salles\\_calendar\\_2023\\_DE.pdf](https://www.eex.com/fileadmin/EEX/Downloads/Trading/Calendar/nEHS_Sell-off_Calendar/20221124_nEHS_salles_calendar_2023_DE.pdf).

<sup>11</sup> Nach § 10 Abs. 2 können die Verantwortlichen jeweils bis zu 10 % der bereits gekauften Menge im Folgejahr zum ursprünglichen Preis nachkaufen.

**Tabelle 3: Verkauf und Abgabe von Zertifikaten im nationalen Emissionshandelssystem (in Mt CO<sub>2</sub>)**

<b>Fälligkeitsjahr</b>	<b>2021</b>	<b>2022*</b>	<b>2023**</b>
Verkaufsjahr 2021	287,4	0	0
Verkaufsjahr 2022	18,5	198,0	0
Verkaufsjahr 2023	0	9,3	348,7
<b>Summe verkaufte Zertifikate</b>	<b>305,8</b>	<b>207,4</b>	<b>348,7</b>
<b>Emissionen</b>	<b>306,2</b>	<b>287,8</b>	
<b>Abgabe von Zertifikaten</b>	<b>306,4</b>	<b>288,4</b>	
Jährliche Emissionsmenge nach § 4 Abs. 1 BEHG („Cap“)	301,0	291,1	280,1

Anmerkungen:

\* Für das Fälligkeitsjahr 2022 sind ausnahmsweise auch Zertifikate des Fälligkeitsjahres 2023 nutzbar.

\*\* Verkäufe bis 7. Dezember 2023; weitere Verkäufe erfolgen bis September 2024.

Quelle: EEX<sup>12</sup>, DEHSt<sup>13</sup> und eigene Berechnungen

© Öko-Institut 2024

Im Jahr 2027 startet der zweite europäische Emissionshandel (ETS-2) für Gebäude, Straßenverkehr und weitere Sektoren. Der ETS-2 umfasst konkret:

- Straßenverkehr (CRF 1.A.3.b)
- Gewerblich/Institutionell (CRF 1.A.4.a), also den GHD-Sektor im engeren Sinne, d.h. ohne Land- und Bauwirtschaft.<sup>14</sup>
- Haushalte (CRF 1.A.4.b)
- Zusätzliche Sektoren, sofern nicht bereits vom ETS-1 erfasst:
  - a. Energiewirtschaft (1.A.1a) mit Ausnahme der KWK- und Fernwärmeerzeugung
  - b. Verarbeitendes Gewerbe und Bauwirtschaft (1.A.2)

Für Deutschland ist vorgesehen, den Geltungsbereich des ETS-2 national so zu erweitern, dass er zu großen Teilen deckungsgleich mit dem Geltungsbereich des nEHS ist. Einzelne Verpflichtete des nEHS sollen in Zukunft unter den ETS-1 fallen.

Im Jahr 2027 startet der ETS-2 mit einem Zielpfad, der europaweit um 24,6 % niedriger liegt als der Durchschnittswert der Jahre 2016 bis 2018. Der Zielpfad sinkt linear ab, im Jahr 2030 wird eine Reduktion um 38,2 % gegenüber dem Mittelwert 2016-2018 erreicht. Somit ist der ETS-2 um etwa acht Prozentpunkte weniger ambitioniert als der nEHS, in dem eine Reduktion um 46,1 % im gleichen Zeitraum vorgesehen ist. Allerdings erfolgt eine Neuberechnung des Zielpfades für die Jahre 2028 bis 2032 mit den tatsächlichen Durchschnittsemissionen des ETS-2 in den Jahren 2024-2026.

Im ETS-2 gibt es kein spezifisches Unterziel für Deutschland, aber der prozentuale Zielpfad lässt sich auf Deutschland mit dieser Berechnungsmethodik übertragen. So lässt sich ein Zielpfad für Deutschland ableiten, der in Tabelle 4 in der zweiten Zeile dargestellt wird, der methodisch

<sup>12</sup> Marktdaten-Bericht nEHS-Verkauf: [https://public.eex-group.com/eex/nEHS-reporting/nEHS\\_Reporting.csv](https://public.eex-group.com/eex/nEHS-reporting/nEHS_Reporting.csv), abgerufen am 14.11.2023.

<sup>13</sup> nEHS-Register: <https://nEHS-register.dehst.de/coreweb/info/reporting/compliance/list.action>, abgerufen am 16.11.2023

<sup>14</sup> Siehe auch Kapitel 2.1.

bedingt über der zulässigen Emissionsmenge gemäß BEHG liegt. Obwohl der Erfassungsbereich des nEHS etwas größer ist als der des ETS-2, ist der Minderungspfad etwas steiler. Für den Vergleich siehe auch Graichen und Ludig (2024). Zudem zeigt Tabelle 4 die bereits rechtlich verbindlich festgelegten AEA-Mengen 2021 bis 2025 und die mit den aktuellen Daten berechneten AEA 2026 bis 2030. Diese umfassen alle ESR-Emissionen und sind somit deutlich größer als die restlichen Zielpfade in der Tabelle, da mehr Sektoren umfasst sind, wie beispielsweise Landwirtschaft. Außerdem werden die darauf basierenden, jährlich zulässigen nEHS-Emissionsmengen ausgewiesen (dritte Zeile).

**Tabelle 4: Zulässige Jahresemissionsmengen nach ESR und BEHG in Mt CO<sub>2</sub>e**

<b>Sektor</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>
AEA	427,3	413,2	391,9	370,5	349,2	340,3	315,8	291,3	266,9	242,4
ETS-2, Anteil Deutschland <sup>1</sup>							252,3	237,3	222,1	206,8
Jährlich zulässige Emissionsmenge gemäß BEHG (nach BEHV)	301,0	291,1	280,1	276,0	260,0	254,8	236,2	217,7	199,1	180,6

Anmerkung: <sup>1</sup> Berechnet unter der Annahme, dass Deutschland den ETS-2-Scope auf den Erfassungsbereich des nEHS ausweitet.  
Quelle: (EEA 2023; BEHV 2023) und eigene Berechnungen © Öko-Institut 2024

Mit den Projektionsberichten 2023 und 2024 wurden noch keine ETS-2-Emissionen veröffentlicht.

### 3.4 Methodische Diskussion zur Abgrenzung der vorgenannten Treibhausgasziele

Treibhausgas-Modellierungen können allgemein entweder auf Basis der Treibhausgas-Inventare erstellt werden oder auf den Energiebilanzen basieren. In Abschnitt 3.4.1 wird erläutert, welche sektoralen Zuordnungen zu beachten sind, wenn die unterschiedlichen sektoralen Ergebnisse miteinander verglichen werden sollen. In den folgenden Abschnitten wird dargestellt, wie die Anteile an ETS-1-, ESR-, nEHS- und ETS-2-Emissionen aus den Ergebnissen der Treibhausgas-Modellierungen berechnet werden können, abhängig von der genutzten Datengrundlage.

#### 3.4.1 Unterschiedliche Basis-Datensätze für Treibhausgas-Modellierungen

Werden Treibhausgas-Szenarien basierend auf der Struktur des Treibhausgas-Inventars aufgesetzt, ist eine Datenextraktion der jährlichen Gesamt- und sektoralen Ergebnisse und deren Vergleich mit den Zielsetzungen ohne weitere Umrechnungsschritte möglich. Außerdem ist dabei eine harmonisierte Berichterstattung an die Europäische Kommission passend zur historischen Treibhausgasbilanz direkt möglich.

Bei Modellierungen, die auf der Energiebilanz basieren ist auf eine korrekte sektorale Zuordnung zu achten. Zu beachten ist beispielsweise:

- In der Energiebilanz ist im Endenergieverbrauch des Verkehrs der internationale Luftverkehr enthalten, im Treibhausgasinventar wird aber der internationale Luftverkehr nur als Memo Item berichtet.

- Die Energiebilanz enthält im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) auch die Energieverbräuche der Landwirtschaft und Bauwirtschaft. Im Treibhausgasinventar gibt es separate Quellgruppen für GHD im engeren Sinne (1.A.4.a), Energieverbrauch der Landwirtschaft (1.A.4.c) und Bauwirtschaft (1.A.2.g.vii).
- Die Quellgruppe 1.A.2<sup>15</sup> des Treibhausgasinventars enthält wesentlich mehr Emissionsquellen als der Endenergieverbrauch des verarbeitenden Gewerbes in der Energiebilanz:
  - c. Im THG-Inventar ist der komplette Brennstoffeinsatz der Industriekraftwerke enthalten, in der Energiebilanz im Endenergieverbrauch des verarbeitenden Gewerbes nur der auf die Wärmeerzeugung entfallende Anteil des Brennstoffeinsatzes der Industriekraftwerke.
  - d. In der Energiebilanz werden die Hochöfen im Umwandlungssektor bilanziert. Im Treibhausgasinventar hingegen werden die Hochöfen teilweise als energetische Anlagen in 1.A.2 und teilweise als Industrieprozess in 2.C.1 bilanziert.
  - e. Im THG-Inventar umfasst 1.A.2 auch die Bauwirtschaft, die in der Energiebilanz im GHD-Sektor enthalten ist (siehe oben).

In nationalen Treibhausgasprojektionen sind die Emissionen des internationalen Verkehrs separat auf Basis des Treibhausgasinventars auszuweisen. Eine Darstellung der Abgrenzung entsprechend der europäischen Gesetzgebung, derzeit also entlang der EU-ETS Abgrenzung des internationalen Verkehrs (s. Abschnitt 3.1) ist derzeit nicht gefordert und ist bezüglich der Datenverfügbarkeit und konsistenten Abgrenzbarkeit zu anderen Ländern nicht trivial. Während im Luftverkehr durch die Verfügbarkeit ETS-1-Daten zur Tätigkeit Luftverkehr eine Abschätzung des nationalen Anteils der Emissionen des Intra-EU-Luftverkehrs möglich ist,<sup>16</sup> fehlen für den Seeverkehr entsprechende national aufgeschlüsselte Daten vollständig.

### 3.4.2 Berechnung der Anteile an ESR/ETS-1 -Emissionen

Zur Aufteilung und Berechnung der entsprechenden ETS-1 und ESR- Emissionen aus den Treibhausgas-Modellierungen wurden vom Öko-Institut zwei methodische Varianten entwickelt, die auf die jeweilige primären Datenquellen der jeweiligen Modellierung abgestimmt ist:

- Für die Modellierung der Projektionsberichte beim Öko-Institut ist das nationale Treibhausgasinventar die primäre Datenquelle für Brennstoffeinsätze und Emissionen.<sup>17</sup>
- Die Modellierung für den ersten NECP, die von prognos erstellt wurde, basierte auf der Energiebilanz als primärer Datenquelle für Brennstoffeinsätze.

Die unterschiedlichen Datengrundlagen bedingen im Detail verschiedene methodische Ansätze. Die beiden entwickelten Methoden werden in den folgenden beiden Unterkapiteln beschrieben, mit dem Ziel Umrechnungen und Unterschiede zwischen beiden Methoden verständlich zu machen und die Modellierungen zu vereinheitlichen. Zunächst wird die für den Projektionsbericht 2023 (BReg 2023) angewandte Methode erläutert, mit der die Emissionen zwischen ETS-1 und ESR differenziert werden. Im Anschluss wird beschrieben, wie diese Projektionsberichts-Methode auf die Ergebnisse der NECP-Modellierung, die auf Basis der Energiebilanz erstellt werden, angewendet werden kann. Dabei sollen für die historischen Jahre gleiche Ergebnisse erhalten werden. Für die projizierten Jahre werden die Ergebnisse hinsichtlich des methodischen Ansatzes

<sup>15</sup> Verarbeitendes Gewerbe, oft auch als „Industrie“ bezeichnet

<sup>16</sup> Eine alternative Datenquelle zur Berechnung des ETS-Anteils der internationalen Luftverkehrs stellen die Daten von Eurocontrol dar.

<sup>17</sup> Das Umweltbundesamt stellt dem Forschungskonsortium regelmäßig einen detaillierten Datenauszug aus dem Zentralen System Emissionen (ZSE) zur Verfügung.

harmonisiert, so dass Differenzen nur noch in den Sektoranteilen auf den ausweisbaren, unterschiedlichen Annahmen der zwei Methoden beruhen.

Abgeschlossen wird das Kapitel mit einer Analyse der unter der MMR bzw. Governance-VO berichteten Annex-V-Tabellen, die ebenfalls eine Datenquelle mit Anteilen von ETS-1-Emissionen an Gesamtemissionen enthält.

### **Methode Projektionsbericht (Inventarbasiert)**

Die Modellierung für den Projektionsbericht 2023 unterteilt den Bereich der verbrennungsbedingten Emissionen (CRF 1.A) in 21 Subsektoren mit jeweils bis zu 18 verschiedenen fossilen, biogenen und synthetischen Brennstoffen. In der Modellierung ist die ETS-1/ESR-Aufteilung zugleich mit der Berechnung der Emissionen unter dem Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) verbunden. Für jeden Subsektor und jeden Brennstoff werden drei Anteile bestimmt:

- Brennstoffe und deren Emissionen im ETS-1
- Brennstoffe und deren Emissionen im nEHS
- Brennstoffe und deren Emissionen im ESR, aber außerhalb des nEHS

In vielen Fällen werden Brennstoffe komplett einem der drei Bereiche zugeschlagen. So werden beispielsweise die Brennstoffeinsätze in Raffinerien und sämtliche Sondergase (Gichtgas, Kokeisgas, etc.) komplett dem ETS-1 zugeordnet. Ebenso werden beispielsweise die fossilen Brennstoffe der privaten Haushalte und des landgebundenen Verkehrs dem nEHS zugeordnet. Emissionen aus der Verbrennung biogener Brennstoffe werden entsprechend des Treibhausgasinventars mit einem Emissionsfaktor größer Null berechnet, aber nicht in die Gesamtsumme einberechnet. Stattdessen werden die biogenen Emissionen im Inventar nur nachrichtlich als sogenanntes Memo Item berichtet. Da aber sämtliche Biomasse in der Modellierung als nachhaltig hergestellt angenommen wird, fallen die berechneten biogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen weder unter den ETS noch unter das nEHS. Die biogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen werden daher zunächst also als Teil des ESR, aber außerhalb des nEHS bilanziert, aber in einem weiteren Schritt wieder abgezogen und anders verbucht. Diese CO<sub>2</sub>-Emissionen werden im Projektionsbericht in Anlehnung an das Treibhausgasinventar auch nicht in die Summe der THG-Emissionen miteinberechnet, aber nachrichtlich separat ausgewiesen. Seit dem Jahr 2023 wird die Verbrennung nicht nachhaltiger Biomasse im ETS als Emission gewertet. In den Projektionsberichten 2023 und 2024 wurde dies noch nicht berücksichtigt, da die ersten Zahlen zur Menge der nicht-nachhaltigen Biomasse im ETS erst mit der Artikel 21-Berichterstattung Mitte 2024 vorliegen. Für zukünftige Projektionen muss die Methodik an dieser Stelle angepasst werden.

Für die nicht komplett einem Bereich zuordenbaren Brennstoffeinsätze und Emissionen wird eine Vielzahl von Informationen genutzt. Insbesondere sind hier zu nennen:

- Explizite Berechnungen, wie beispielsweise bei den öffentlichen Kraftwerken die Menge an Erdgas, die durch kleine, nicht dem ETS-1 unterfallenden BHKWs verbraucht werden;
- externe Datenquellen wie beispielsweise die sogenannte Annex-V-Tabelle (siehe Abschnitt „Analyse der Annex-V-Tabellen“);
- Schätzungen von Expert\*innen für die jeweiligen Subsektoren.

Da sowohl der ETS als auch das BEHG bei Verbrennungsprozessen ausschließlich CO<sub>2</sub> adressieren, werden sämtliche verbrennungsbedingten Methan- und Lachgasemissionen dem ESR außerhalb des nEHS zugeordnet.<sup>18</sup>

Für die Emissionen aus Industrieprozessen und Produktverwendung (CRF 2) wird für die mineralische Industrie (CRF 2.A), die chemische Industrie (CRF 2.B) und die Metallproduktion (CRF 2.C) vereinfacht angenommen, dass deren CO<sub>2</sub>-Emissionen komplett unter den ETS-1 fallen. Ebenso werden die Lachgas-Emissionen der Salpetersäure- und Adipinsäureproduktion (CRF 2.B.2/2.B.3) sowie die Emissionen von perfluorierten Kohlenwasserstoffen (FKW)<sup>19</sup> der Aluminiumproduktion (CRF 2.C.3) komplett dem ETS-1 zugeordnet.

Für die Emissionen aus der Ammoniakproduktion (CRF 2.B.1) gibt es einen wesentlichen methodischen Unterschied zwischen Berichterstattung im ETS (Europäische Kommission 2012; 2018) und der Methode der Treibhausgasinventare (IPCC 2006). Im ETS wird CO<sub>2</sub> aus der Ammoniakproduktion, das in einem nachfolgenden Produktionsschritt zur Herstellung von Harnstoff verwendet wird, trotzdem als emittiert berichtet. Im Treibhausgasinventar hingegen wird dies nicht als Emission der Ammoniakproduktion berichtet. Stattdessen werden die tatsächlichen Emissionen bei der Harnstoffanwendung ausgewiesen. Hierbei sind insbesondere zwei Anwendungen zu nennen: Harnstoff als Düngemittel in der Landwirtschaft (CRF 3.H) und in steigendem Maße harnstoffhaltiges AdBlue in Dieselfahrzeugen (Teil von CRF 2.D.3) (Graichen et al. 2021). Daher wird das bei der Ammoniakherstellung zurückgewonnene („CO<sub>2</sub> recovery“) und in Harnstoff umgewandelte CO<sub>2</sub> ebenfalls als ETS-1-Emission gewertet.

Die auf detaillierter Ebene ermittelten Emissionsanteile werden in einem letzten Schritt aggregiert und ergeben somit die gesamten ETS-1- und ESR-, sowie nEHS-Emissionen. Auf aggregierter Ebene lassen sich die ETS-1-Anteile wiederum pro Klimaschutzgesetz-Sektor angeben. Die sich nach aktuellem Stand für den Projektionsbericht 2023 ergebenden sektoralen Anteile für die Jahre 2005 bis 2020 sind in folgender Tabelle 5 dokumentiert. Dabei wurden für die Jahre 2005 bis 2012 eine Emissionsschätzung zur Herstellung eines vergleichbaren ETS-1-Anwendungsbereichs vorgenommen (ETC/CME 2019)<sup>20</sup>. Das bedeutet, dass die kompletten Zeitreihen dem ab dem Jahr 2013 gültigen Anwendungsbereich des ETS-1 entsprechen (einschließlich Luftverkehr).

<sup>18</sup> Das Unterkapitel beschreibt die Methodik des Projektionsberichts 2023 und basiert somit auf dem Stand der Emissionshandelsrichtlinie von 2021. Die Ausweitung des ETS-1 auf die CO<sub>2</sub>- und Methanemissionen des Seeverkehrs ist folglich noch nicht berücksichtigt.

<sup>19</sup> Englisch: perfluorocarbons (PFC)

<sup>20</sup> Eine Überarbeitung dieser Bereinigung soll im Jahr 2022 veröffentlicht werden und wird zu leichten Anpassungen führen.

**Tabelle 5: ETS-1-Anteile nach Klimaschutzgesetz-Sektoren im Datengerüst des Projektionsberichts 2023**

Sektor	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Energiewirtschaft	91%	91%	91%	91%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	89%	89%	88%	88%	86%	84%
Industrie	81%	80%	82%	79%	78%	78%	78%	76%	77%	77%	78%	78%	78%	80%	76%	79%
Gebäude	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,2%	0,2%	0,4%	0,4%
Verkehr	1,5%	1,6%	1,7%	1,7%	1,6%	1,5%	1,4%	1,4%	1,3%	1,2%	1,2%	1,3%	1,3%	1,3%	1,4%	0,7%
<b>Summe</b>	<b>52%</b>	<b>52%</b>	<b>55%</b>	<b>52%</b>	<b>51%</b>	<b>51%</b>	<b>52%</b>	<b>52%</b>	<b>51%</b>	<b>51%</b>	<b>51%</b>	<b>50%</b>	<b>49%</b>	<b>50%</b>	<b>45%</b>	<b>44%</b>

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von (EEA 2020; UBA 2021b; 2022b; 2022a)

© Öko-Institut 2023

Die Tabelle zeigt, dass die sektoralen ETS-1-Anteile nur in geringem Umfang schwanken. Insgesamt ist der ETS-1-Anteil im Zeitverlauf etwas rückläufig, verursacht durch einen etwas stärkeren Rückgang der ETS-1-Emissionen als der ESR-Emissionen. Der insgesamte Rückgang des ETS-1-Anteils ist vor allem auf einen Rückgang des ETS-1-Anteils der Energiewirtschaft zurückzuführen. Dies ist der Sektor, der in den letzten Jahren die dynamischste Entwicklung von allen zeigte.

Für die Modellierung stehen dem Öko-Institut über das Zentrale System Emissionen (ZSE) die Brennstoffeinsätze der Industriekraftwerke sowohl für die Strom- als auch für die Wärmeerzeugung zur Verfügung. Daher gibt es hier keine Abgrenzungsprobleme zwischen Brennstoffeinsätzen von Industrierwärmeerzeugern einerseits und Industriekraftwerken andererseits. Die Methodik des Öko-Instituts wird stetig fortentwickelt und den aktuellen Inventarrevisionen angepasst.

In den Trendtabellen des UBA (UBA 2022c) werden seit 2022 auch ETS-1-Anteile nach Klimaschutzgesetz-Sektoren ausgewiesen. Diese unterscheiden sich leicht von den in Tabelle 5 dargestellten Werten. Der den Auftragnehmern letzte bekannte Stand der Methode des UBA zur Zuordnung der ETS-Emissionen zu CRF-Kategorien ist in Kapitel 3.2.2 des UBA ETS-Handbuchs dokumentiert (Graichen et al. 2021). Demnach werden die ETS-Emissionen jeweils einer EU-ETS-1-Tätigkeit basierend auf Stoffstromdaten, weiteren Daten aus den Emissionsberichten der ETS-1-Anlagen und Expertenwissen auf eine oder mehrere CRF-Quellgruppen verteilt.

Zumindest für das Jahr 2020 basieren die ETS-Anteile der Trendtabellen direkt auf der Zuordnung für die Annex-V-Tabelle. Allerdings enthalten sie nicht die Anpassungen zur Umgruppierung von ETS-1-Emissionen, deren Menge die Inventarkategorien übersteigen (s. Erläuterung in Fußnote 25).

### **Methode für Energiebilanz-basierte Projektionen**

Eine Modellierung, die auf der Energiebilanz statt dem Treibhausgasinventar aufsetzt, wurde für die Projektion verwendet, die als Grundlage für die Aktualisierung des NECP (BMW 2020) dienen sollte.<sup>21</sup> Ziel war es im Jahr 2021, für diese Modellierung einen ähnlichen Ansatz zur Aufteilung der Emissionen in ETS-1/ESR/nEHS wie im Projektionsbericht zu entwickeln, die den damaligen Umfang des EU-ETS abbildet. Damit sollten dann die Projektionsergebnisse aus verschiedenen

<sup>21</sup> Die Methode wurde entwickelt, aber die Ergebnisse wurden nicht veröffentlicht, da in der Aktualisierung des NECP 2023 die Projektionsdaten aus dem Projektionsbericht 2023 übernommen.

Modellierungsarbeiten sowohl für die Emissionen aus ETS-1/ESR als auch die Emissionen im nEHS besser vergleichbar werden.

Zur Aufteilung der Emissionen auf ETS-1- und ESR-Emissionen bieten sich bei solchen energiebilanz-basierten Projektionen zwei Ansätze an:

- 1.** Anwendung der ETS-1-Anteile gemäß Tabelle 5, ggf. unter Berücksichtigung des langfristigen Trends bei der Energiewirtschaft hin zu sinkenden ETS-1-Anteilen.
- 2.** Detailliertere Berechnung für einzelne Subsektoren und/oder Brennstoffe in Anlehnung an die Methode des Projektionsberichts.

Natürlich ist auch eine Kombination der beiden Methoden möglich, beispielsweise eine detaillierte Betrachtung für die Energiewirtschaft und die Industrie und Anwendung sektoraler ETS-Anteile für die übrigen Sektoren, wie z.B. die Nutzung eines pauschalen ETS-1-Anteils von 0,5 % für den Gebäudesektor ohne weitere Branchen- oder Brennstoffdifferenzierung.

Gegenüber dem Projektionsbericht stehen bei einer Energiebilanz-basierten Projektion insbesondere die energetischen Treibhausgasemissionen der Industrie in einer detaillierteren Branchenstruktur zur Verfügung. Für die Modellierung im BMWi-Projekt „Energie- und Klimaschutzprojektionen 2035/2050“ wurde deshalb der folgende Ansatz gewählt, der diese andere Datenstruktur nutzt.

Etwa 70 Zeitreihen, die jeweils einer Branche bzw. einem Prozess entsprechen, wurden als ganz oder teilweise dem ETS-1 zugehörig identifiziert. Für jede dieser Zeitreihen wurde dafür ein dem ETS-1 unterliegender Anteil der fossilen CO<sub>2</sub>-Emissionen bestimmt. Diese Anteile liegen bei 90 % bis 100 % für Grundstoff- und Schwerindustrien wie beispielsweise Raffinerien, Eisen- und Stahlerzeugung, Kohleverarbeitung, der Grundstoffchemie und der Zementherstellung. Für die weiterverarbeitenden, meist weniger energieintensiven Industriebranchen wurden entsprechend niedrigere ETS-1-Anteile angesetzt.

Für die Strom- und Wärmeerzeugung wurde dieser Ansatz erweitert. Hier wurde zusätzlich berücksichtigt, dass gerade kleine Erdgaskraftwerke häufig nicht unter den ETS-1<sup>22</sup> fallen und dass die Müllverbrennung aktuell nicht vom ETS-1 erfasst ist. Auch wurde berücksichtigt, dass es einen generellen Trend zur dezentralen Strom- und Wärmeerzeugung gibt, was durch einen im Zeitverlauf leicht sinkenden ETS-1-Anteil berücksichtigt wurde.

Bei der Salpetersäure- und Adipinsäure- sowie der Aluminiumproduktion unterliegen nicht nur die Emissionen von CO<sub>2</sub> sondern auch weitere Treibhausgase (Lachgas bzw. F-Gase) dem ETS-1. Dies wurde entsprechend abgebildet.

Neben der Energiewirtschaft und der Industrie gibt es weitere einzelne Branchen, die vom ETS-1 erfasst sind. So unterliegen dem ETS-1 auch einzelne große Krankenhäuser (zumeist Universitätskliniken), die in der Energiebilanz unter den GHD-Sektor fallen. Auch der gewerbliche Luftverkehr, der den Großteil des Luftverkehrs ausmacht, ist Teil des EU ETS-1.

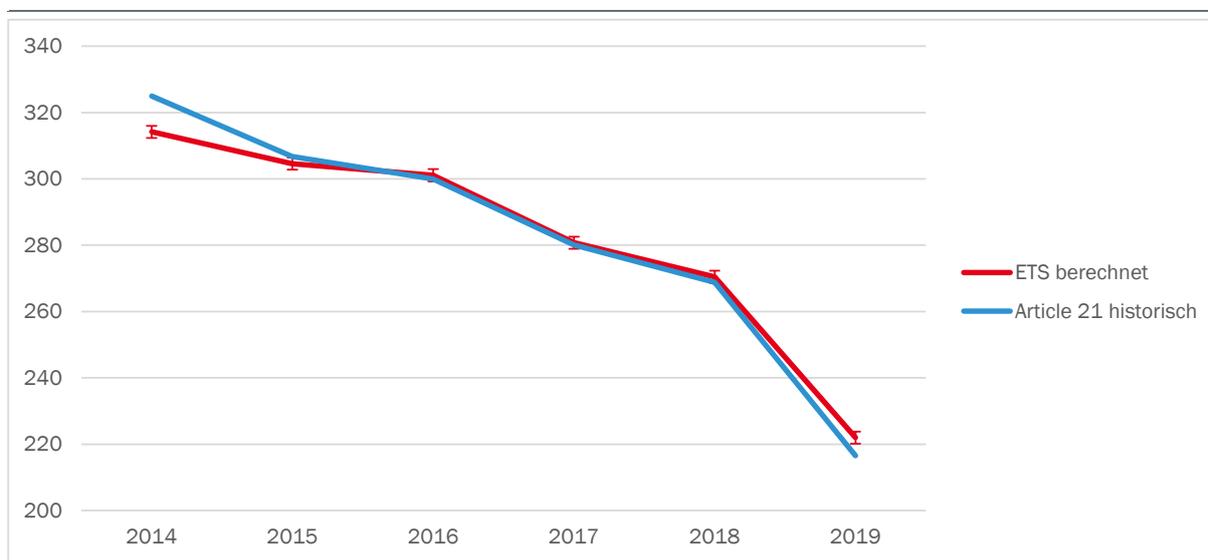
Die folgenden Ergebnisse beziehen sich auf im Jahr 2021 durchgeführte Analysen und Berechnungen, daher sind die Daten weniger aktuell als bei den Projektionsberichtsdaten.

<sup>22</sup> Infolge der EU-ETS-Novelle von 2023, die in dieser Analyse nicht betrachtet wurde, fallen künftig auch kleine Erdgaskraftwerke unter das EU-ETS Regime, unter den EU-Brennstoffemissionshandel nach Kapitel Iva EURL.

Die Kalibrierung der Anteile erfolgte dabei nicht für ein einzelnes Jahr, sondern in der Zusammenschau der Jahre 2014 bis 2019. Besonders hilfreich war hierbei der deutliche Emissionsrückgang in der Energiewirtschaft von 2018 nach 2019.

Die Ergebnisse der Kalibrierung sind in Abbildung 2 für die Energiewirtschaft und in Abbildung 3 für die Industrie abgebildet. Dargestellt sind dabei die aus dem Datengerüst der Modellierung aus dem laufenden BMWi-Projekt „Energie- und Klimaschutzprojektionen 2035/2050“ berechneten ETS-Emissionen (rot) und die historischen ETS-Emissionen, aus den in die KSG-Struktur aggregierten Daten der ETS-Article-21-Reports (blau) (Eionet Central Data Repository 2015-2020).<sup>23</sup> Zu beachten ist, dass die vertikale Achse abgeschnitten ist, um die Unterschiede deutlicher sichtbar zu machen.

**Abbildung 2: ETS-1-Emissionen der Energiewirtschaft in Mt CO<sub>2</sub>eq**



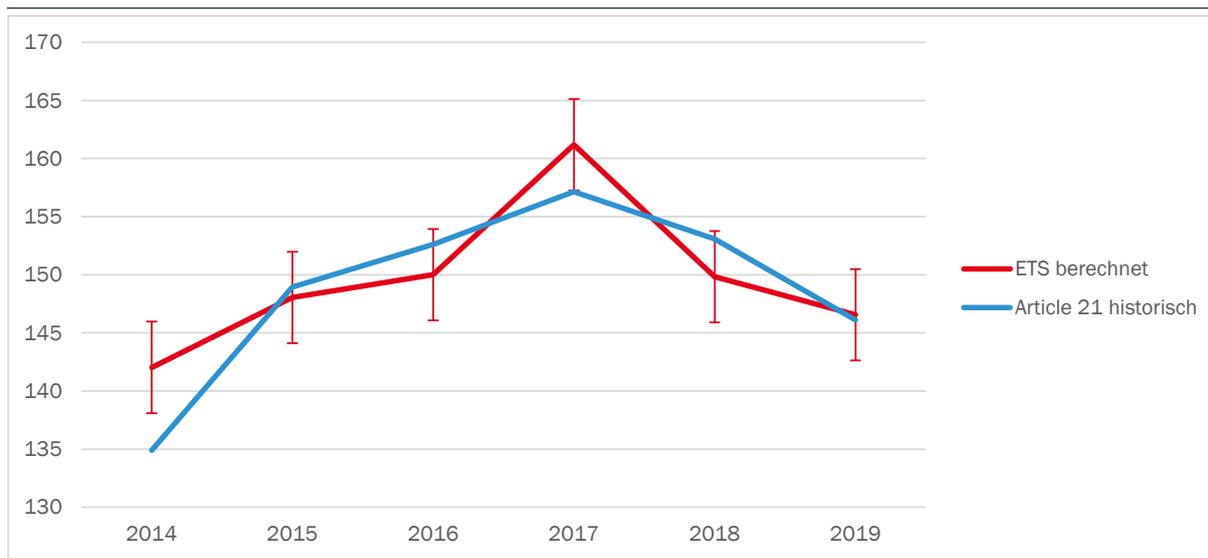
Anmerkung:

Quelle: (Eionet Central Data Repository 2015-2020), eigene Berechnungen

© Öko-Institut, 2021

<sup>23</sup> In den Article-21-Reports berichten die Mitgliedstaaten aufgrund von Artikel 21 der Emissionshandelsrichtlinie jährlich in Form eines Fragebogens Daten an die Europäische Kommission. Diese enthalten unter anderem verifizierte ETS-1-Emissionen nach CRF-Kategorien des jeweiligen Vorjahres basierend auf den Emissionsdaten der Anlagebetreiber. Da die KSG-Sektoren nach Anlage 1 KSG ebenfalls über CRF-Kategorien definiert sind, lassen sich die Emissionsdaten aus den Article-21-Reports eindeutig in ETS-1-Emissionen je KSG-Sektor umrechnen.

**Abbildung 3: ETS-1-Emissionen der Industrie in Mt CO<sub>2</sub>eq**



Quelle: (Eionet Central Data Repository 2015-2020), eigene Berechnungen

© Öko-Institut, 2021

Eine möglichst gute Übereinstimmung der berechneten mit den historischen Emissionen wurde zwar angestrebt, eine exakte Übereinstimmung ist aber aus mehreren Gründen nicht möglich:

- Die angewandte Methode ignoriert, dass die ETS-1-Anteile in einzelnen Branchen von Jahr zu Jahr leicht schwanken können.
- Bereits die genutzten Datenquellen für die historischen Jahre sind untereinander nicht voll konsistent. Beispielsweise weichen die auf Basis der Energiebilanz berechneten sektoralen Emissionen von den Daten des Treibhausgasinventars ab. Damit sind bereits die Ausgangswerte, auf die die ETS-1-Anteile angewandt werden, bereits intrinsisch fehlerbehaftet. Entsprechend weist auch eine Kalibrierung mit den auf den Emissionsreports der Anlagebetreiber basierten Article-21 Daten Unsicherheiten auf.
- Die Article-21-Reports sind trotz Nutzung gleicher CRF-Codes nicht voll konsistent mit dem Treibhausgasinventar. Illustriert werden die damit verbundenen Unsicherheiten durch die in den Abbildungen angegebenen Fehlerbalken.<sup>24</sup> Abweichungen außerhalb der Fehlerbalken deuten auf weitere, unbekannte und daher nicht quantifizierbare Fehlerquellen jenseits der Datenbasen hin.

In Tabelle 6 zeigen sich die Ergebnisse der aufgeführten historischen ETS-1-Anteile für die einzelnen Klimaschutzplan-Sektoren.

**Tabelle 6: ETS-1-Anteile nach Klimaschutzgesetz-Sektoren im Datengerüst zur Modellierung im BMWi-Projekt „Energie- und Klimaschutzprojektionen 2035/2050“**

Sektor	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Energiewirtschaft	88%	89%	89%	88%	88%	87%	87%	88%	88%	88%	87%	87%	86%	87%	85%
Industrie	84%	81%	81%	82%	81%	81%	82%	81%	80%	80%	81%	80%	81%	81%	81%

<sup>24</sup> Die Größenordnung der Fehlergrenzen wurde als Mittelwert der absoluten Abweichungen der Datenbasis der Modellierung des laufenden BMWi-Projekts „Energie- und Klimaschutzprojektionen 2035/2050“ vom THG-Inventar für die Jahre 2014 bis 2019 abgeschätzt.

Gebäude	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Verkehr	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Landwirtschaft	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Abfallwirtschaft und Sonstiges	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Summe	52%	51%	54%	52%	51%	51%	52%	52%	51%	51%	51%	50%	50%	50%	46%

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von (UBA 2021b; EEA 2020)

© Öko-Institut 2021

## Analyse der Annex-V-Tabellen

Die unter der MMR bzw. Governance-VO berichteten Annex-V-Tabellen weisen eine Zuordnung der ETS-1-Emissionen entlang der Inventarkategorien aus. Eine Analyse dieser Tabellen gibt damit wichtige Anhaltspunkte zur historischen Zuordnung der ETS-1-Emissionen. Allerdings sind eigene Anpassungen zur Interpretation der Ergebnisse erforderlich<sup>25</sup>. Mit diesen ergeben sich die in Tabelle 7 und Tabelle 8 dargestellten Anteile an ETS-1-Emissionen für die jeweiligen Inventarkategorien für die Jahre 2018 und 2019.

<sup>25</sup> Die Anpassungen bestehen vor allem darin, augenscheinliche Ungereimtheiten bei den Zuordnungen auszugleichen. Da die Zuordnungen der ETS-Emissionen zu den Inventarkategorien nicht eindeutig erfolgen kann, übersteigen in einigen Fällen die ETS-Emissionen, die THG-Emissionen der jeweiligen Kategorien. In diesen Fällen wurden die „überschüssigen“ ETS-Emissionen umverteilt auf geeignete andere Kategorien. Diese erforderlichen Mechanismen unterscheiden sich deutlich zwischen den Jahren, die Methodik der Berichterstattung entwickelt sich von Jahr zu Jahr weiter. Die Annex V Tabellen werden einmal im Jahr berichtet und werden anders als die Inventare nicht für die Vorjahre angepasst.

**Tabelle 7: Anteil an ETS-1-Emissionen in Inventarkategorien im Jahr 2018**

Inventarkategorien	Anteil der ETS-Emissionen an den gesamten THG-Emissionen der Inventarkategorie	Bemerkung
1.A.1 Energy industries	92%	
1.A.2. Manufacturing industries and construction	89%	Ausgleich vorgenommen mit 2.A und 2.B
1.A.3. Transport	0,7%	Pipeline-Transport
1.A.4 Other sectors	0,2%	Vor allem Commercial (deutsch: Gewerbe, Handel, Dienstleistungen)
1.B Fugitive emissions from Fuels	-	
2.A Mineral products	100%	Überschüssige ETS-1-Emissionen nach 1.A.2
2.B Chemical industry	66%	Mit N <sub>2</sub> O-Emissionen. Anteil von 2019 übernommen, überschüssige ETS-1-Emissionen nach 1.A.2
2.C Metal production	69%	Mit PFC-Emissionen

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von (UBA 2020b);

© Öko-Institut 2021

**Tabelle 8: Anteil an ETS-1-Emissionen in Inventarkategorien im Jahr 2019**

Inventarkategorien	Anteil der ETS-1-Emissionen an den gesamten THG-Emissionen der Inventarkategorie	Bemerkung
1.A.2. Manufacturing industries and construction	82%	Ausgleich vorgenommen mit 2.C
1.A.3. Transport	0,7%	Pipeline-Transport, überschüssige ETS-1-Emissionen nach 1.A.1
1.A.4 Other sectors	0,4%	Vor allem Commercial
1.B Fugitive emissions from Fuels	22%	
2.A Mineral products	99%	
2.B Chemical industry	66%	Mit N <sub>2</sub> O-Emissionen
2.C Metal production	100%	Mit PFC-Emissionen, <b>überschüssige ETS-1-Emissionen nach 1.A.1 (25%) und 1.A.2 (75%)</b>

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von (UBA 2021a);

© Öko-Institut 2021

Diese Ergebnisse können entsprechend der Sektoren nach dem deutschen Klimaschutzziel umgewandelt werden:

**Tabelle 9: ETS-1-Anteil der Emissionen in den Jahren 2018 und 2019 nach Klimaschutzgesetz-Sektoren**

Sektoren	Inventarkategorien	Anteil der ETS-1-Emissionen	
		2018	2019
Energiewirtschaft	1.A.1 + 1.B + 1.A.3.e	88%	85%
Industrie	1.A.2 + 2	80%	77%
Gebäude	1.A.4.a + 1.A.4.b + 1.A.5	0,2%	0,4%
Verkehr	1.A.3 – 1.A.3.e	0,7%	0,7%
Landwirtschaft	1.A.4.c + 3	0%	0%
Sonstige	5	0%	0%

Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von (UBA 2021a);

© Öko-Institut 2021

Aus den Ergebnissen des Projektionsberichts ergeben sich leicht abweichende ETS-1-Anteile (wie z.B. im Bereich der Landwirtschaft), weil die Datengrundlage eine andere ist. Nach Kenntnis der

Auftragnehmer basieren die Annex-V-Tabellen auf den Monitoringdaten der ETS-Berichterstattung nach den Article-21 Reports. Die Datengrundlage für den Projektionsbericht hingegen ist das Treibhausgasinventar und somit ein komplett anderes Berichtssystem.

### 3.4.3 nEHS-Emissionen

Im Projektionsbericht 2023 und 2024 werden diejenigen Emissionen als BEHG-Emissionen berechnet, für die auch die Preise des nEHS tatsächlich wirksam werden. Nach § 3 Abs. 3 BEHG ist eine Emissionserhöhungsmenge vorgesehen. Diese umfasst diejenigen Emissionen, für die es Erstattungs- bzw. Abzugsregeln wegen Doppelbelastungen mit dem ETS-1 gibt. Diese Erhöhungsmenge wird für den Projektionsbericht weder berechnet noch ausgewiesen.

In dieser Projektionsberichtsmethode wird für jeden einzelnen Sektor jeder Brennstoffeinsatz und die mit dem Brennstoffeinsatz verbundenen Emissionen somit überschneidungsfrei auf drei Teile aufgeteilt (wie bereits in Abschnitt 3.4.2 erläutert):

- Anteil im ETS
- Anteil im nEHS
- Anteil im ESR außerhalb des nEHS

Für den Projektionsbericht 2023 wurde (wie auch in den Vorgängerberichten) ein Modellierungsansatz gewählt, bei dem nicht ein übergreifendes Energiesystemmodell zum Einsatz kommt, sondern mehrere detaillierte Sektormodelle miteinander verbunden werden. Da in einem solchen Modellverbund eine exakte Einhaltung der zulässigen nEHS-Emissionsmenge nur über aufwändige Iterationen möglich wäre, wurde stattdessen den einzelnen Sektormodellen ein BEHG-CO<sub>2</sub>-Preisfad über die Festpreisphase hinaus vorgegeben. Die für die einzelnen Jahre 2021 bis 2030 zulässigen BEHG-Jahresemissionsmengen („BEHG-Cap“) werden wie oben beschrieben ohne die Erhöhungsmenge angegeben. Aussagen über die Einhaltung oder Verfehlung der BEHG-Cap beziehen sich also immer auf die Brennstoffmengen, für auch der BEHG-CO<sub>2</sub>-Preis tatsächlich wirksam ist.

Die folgenden Anteile nach der Definition des BEHG als Brennstoffemissionen geltenden Emissionen ergeben sich für den Projektionsbericht 2023 für die Jahre 2010 bis 2020 – und können entsprechend auch bei anderen Modellierungen verwendet werden.

**Tabelle 10: Anteile der nach BEHG als Brennstoffemissionen geltenden Emissionen**

<b>Sektor</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Anteil an ESR-Emissionen	73,9%	75,1%	73,1%	75,1%	74,6%	75,5%	74,6%	74,6%	75,4%	74,5%	75,0%
Anteil an Gesamtemissionen	35,3%	35,9%	32,8%	35,8%	36,6%	36,7%	35,7%	35,8%	36,5%	36,0%	36,9%

Quelle: Eigene Berechnungen

© Öko-Institut 2022

## 3.5 Ziele im LULUCF-Bereich

Die Emissionen und Einbindungen (Senken) des Bereichs der Landnutzung, Landnutzungsänderung und der Forstwirtschaft (Land Use, Land Use Change and Forestry – LULUCF) spielen durch

die Einbeziehung in die Europäischen Klimaziele im Jahr 2021 eine zunehmend wichtige Rolle. So wurden in der Revision des deutschen Klimaschutzgesetzes im Jahr 2021 auch Ziele für Netto-Einbindungen aus diesem Sektor aufgenommen. Sowohl die europäischen als auch die nationalen Ziele in diesem Sektor basieren auf den Informationen in den Treibhausgasinventaren, Quellkategorie 4. In den folgenden Abschnitten werden die Parallelen und Unterschiede erläutert.

### 3.5.1 Nach dem Klimaschutzgesetz

Im deutschen Klimaschutzgesetz §3a werden absolute, natürliche Senkenziele für die Zieljahre 2030, 2040 und 2050 gesetzt. Diese beziehen sich auf den Mittelwert der jährlichen Emissionsbilanzen dieser Zieljahre und der drei jeweils vorhergehenden Kalenderjahre. Die Senkenziele betragen minus 25, 35 bzw. 40 Mt CO<sub>2</sub>eq in den jeweiligen Zieljahren.

Die Information in Treibhausgas-Projektionen zur Entwicklung der Emissionen oder Einbindungen als jährliche Emissionsbilanz des Sektors 4 ist ausreichend, um Angaben zur Entwicklung in Bezug auf diese Klimaziele zu erlauben.

### 3.5.2 Nach der LULUCF-Verordnung

Die LULUCF-Verordnung (European Union 2018) trat wie die Effort-Sharing-Regulation im Jahr 2018 in Kraft und ersetzte die LULUCF-Entscheidung (EC 2013a). Sie bildet damit neben dem EU-ETS und der Effort-Sharing-Regulation eine eigene Säule der EU-Klimaschutzpolitik.

Die LULUCF-Verordnung unterscheidet die folgenden Kategorien:

- Aufgeforstete Flächen
- Entwaldete Flächen
- Bewirtschaftete Ackerflächen
- Bewirtschaftetes Grünland
- Bewirtschaftete Waldflächen
- Bewirtschaftete Feuchtgebieten

In der Verordnung von 2018 wurde erstmalig eine Zielsetzung für die einzelnen Mitgliedsstaaten vorgeben: Anrechenbare Emissionen und Senken aus diesem Sektor sollten sich über die Perioden 2021-2025 und 2026-2030 jeweils mindestens ausgleichen („no-debit obligation“), Außerdem werden in dieser Verordnung die Regeln zur Anrechnung („accounting rules“) für die einzelnen Untersektoren festgelegt. Bei der Anwendung dieser Anrechnungsregeln lässt sich die Zielerreichung nicht direkt aus den Inventaremissionen ablesen, sondern basiert allein auf den anrechenbaren Emissionen. Damit ist eine saubere Unterscheidung zwischen „berichteten“ Emissionen, entsprechend der jährlichen THG-Inventare und den „anrechenbaren“ Emissionen erforderlich.

Mit der Revision der LULUCF-Verordnung im Jahr 2023 wurde die nationale Zielsetzung durch das Accounting begrenzt auf die Periode 2021-2025. Für die Jahre 2026-2029 haben die Länder nun Senken-Budgets einzuhalten und für das Jahr 2030 absolute Senken-Ziele zu erreichen (European Union 2023). Für die Vergleichbarkeit der quantitativen Ziele im Jahr 2030 mit den Zielen für Deutschland nach der LULUCF-Verordnung (s. nächsten Abschnitt) siehe Gores et al. (2023).

## Accounting 2021-2025

Die Anrechnung für **aufgeforstete und entwaldete Flächen** basiert auf einer Brutto-netto-Anrechnung. Das bedeutet, dass die gesamten Netto-Emissionen oder -Einbindungen während der Periode berücksichtigt werden - die berichteten Emissionen und Einbindungen entsprechen damit den anrechenbaren.

Die Anrechnung für **bewirtschaftete Ackerflächen, Grünland und Feuchtgebiete** erfolgt als Netto-netto-Anrechnung, das bedeutet die Netto-Emissionen oder -Einbindungen in den jeweiligen Perioden werden mit den durchschnittlichen Emissionen oder Einbindungen in der Periode 2005-2009 verglichen. Ob diese Kategorien also Netto-Emissionen oder -Einbindungen im aktuellen Inventar darstellen, wird bei der Anrechnungsmethode nicht berücksichtigt – allein die Veränderung zur Basisperiode ist relevant für die Anrechnung. Die Einbeziehung von bewirtschafteten Feuchtgebieten ist erst ab 2026 verpflichtend und davor freiwillig. Die Europäische Kommission musste bis Ende 2020 über die Entscheidung informiert werden. Deutschland hat entschieden, die bewirtschafteten Feuchtgebiete bereits in der Periode 2021–2025 zu verbuchen.

Die Anrechnung der **bewirtschafteten Waldflächen** erfolgt im Vergleich zu einem „Forest Reference Level“ (FRL). Dieses stellt die kontrafaktische Entwicklung der Emissionen und Einbindungen dar, wenn die „nachhaltige Waldbewirtschaftungspraxis“, wie in der Periode von 2000 bis 2009, fortgesetzt würde, wobei eine konstante Rate der Nutzung von Rohmaterial und energetischer Biomasse angenommen wird. Die Festlegung der FRL erfolgte von den Mitgliedsstaaten in einem Diskussions- und Reviewprozess, der 2020 mit der Festlegung der FRL für die Periode 2021–2025 in einem Durchführungsrechtsakt (EU 2021/268) vorläufig beendet wurde. Eine Überarbeitung dieser FRL kann noch bis zum Jahr 2027 erfolgen, um methodologische Konsistenz mit den aktuellen Inventaren zu sichern.

Weitere Erläuterungen zum Accounting System der LULUCF-Verordnung können im erklärenden-Dokument „EU LULUCF Regulation explained“ (Böttcher et al. 2019) gefunden werden.

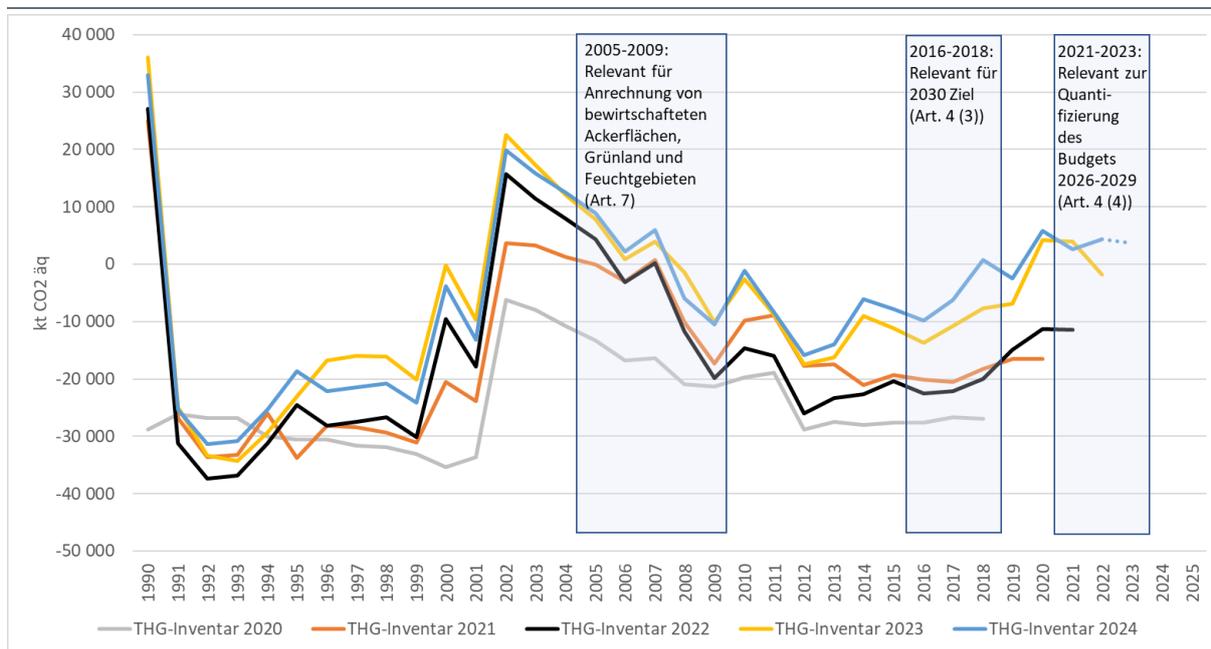
## 2026-2030: Budget und absolutes Ziel

In Artikel 4 der revidierten LULUCF-VO wird festgelegt, wie das europäische LULUCF-Senkenziel von 310 Mt CO<sub>2</sub>eq im Jahr 2030 auf die Mitgliedsstaaten verteilt wird: Jedes Land hat einen zusätzlichen Senkenbetrag zu leisten, der relativ zum mittleren Inventarergebnis der Jahre 2016-2018 ist. Für Deutschland beträgt dieser nach Annex IIa –3,751 Mt CO<sub>2</sub> eq. Berechnet wurde dieser auf Basis des Inventars des Jahres 2020: Mit diesem Inventar hätte Deutschland eine Senkenleistung von –30,84 Mt CO<sub>2</sub>eq zum europäischen Senkenziel beizutragen.

Das Emissionsbudget berechnet sich auf Basis des Mittelwertes der Jahre 2021-2023: Dieser bildet den Startwert der Trajektorie im Jahr 2022 zum Senkenziel im Jahr 2030. Für die Jahre 2026 bis 2029 sollen die Einbindungen die Summe der Differenz zwischen der Trajektorie und dem Mittelwert nicht unterschreiten. Für Details hierzu siehe EEA (2024) .

Das Emissionsbudget wird mit dem Treibhausgas-Inventar des Jahres 2025 gesetzlich fixiert. Das endgültige, absolute Ziel 2030 wird jedoch erst mit dem Inventar des Jahres 2032 final festgelegt werden. Bis dahin sind noch deutlich Schwankungen in der Berichterstattung zu den Emissionen und Einbindungen des Sektors zu erwarten, insbesondere auch mit den neuen Daten der Waldinventur 2024. Abbildung 4 veranschaulicht die zu beobachtenden Änderungen zwischen den verschiedenen Jahren und markiert die zielrelevanten Zeitabschnitte.

**Abbildung 4: Deutsche LULUCF-Emissionen und Einbindungen nach THG-Inventaren 2020 bis 2023**



Anmerkungen: Die gestrichelte Information weist die Vorjahresschätzung aus.  
 Quelle: (UBA 2023; 2022b; 2021b; 2020a; 2024); eigene Berechnungen

© Öko-Institut, 2024

## Compliance

Die Compliance erfolgt jeweils für die Perioden in den Jahren 2027 und 2032 in Form eines „Compliance-Berichts“, den die EU-Mitgliedsstaaten abzugeben haben. In diesem wird die Zielerreichung auf Basis des letztverfügbaren Inventars erläutert ebenso wie die geplante Anwendung der möglichen Flexibilitäten. Der Compliance-Zeitraum beginnt nach gesetzlicher Festlegung der Emissionen und Einbindungen gegen Ende des Jahres 2027 bzw. 2032. Innerhalb von 4 Monaten müssen dann etwaige Netto-Emissionen aus dem Sektor durch den Einsatz von Emissionszuweisungen aus dem Effort-Sharing-Bereich (Annual Emission Allowances, AEA) oder den Zukauf von Land Mitigation Units (LMU) aus anderen Mitgliedsstaaten ausgeglichen werden (LULUCF-VO 12(1) & (2)). Siehe dazu auch Gores et al. (2024).

## Darstellung in den Projektionen

Projektionen im LULUCF Bereich müssen sauber unterschieden werden nach berichteten Emissionen und Einbindungen **entsprechend der UNFCCC-Kategorien** und für 2021-2025 entsprechend der **angerechneten** Emissionen und Einbindungen. Dieses geschieht unter der Berichterstattung der Governance-Verordnung (EU 2018a) bzw. dem Durchführungsrechtakt (EC 2020a), Annex XXV.

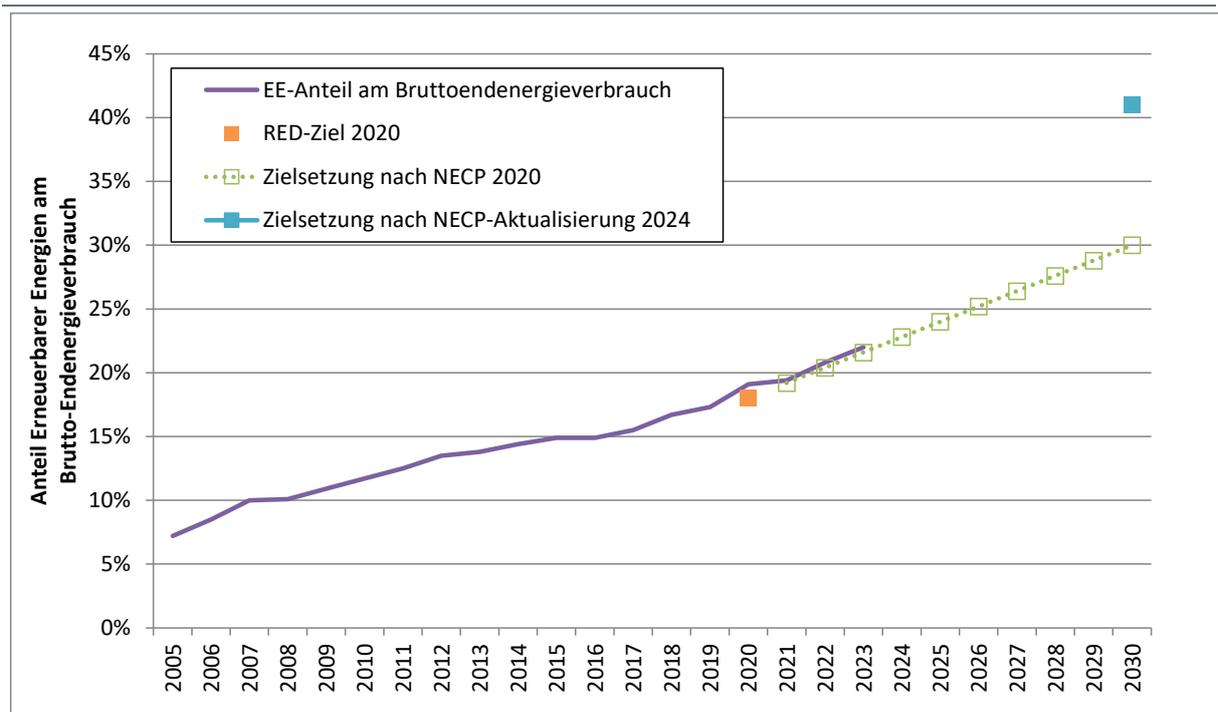
Wegen umfangreicher Anrechnungsregeln und sich in zukünftigen Jahren ändernder Referenzlevel, aber auch wegen der großen Schwankungsbreite der Inventarinformation und der Projektionsergebnisse, muss erwogen werden, ob der erhebliche Aufwand zur Berechnung der **angerechneten** Emissionen und Einbindungen im Verhältnis zum Erkenntnisgewinn steht.

## 4 Ziele für erneuerbare Energien

### 4.1 Nationale Zielsetzungen

Das Umweltbundesamt veröffentlicht regelmäßig den Anteil erneuerbarer Energien. Im Jahr 2023 betrug dieser bezogen auf den Bruttoendenergiebedarf, entsprechend der EU-Erneuerbaren Energien Richtlinie 22,0 %<sup>26</sup>. Damit liegt dieser Wert nahezu exakt auf der Ziellinie, die sich aus der Zielsetzung des ersten Nationalen Energie- und Klimaplan (BMWi 2020) für 2030 ergeben würde (s. Abbildung 5). Das Ziel eines Anteils von 18 % im Jahr 2020 wurde erreicht und mit einem erreichten Anteil von 19,1 % übertroffen. Mit dem aktualisierten NECP (BMWK 2024) wurde der deutsche Beitrag zum EU-2030-Ziel von 30 % auf 41 % erhöht.

Abbildung 5: Anteil Erneuerbarer Energien am Brutto-Endenergieverbrauch



Quellen: (EU 2009; BMWK 2023; AGEE-Stat 2024; BMWK 2024; BMWi 2020)

© Öko-Institut, 2024

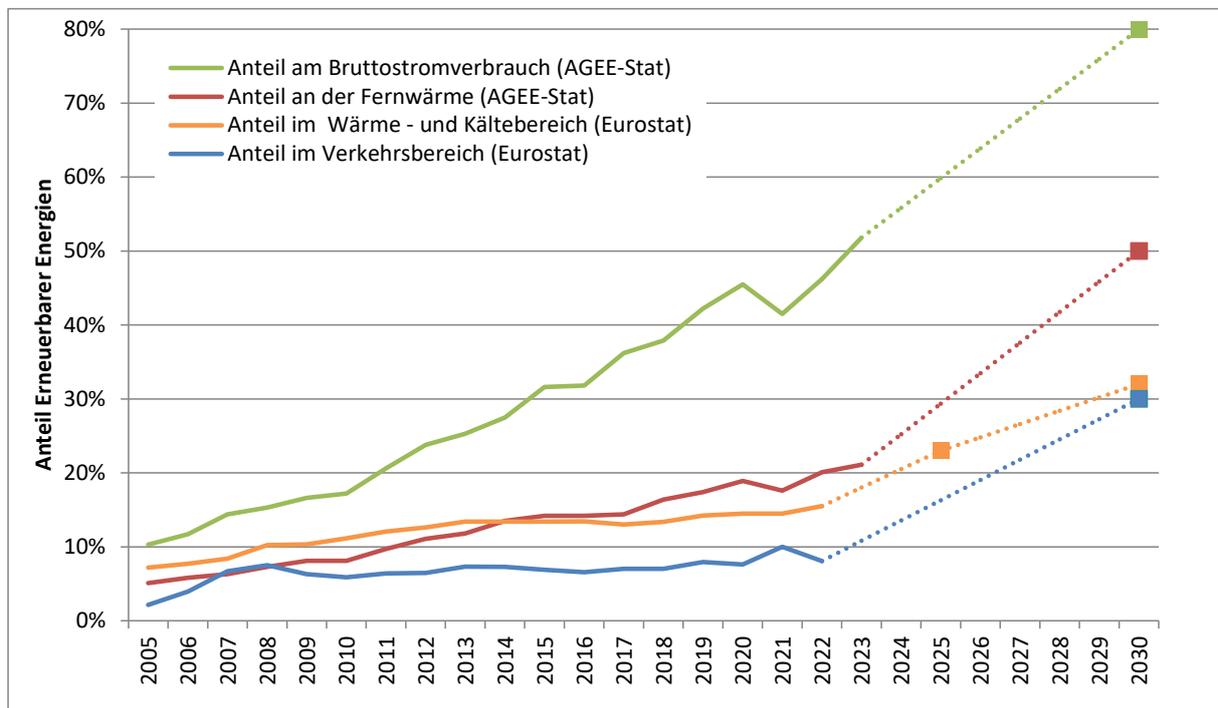
Die Anteile erneuerbarer Energien werden auch getrennt in drei verschiedenen Sektoren betrachtet und mit Zielen unterlegt. Abbildung 6 zeigt die historische Entwicklung und die aktuellen, gesetzten sektoralen Ziele. So bestand für den Anteil an erneuerbaren Energien im Verkehrsbereich für alle Länder nach der RED ein Ziel von 10 % im Jahr 2020 und von 14 % im Jahr 2030 nach der RED II (EU 2018b). In der aktualisierten RED III, auf die in Unterkapitel 4.2 eingegangen wird, wurde dieses Ziel auf 29% oder eine THG-Reduktion von 14,5% im Vergleich zu fossilen

<sup>26</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#ueberblick>

Brennstoffen angehoben. Für das Jahr 2030 wurde im ersten NECP 2020 für die Bereiche Wärme und Kälte einerseits und Verkehr andererseits jeweils ein Ziel von 27 % gesetzt, für den Anteil an der Stromerzeugung ein Ziel von 65 % (BMWi 2020). Mit dem Koalitionsvertrag von 2021 (SPD et al. 2021) wurde das Ziel des Anteils der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch von 65 % auf 80 % im Jahr 2030 erhöht. Das Stromziel wurde in § 1 Abs. 2 EEG gesetzlich fixiert. Im aktualisierten NECP 2024 wurden die Sektorziele erhöht: Für Verkehr wird ein Zielwert für 2030 auf 30% festgelegt. Für den Wärme und Kältesektor nach Artikel 23 der RED III wird ein Gesamtzielpfad von 23 % im Jahr 2025 und von 32 % im Jahr 2030 formuliert. Der Anteil des Anteils der Erneuerbaren Energien im Bruttostromverbrauch wird auf 80% angehoben (BMWK 2024).

Der Anteil der Erneuerbaren Energien am Wärmeverbrauch lag über der Zielmarke von 14 % im Jahr 2020 aus dem EEWärmeG. Der Anteil im Verkehrsbereich lag unter der Zielmarke von 10 %. Dabei ist zu beachten, dass sich bei den Anteilen im Verkehrsbereich erhebliche Differenzen zwischen den nationalen Werten nach AGEE-Stat (2024) und Eurostat (2024) zeigen, während die Unterschiede für die Anteile erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch und im Strombereich relativ gering sind. So liegt z.B. nach Eurostat der Anteil im Verkehrsbereich im Jahr 2022 bei 8,1 %, in der nationalen Statistik bei 7,3 %. Grund dafür sind die Anrechnungsregeln verschiedener Energieträger unter der Erneuerbaren-Energien-Richtlinie (s. Abbildung 6).

**Abbildung 6: Anteil Erneuerbarer Energien in den Verbrauchssektoren**



Gepunktete Linien sind rein indikativ. Die Sektorziele wurden für den Bruttostromverbrauch und die Fernwärme den nationalen Statistiken zugeordnet, für den Wärme- und Kältebereich sowie dem Verkehrsbereich den europäischen Statistiken. (Eurostat 2024; AGEE-Stat 2024; BMWK 2023; BMWK 2024)

© Öko-Institut 2024

Im Koalitionsvertrag von 2021 wurde darüber hinaus das Ziel formuliert, „50 Prozent der Wärme klimaneutral [zu] erzeugen“ (SPD et al. 2021), welches im aktualisierten NECP 2024

übernommen wurde. Dieses Ziel wurde als „Anteil von 50 % Wärme aus erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme“ in Wärmenetzen konkretisiert und in § 2 Absatz 1 des Wärmeplanungsgesetzes verankert. Mit dem Wärmeplanungsgesetz wurde zudem festgelegt, dass Wärmenetze ab 2045 vollständig mit erneuerbaren Energien oder Abwärme betrieben werden müssen. Zur historischen Entwicklung des Anteils an erneuerbaren Energien in Fernwärmenetzen und dem erforderlichen Anstieg zur Zielsetzung siehe Abbildung 6.

Im aktualisierten NECP legt Deutschland entsprechend der Anforderung des Artikels 15a der RED III einen nationalen Beitrag zur Erreichung des EU-weiten Ziels eines erneuerbaren Anteils i.H.v. 49% bis 2030 am Endenergieverbrauch im Wirtschaftszweig Gebäude fest. Als indikatives, nationales Ziel weist der aktualisierte NECP eine Bandbreite i.H.v. 46% bis 50% für Deutschland aus. Historische Werte können kalkulatorisch den Informationen der Energiebilanzen von Eurostat entnommen werden, eine direkte Ausweisung wird in den kommenden Monaten erwartet. Der Indikator bezieht sich auf das Verursacherprinzip und beinhaltet damit auch den Anteil erneuerbarer Energie im Strommix und in der Fernwärmeerzeugung, aber daneben auch die gebäudenahe Energieerzeugung.

## 4.2 Ziele unter der RED III

Ziele zum **Anteil Erneuerbarer Energien** wurden für das Jahr 2020 für die einzelnen Mitgliedsstaaten in der Renewable Energy Directive (RED) (EU 2009) festgelegt. Für Deutschland wird im Annex I ein Anteil von 18 % Erneuerbaren Energien am Brutto-Endenergieverbrauch fixiert. Für diesen Anteil sind bestimmte Rechenregeln anzuwenden, die detailliert in den sogenannten SHARES-Blättern von Eurostat nachvollzogen werden können<sup>27</sup>.

Für das Jahr 2030 müssen die Mitgliedsstaaten entsprechend der Governance-Verordnung (EU 2018a) ihre Beiträge zur europäischen Zielerreichung in den Nationalen Energie- und Klimaplänen berichten. Deutschland setze darin im Jahr 2020 einen Anteil von 30 % Erneuerbarer Energien am Brutto-Endenergieverbrauch als Ziel (BMWi 2020). Dieses entspricht nach (EC 2019) dem Beitrag, der sich mit der Formel im Annex II der Governance-VO ergeben würde. Mit dem aktualisierten NECP wurde ein Ziel von 41 % im Jahr 2030 berichtet. Diese Anpassung stellt eine Erhöhung des Beitrags von Deutschland zur Erreichung der angehobenen Zielsetzung für den Anteil Erneuerbarer Energien der EU dar: Mit der Revision der RED wurde das EU-Ziel von 32 % auf 42,5 % erhöht. Ein weiteres „Top-up“ um weitere 2,5 Prozentpunkte wurde als indikatives zusätzliches Ziel festgeschrieben, das durch weitgehend freiwillige Beiträge der Mitgliedsstaaten oder durch gesamteuropäische Maßnahmen erfüllt werden soll. Der im aktualisierten NECP berichtete Wert entspricht dem von der Europäischen Kommission kommunizierten Wert von 41 %, der sich aus der Verteilungsformel zur gemeinsamen Erfüllung des EU-weiten Ziels von 42,5% ergibt (EC 2023).

Die Revision der RED im Jahr 2023 enthält auch weitere Zielsetzungen, die auf nationaler Ebene umzusetzen sind:

- Artikel 3: Richtziel für den Anteil innovativer Technologien im Bereich erneuerbare Energie<sup>28</sup> von mindestens 5 % der neu installierten Kapazitäten im Bereich erneuerbare Energie bis 2030.

<sup>27</sup> Link zu den SHARES Blättern: [Eurostat](#)

<sup>28</sup> Definition nach Artikel 2: eine Technologie zur Erzeugung von Energie aus erneuerbaren Quellen, durch die auf mindestens eine Weise eine vergleichbare, auf dem neuesten Stand der Technik befindliche Technologie im Bereich erneuerbare Energie verbessert

- Artikel 15a: Als Richtzielvorgabe wird festgelegt, dass bis 2030 ein Anteil der Energie aus erneuerbaren Quellen von mindestens 49 % am Endenergieverbrauch im Wirtschaftszweig Gebäude EU-weit zu erreichen ist.
- Artikel 22a: Die Mitgliedsstaaten bemühen sich, den Anteil der erneuerbaren Quellen an den Energiequellen, die für Endenergieverbrauchszwecke und nichtenergetische Zwecke im industriellen Sektor verwendet werden, um mindestens einen Richtwert von jährlich 1,6 Prozentpunkten – als jährlicher, für die für die Zeiträume 2021-2025 und 2026-2030 berechneter Durchschnitt – zu steigern.
- Artikel 22a: Die Mitgliedsstaaten stellen sicher, dass der Beitrag, der für Endenergieverbrauchszwecke und nichtenergetische Zwecke genutzten erneuerbaren Brennstoffe nicht biogenen Ursprungs (RFNBOs) in der Industrie, bis spätestens 2030 mindestens 42 % und bis 2035 60 % des für Endenergieverbrauchszwecke und nichtenergetische Zwecke genutzten Wasserstoffs beträgt. Eine Reduktion des Prozentsatzes ist nach Artikel 22c möglich.
- Artikel 23: Jeder Mitgliedstaat erhöht den Anteil der erneuerbaren Energie im Wärme- und Kältesektor jährlich um mindestens 0,8 Prozentpunkte (für den Zeitraum 2021-2025) bzw. 1,1 Prozentpunkte (für den Zeitraum 2026-2030) gegenüber dem Anteil der erneuerbaren Energie im Wärme- und Kältesektor im Jahr 2020, wobei die Prozentpunkte jeweils als Jahresdurchschnitt für den Zeitraum 2021-2025 bzw. den Zeitraum 2026-2030 ermittelt, als Anteil am nationalen Bruttoendenergieverbrauch ausgedrückt und nach der in Artikel 7 genannten Methode berechnet werden. Zusätzlich zu den verbindlichen Mindestanforderungen, bemüht sich jeder Mitgliedstaat den Anteil erneuerbarer Energie in seinem Wärme- und Kältesektor um einen zusätzlichen Richtwert zu erhöhen. Dieser Richtwert liegt für Deutschland bei 1,0 (für den Zeitraum 2021-2025) bzw. 0,7 (für den Zeitraum 2026-2030), sodass sich damit eine jährliche Steigerung um 1.8 Prozentpunkte ergibt (s. Anhang Ia).
- Artikel 24: Die Mitgliedstaaten streben beim Anteil der Energie aus erneuerbaren Quellen und der Abwärme und -kälte im Bereich Fernwärme oder -kälte eine Steigerung um einen Richtwert von 2,2 Prozentpunkten an, die jahresdurchschnittlich für den Zeitraum 2021-2030 berechnet wird und von den Werten im Jahr 2020 ausgeht.
- Artikel 25: Jeder Mitgliedstaat verpflichtet Kraftstoffanbieter, dafür zu sorgen, dass
  - (1) die Menge der Kraftstoffe und der Elektrizität aus erneuerbaren Quellen, die dem Verkehr bereitgestellt werden, bis 2030 zu einem Mindestanteil von Energie aus erneuerbaren Quellen am Endenergieverbrauch im Verkehr von 29 % führt, oder bis 2030 im Einklang mit einem von dem Mitgliedstaat festgelegten ungefähren Zielpfad zu einer Verringerung der Treibhausgasintensität um mindestens 14,5 % gegenüber einem in Artikel 27 spezifizierten Ausgangswert führt.
  - (2) der kombinierte Anteil von fortschrittlichen Biokraftstoffen und Biogas, die aus spezifizierten Rohstoffen und aus erneuerbaren Kraftstoffen nicht biogenen Ursprungs hergestellt wurden, an der Energieversorgung des Verkehrs 2025 mindestens 1 % und 2030 mindestens 5,5 % beträgt, wovon der Anteil erneuerbarer Kraftstoffe nicht biogenen Ursprungs 2030 mindestens einem Prozentpunkt entspricht.
- Artikel 25: Mitgliedstaaten mit Seehäfen wirken darauf hin, dass der Anteil erneuerbarer Kraftstoffe nicht biogenen Ursprungs an der Gesamtmenge der dem Seeverkehrssektor gelieferten Energie ab 2030 mindestens 1,2 % beträgt.

Die Nutzung von Abwärme und -kälte kann zur Erfüllung der nationalen Zielwerte in den Artikeln 15a, 22a, 23 und 24 genutzt werden. Entscheidet sich ein Mitgliedstaat dafür, geht damit auch eine Erhöhung des Zielwerts einher. Zudem kann der für die Wärme- und Kälteversorgung

wird oder die eine nicht vollständig kommerzialisierte und eindeutig mit einem Risiko verbundene Technologie im Bereich erneuerbare Energie nutzbar macht.

genutzte Strom aus erneuerbaren Quellen als Beitrag zu den Zielwerten in den Artikeln 15a, 23 und 24 berücksichtigt werden.

In Bezug auf die Zielsetzungen ist auch eine Änderung in der Berechnungsmethodik für den Anteil der Erneuerbaren Energie im Wärme- und Kältesektor zu beachten<sup>29</sup>. Deshalb sind für die Jahre bis 2020 die Ergebnisse nach Eurostat 2022 verbindlich. Mit der neuen Berechnungsmethode ergeben sich leichte Änderungen in den Jahren 2013-2017 durch eine Veränderung der Bezugsgröße im Nenner in diesem Sektor.

Die kürzlich veröffentlichte Guidance der Europäischen Kommission (EC 2024b) enthält detaillierte zusätzliche Informationen zur Auslegung und Anwendung der Artikel 15a, 22a, 23 und 24.

### 4.3 Methodische Diskussion

Für die Darstellung des Anteils an Erneuerbaren Energien im Sinne der Zieldefinition unter der RED muss stets der Brutto-Endenergieverbrauch als Bezugsgröße verwendet werden. Der Brutto-Endenergieverbrauch unterscheidet sich vom (Netto-)Endenergieverbrauch durch die Einbeziehung von Energieeigenverbräuchen<sup>30</sup> und Übertragungs- bzw. Verteilungsverlusten und fällt daher im Vergleich höher aus.

Ergänzend sollten sektorale Anteile ausgewiesen werden in den üblichen Kategorien der RED (Strom, Wärme/Kälte und Verkehr). Speziell für die Anteile erneuerbarer Energien nach der RED gibt sich die Problematik, dass es insbesondere im Verkehrssektor Mehrfachanrechnungen gibt. Zu nennen sind hier beispielsweise:

- Anrechnung von biogenen Reststoffen mit dem Faktor 2,
- Anrechnung von erneuerbarem Strom im Straßenverkehr mit dem Faktor 4 und im Schienenverkehr mit dem Faktor 1,5

Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass nach der RED III nicht sämtliche per Wärmepumpe nutzbar gemachte Umweltwärme angerechnet wird. Stattdessen wird nur die Umweltwärme von Wärmepumpen berücksichtigt, die ein in Anhang VII der RED III angegebenes Effizienzkriterium erfüllen.<sup>31</sup>

Für ambitionierte Szenarien ergibt sich die Möglichkeit, dass der erneuerbare Anteil am Bruttostromverbrauch Werte von über 100 % erreicht. Dies ist der Fall, wenn die inländische, erneuerbare Bruttostromerzeugung den Bruttostromverbrauch übersteigt. Dies ist z.B. für Norwegen schon seit mehr als einem Jahrzehnt der Fall. Hier werden erneuerbare Anteile an der Bruttostromerzeugung von über 100 % erreicht, da der Strom in Norwegen nahezu vollständig aus Wasserkraft erzeugt wird. Mit dieser nahezu komplett erneuerbaren Stromerzeugung wird nicht nur der inländische Strombedarf gedeckt, sondern auch relevante Strommengen exportiert.

<sup>29</sup> Neu ist Art. 7 (3) RED: *Umgebungsenergie und geothermische Energie, die mit Wärmepumpen und Fernkältesystemen für die Wärme- und Kälteversorgung verwendet wird, wird für die Zwecke des Absatzes 1 Unterabsatz 1 Buchstabe b berücksichtigt, sofern der Endenergieoutput den für den Betrieb der Wärmepumpen erforderlichen Primärenergieinput deutlich überschreitet. Die Menge an Wärme oder Kälte, die im Sinne dieser Richtlinie als Energie aus erneuerbaren Quellen betrachtet werden kann, berechnet sich nach der in Anhang VII vorgesehenen Methode und trägt dem Energieverbrauch in allen Endverbrauchssektoren Rechnung*

<sup>30</sup> Mengemäßig relevant ist insbesondere Eigenverbrauch von thermischen Kraftwerken.

<sup>31</sup> Der jahreszeitbedingte Leistungsfaktor (seasonal performance factor, SPF) der Wärmepumpen muss mindestens 15 % höher sein als der Kehrwert des EU-weiten durchschnittlichen Bruttowirkungsgrads der Stromerzeugung.

Konkret auf die mit der Revision der RED III im Jahr 2023 eingeführten neuen Ziele ergeben sich folgende Herausforderungen für die Modellierung:

- Das Ziel für innovative Technologien von Artikel 3 RED erfordert eine detaillierte Technologieanalyse. Dies geht über das hinaus, was im Rahmen der Politikszenerien-Projekte bisher untersucht wird.
- Das in Artikel 15a festgelegte Erneuerbare-Energien-Ziel für Gebäude war bis zur Veröffentlichung der Guidance der Europäischen Kommission (EC 2024b) relativ unbestimmt, da der „Wirtschaftszweig Gebäude“ nicht in der RED selbst definiert wird, und auch nicht auf anderweitige Definitionen verwiesen werden konnte.  
Informell hat die Europäische Kommission erklärt, dass dieser Indikator als Summe der beiden Endenergiesektoren Handel und öffentliche Dienstleistungen sowie Haushalte zu verstehen ist. Damit umfasst der Indikator sowohl Raumwärme oder auch Anwendungen wie Haushaltsgeräte in den Gebäuden. Industriegebäude sind ausgenommen genauso wie landwirtschaftliche Gebäude. Der Gebäudesektor im Sinne der RED ist somit äquivalent zur Summe der CRF-Sektoren 1.A.4.a (Residential/Commercial) und 1.A.4.b (Households) und lässt sich daher problemlos aus den im Rahmen der Politikszenerien vorliegenden Daten ableiten.<sup>32</sup> Mit der veröffentlichten Guidance wird klargestellt, dass der Bilanzkreis der Zielsetzung analog zur EPBD aufzufassen ist und damit alle Einbringungen erneuerbarer Energien zu berücksichtigen sind, also auch alle leitungsgebundenen. Außerdem werden vorläufige Start- und Zielwerte für die einzelnen Länder veröffentlicht, wobei ein Anstieg parallel zum EU-Ziel angesetzt wird. Für Deutschland wird dort für 2020 ein Wert von 17,7 % ausgewiesen, der zu einem Zielwert von 45,8 % in 2030 führen würde. Die Länder sind eingeladen, nationale, historische Werte einzuzeichnen, die dann in zukünftige SHARES Tabellen von Eurostat aufgenommen werden. Als Zielsetzung wird im deutschen NECP ein indikativer Zielkorridor von 46 -50 % als nationaler Beitrag berichtet.
- Für Berechnung des erneuerbaren Anteils von Wasserstoff und anderen erneuerbaren Brennstoffen nicht biogenen Ursprungs (RFNBOs) in der Industrie müssen für Importe erneuerbare Anteile festgelegt werden.<sup>33</sup> Für inländisch erzeugten Wasserstoff und Wasserstoffderivate gibt es prinzipiell mehrere Möglichkeiten, den erneuerbar erzeugten Anteil zu bestimmen. Die einfachste Methode ist, den jährlichen erneuerbaren Anteil der Stromerzeugung anzulegen. Eine aufwändigere Methode wäre eine stundenscharfe<sup>34</sup> Auswertung der erneuerbaren Stromerzeugung zu den Zeitpunkten, in denen die Wasserstoffelektrolyse in der Modellierung tatsächlich läuft.
- Im Rahmen von Politikszenerien XI und weiterer Projekte laufen am Öko-Institut momentan Arbeiten, die einerseits die Fernwärmemodellierung verbessern und andererseits die Übergabe von detaillierten Informationen zur Fernwärmeerzeugung ermöglichen. Bisher wurde beispielsweise nur die KWK-Wärme als Summe übergeben, aber nicht getrennt nach einzelnen fossilen und erneuerbaren Ursprüngen. Diese Arbeiten ermöglichen, die erneuerbaren Anteile im Wärme- und Kältesektor (Artikel 23 RED) und in Fernwärme und -kälte (Artikel 24 RED) genauer zu berechnen.
- Für die detaillierten Anforderungen nach Artikel 25 RED ist zu prüfen, ob die erforderlichen Informationen direkt durch die Verkehrsmodellierung bereitgestellt werden können.

<sup>32</sup> Zum Vergleich: Der Gebäude-Sektor im Bundes-Klimaschutzgesetz ist eindeutig über die CRF-Kategorien 1.A.4.a Handel und Behörden, 1.A.4.b Haushalte und 1.A.5 Sonstige Tätigkeiten im Zusammenhang mit der Verbrennung von Brennstoffen (insbesondere in militärischen Einrichtungen) definiert. Somit umfasst der KSG-Sektor Gebäude neben der Gebäudewärme auch Geräte und Prozesse in Gebäuden sowie mobile Anwendungen wie beispielsweise Gabelstapler, Rasenmäher und militärische Fahrzeuge.

<sup>33</sup> Bisher wurde in den Politikszenerien absichtlich nicht festgelegt, ob grüner, blauer oder grauer Wasserstoff importiert wird.

<sup>34</sup> Das in den Politikszenerien-Projekten genutzte Strommarktmodell PowerFlex arbeitet mit einer Auflösung von 8760 Stunden pro Modellierungsjahr.

---

## 5 Ziele zum Energieverbrauch

---

### 5.1 Nationale Zielsetzungen

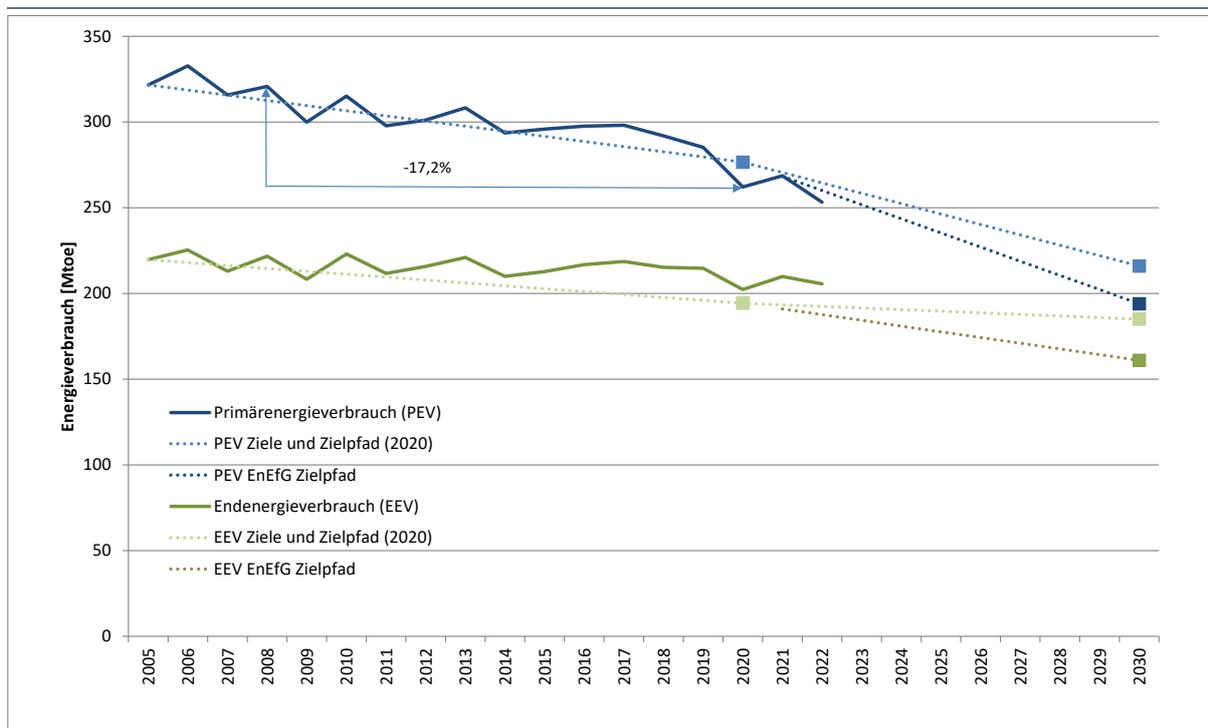
Für das Jahr 2020 bestand im Energiekonzept von 2010 der Bundesregierung (BMWi und BMU 2010) die nationale Zielsetzung, den Primärenergieverbrauch um 20 % ggü. 2008 zu senken. Mit den Energiedaten des BMWK vom Januar 2022 (BMWK 2022) lag der Primärenergieverbrauch nur um 17,2 % unter dem des Jahres 2008, damit wurde das nationale Ziel verfehlt. Darüber hinaus war im Energiekonzept das Ziel der Halbierung des Primärenergieverbrauchs bis zum Jahr 2050 festgelegt worden.

Das im November 2023 in Kraft getretene **Energieeffizienzgesetz** legt gesetzliche Verbrauchsziele für 2030 für Primär- und Endenergie fest und schattiert für das Jahr 2045 den Endenergieverbrauch vor. Bis 2030 soll der **Primärenergieverbrauch** Deutschlands im Vergleich zum Jahr 2008 um mindestens 39,3 % auf 2252 TWh (194 Mtoe) sinken. Bis 2030 soll der **Endenergieverbrauch** Deutschlands im Vergleich zum Jahr 2008 um mindestens 26,5 % auf 1867 TWh (160,5 Mtoe) gesenkt werden. Zudem strebt die Bundesregierung an, den Endenergieverbrauch Deutschlands im Vergleich zum Jahr 2008 bis zum Jahr 2045 um 45 % zu senken.

Im europäischen Kontext wurde eine absolute Zielmenge für das Jahr 2020 gesetzt, sowohl für den Primär- als auch den Endenergieverbrauch. Während mit den Daten nach Eurostat das absolute Ziel im Bereich des Primärenergieverbrauchs eindeutig erreicht wurde, liegt der Endenergieverbrauch wie auch in den Vorjahren über dem gesetzten Ziel. In Abbildung 1 sind diese Entwicklungen im Vergleich zu den ideellen Zielpfaden für die Zielsetzung 2020 und 2030 dargestellt, entsprechend der Methodik, wie sie bei der EEA im jährlichen Trends and Projections Report bis 2022 angewendet wurde (EEA 2022).

Entsprechend der Governance Verordnung hat Deutschland im Jahr 2020 einen Beitrag zur europäischen Zielerreichung im Jahr 2030 im Nationalen Energie- und Klimaplan kommuniziert (BMWi 2020). Diese Zielsetzung wurde mit dem Entwurf des aktualisierten Nationalen Energie- und Klimaplan (BMWK 2023) erhöht, sie entspricht nun der Zielsetzung unter dem Energieeffizienzgesetz (Bundestag 2023). Diese neuen Ziele für 2030 sind vergleichend zu den alten samt Zielpfaden in Abbildung 1 dargestellt.

Abbildung 7: Entwicklung und Ziele des Primär- und Endenergieverbrauchs



Quellen (BMWi 2020; BMWi 2021; BMWK 2022; BMWK 2023; BMWK 2024); (BReg 2013); Eurostat (2023) © Öko-Institut 2024

## 5.2 Ziele unter der EU-Energieeffizienzrichtlinie (EED)

Die EU-Energieeffizienzrichtlinie (EED) legt Ziele für den **Primär- und Endenergieverbrauch** 2030 auf europäischer Ebene fest. Die Mitgliedsstaaten müssen ihre Reduktionsbeiträge an die Europäische Kommission berichten.

Für das Jahr 2030 werden die nationalen Ziele entsprechend der Governance-Verordnung in den Nationalen Energie- und Klimaplänen (National Energy and Climate Plans, NECPs) an die europäische Kommission berichtet. Im NECP 2020 wurde das Ziel eines Primärenergieverbrauchs sowohl inklusive (240 Mtoe) als auch exklusive des nicht-energetischen Verbrauchs (216 Mtoe) berichtet. Relevant im europäischen Kontext ist dabei der Wert exklusive des nicht-energetischen Primärenergieverbrauchs. Der Endenergieverbrauch in 2030 wurde als Ergebnis der Modellierungen formuliert (185 Mtoe) und als Zielsetzung von der Europäischen Kommission aufgenommen (EC 2020b). Mit der vorläufigen Aktualisierung des NECPs 2023 wird auf die Ziele des Energieeffizienzgesetzes verwiesen, das neue Ziele für 2030 für Deutschland festlegt (s. Abschnitt 5.1).

Mit der Novellierung der EU-Energieeffizienzrichtlinie (2023/955) wurde das Endenergieverbrauchsziel für 2030 zum ersten Mal gesetzlich verbindlich festgelegt, während für den Primärenergieverbrauch ein indikatives EU-Ziel beschlossen wurde. Außerdem liegt nun eine Formel vor, mit deren Hilfe indikative Anteile der Mitgliedsstaaten zum Energieverbrauch im Jahr 2030 berechnet werden können. Mit diesen Werten vergleicht die Europäische Kommission die in den NECPs eingereichten Zielsetzungen. Diese Werte wurden erstmalig in (EC 2023) kommuniziert und in (EC 2024a) aktualisiert. Aus der Formel ergibt sich in der letztgenannten Quelle in Table 13 für Deutschland ein Primärenergieverbrauch von 191,06 Mtoe und ein Endenergieverbrauch

von 154,75 Mtoe. Im Vergleich zu den Formelergebnissen liegen die in Deutschland national gesetzten Werte für den Primär- und Endenergieverbrauch etwas höher. Im Bezug auf den Endenergieverbrauch ist der Unterschied darauf zurückzuführen, dass in der deutschen Definition der Energieeinsatz der Hochöfen in Höhe von ca. 5 Mtoe im Endenergieverbrauch berücksichtigt wurde, während er bei der Berechnung der Formelergebnisse nach EED-Definition ausgenommen wurde. Siehe dazu die Diskussion in Abschnitt 5.3.

### 5.3 Methodische Diskussion

Ergebnisse zum Primär- und Endenergieverbrauch ergeben sich direkt aus den Projektionen, wenn diese auf Basis der Energiebilanz aufgesetzt und kalibriert wurden. Die im Rahmen der Politiksznarien-Serie erstellten Projektionen basieren allerdings nicht ausschließlich auf den Energiebilanzen. Stattdessen ist die primäre Datenquelle für alle Brennstoffverbräuche das Zentrale System Emissionen (ZSE). Dies ist eine Datenbank im Umweltbundesamt, die für unterschiedliche Berichterstattungsregime genutzt wird, und die teilweise auch Brennstoffeinsätze umfasst, die nicht von der Energiebilanz erfasst werden. Daher ergeben sich bei den Daten aus Modellierungen im Rahmen der Politiksznarien-Projekte kleine Abweichungen gegenüber der Energiebilanz.

Beim Vergleich der nationalen Zielsetzungen mit den Werten im europäischen Kontext sind die Definitionen nach der EU-Energieeffizienzrichtlinie und (Eurostat 2018) zu berücksichtigen.

Nach der EU-Energieeffizienzrichtlinie entspricht der **Primärenergieverbrauch** der verfügbaren Bruttoenergie **ohne** grenzüberschreitenden Seeverkehr (Bunker), nichtenergetischen Endverbrauch und Umgebungsenergie. Zum Vergleich mit den Werten entsprechend der üblichen nationalen Definition müssen also der nichtenergetische Endverbrauch und die Umweltwärme abgezogen werden, da diese im Primärenergieverbrauch im Sinne der Energiebilanz enthalten sind. Die unterschiedliche definitionstechnische Behandlung der Umweltwärme hat besonders im Bereich der Wärmepumpen eine Auswirkung, da hier durch den großen Einsatz von Umweltwärme verschiedene Definitionen einen großen Einfluss auf die Daten zum Energieverbrauch haben. Besonders in den kommenden Jahren, wenn Wärmepumpen breiter ausgebaut sind, werden diese verschiedenen Definitionen durchaus zu stark veränderten Daten des Primärenergieverbrauchs führen.

Der **Endenergieverbrauch** ist in der EU-Energieeffizienzrichtlinie definiert als: Die gesamte an die Industrie, den Verkehrssektor, **einschließlich** des internationalen Luftverkehrs, die Haushalte, den öffentlichen und privaten Dienstleistungssektor, die Landwirtschaft, die Forstwirtschaft, die Fischerei sowie sonstige Endnutzensektoren gelieferte Energie **ohne** den Energieverbrauch im grenzüberschreitenden Seeverkehr (Bunker), die Umgebungsenergie und Lieferungen an den Umwandlungssektor und den Energiesektor sowie Übertragungs- und Netzverluste im Sinne des Anhangs A der Verordnung (EG) Nr. 1099/2008.

In der Formel nach Annex I der EU-Energieeffizienzrichtlinie zur Einordnung der nationalen Zielsetzungen wird auf das Referenzszenario 2020 der Europäischen Kommission Bezug genommen. In diesem wird jedoch eine andere Definition des Endenergieverbrauchs verwendet, vgl. Gores et al. (2023), Seite 29. In diesen Szenarien wird der gesamte Energieeinsatz der Hochöfen nicht dem Endenergieverbrauch, sondern dem Umwandlungssektor zugerechnet. Dieser Unterschied wird in Gores et al. (2023) mit etwa 5 Mtoe abgeschätzt.

Die für das Jahr 2030 im Energieeffizienzgesetz festgelegten Ziele entsprechen den genannten EU-Definitionen, mit Ausnahme des Energieeinsatzes der Hochöfen. Die Methodik der zielbestimmenden Definition der Primär- und Endenergie weicht damit von der Methodik der deutschen Energiebilanz ab, denn in dieser wird die Umgebungswärme oder -kälte einbezogen, außerdem wird der Energieeinsatz der Hochöfen in Höhe von ca. 5 Mtoe im Endenergieverbrauch berücksichtigt. Bei der Ergebnisausspielung der Projektionen ist deshalb

eine getrennte Ausweisung des Primär- und Endenergieverbrauchs nach der deutschen Energiebilanz sowie nach der aktuellen Definition der EU-Energieeffizienzrichtlinie erforderlich. Dabei sollten alle unterschiedlichen Elemente separat ausgewiesen werden, um die Transparenz und Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erhöhen:

- Nicht energetischer Verbrauch
- Energieverbrauch im grenzüberschreitenden Seeverkehr
- Energieeinsatz der Hochöfen
- Umweltwärme- und Kälte
- Solarthermie

---

## 6 Literaturverzeichnis

---

- AGEE-Stat (2024): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland, Stand: Februar 2024. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/dokument/zeitreihen-zur-entwicklung-der-erneuerbaren>, zuletzt aktualisiert am 15.08.2024.
- BEHV (2023): Bundesregierung. Brennstoffemissionshandelsverordnung vom 17. Dezember 2020 (BGBl. I S. 3026), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 21. Juni 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 163) geändert worden ist, BEHV.
- BMUB - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016): Klimaschutzplan 2050, Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. Berlin, November 2016. Online verfügbar unter [https://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan\\_2050\\_bf.pdf](https://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf), zuletzt geprüft am 25.02.2018.
- BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hg.) (2020): Integrierter Nationaler Energie- und Klimaplan, 10.06.2020. Online verfügbar unter [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/I/integrierter-nationaler-energie-klimaplan.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/I/integrierter-nationaler-energie-klimaplan.pdf?__blob=publicationFile&v=6), zuletzt geprüft am 10.08.2023.
- BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie; BMU (2010): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung (Berlin). Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und BMU (Hg.), 2010. Online verfügbar unter [http://www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/\\_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5%20](http://www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.pdf?__blob=publicationFile&v=5%20).
- BMWi (2021): Zahlen und Fakten: Energiedaten, 5.3.2021, 2021. Online verfügbar unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energiedaten-gesamtausgabe.html>, zuletzt geprüft am 16.03.2021.
- BMWK - Bundesminister für Wirtschaft und Klimaschutz (2023): Aktualisierung des integrierten nationalen Energie- und Klimaplan, Entwurf, 2023. Online verfügbar unter [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/M-O/necp-entwurf-2023.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/M-O/necp-entwurf-2023.pdf?__blob=publicationFile&v=2).
- BMWK - Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022): Zahlen und Fakten: Energiedaten, Nationale und internationale Entwicklung. Online verfügbar unter [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Binaer/Energiedaten/energiedaten-gesamt-xls-2022.xlsx?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Binaer/Energiedaten/energiedaten-gesamt-xls-2022.xlsx?__blob=publicationFile&v=8), zuletzt geprüft am 10.02.2023.
- BMWK (2024): Aktualisierung des integrierten nationalen Energie- und Klimaplan, Bundesrepublik Deutschland – August 2024, BMWK. Online verfügbar unter [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/20240820-aktualisierung-necp.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/20240820-aktualisierung-necp.pdf?__blob=publicationFile&v=6), zuletzt geprüft am 25.09.2024.
- Böttcher, H.; Gores, S.; Hennenberg, K.; Reise, J.; Graf, A. (2022): Analysis of the European Commission proposal for revising the EU LULUCF Regulation, Commissioned by Agora Energiewende. Öko-Institut, 2022. Online verfügbar unter [https://www.oeko.de/fileadmin/oeko-doc/Assumptions\\_LULUCF\\_Proposal.pdf](https://www.oeko.de/fileadmin/oeko-doc/Assumptions_LULUCF_Proposal.pdf).
- Böttcher, H.; Zell-Ziegler, C.; Herold, A.; Siemons, A. (2019): EU LULUCF Regulation explained. Öko-Institut, 2019. Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/eu-lulucf-regulation-explained>, zuletzt geprüft am 02.04.2020.

- BReg - Bundesregierung (2013): Mitteilung an die Europäische Kommission vom 11. Juni 2013, Umsetzung der Richtlinie 2012/27/EU. Online verfügbar unter [https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/de\\_annual\\_report\\_2013\\_additional\\_document\\_de.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/default/files/documents/de_annual_report_2013_additional_document_de.pdf), zuletzt geprüft am 02.03.2021.
- BReg (2023): Projektionsbericht 2023 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 (Climate Change, 39/2023). Umweltbundesamt. Umweltbundesamt (Hg.), 2023. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/39\\_2023\\_cc\\_projektionsbericht\\_2023.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/39_2023_cc_projektionsbericht_2023.pdf), zuletzt geprüft am 24.11.2023.
- Bundesregierung (2010): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, 2010. Online verfügbar unter [http://www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/\\_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](http://www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.pdf?__blob=publicationFile&v=5), zuletzt geprüft am 07.07.2014.
- Bundestag (2019): Gesetz zur Einführung eines Bundes-Klimaschutzgesetzes und zur Änderung weiterer Vorschriften. In: *Bundesgesetzblatt (BGBl)* 2019 (Teil I Nr. 48).
- Bundestag (2023): Gesetz zur Steigerung der Energieeffizienz in Deutschland, Energieeffizienzgesetz - EnEFG, 2023. Online verfügbar unter <https://www.gesetze-im-internet.de/enefg/EnEFG.pdf>, zuletzt geprüft am 20.12.2023.
- BVerfG - Bundesverfassungsgericht (2021): Beschluss des Ersten Senats vom 24. März 2021. 1 BvR 2656/18, 1 BvR 288/20, 1 BvR 96/20, 1 BvR 78/20, 24.03.2021. Online verfügbar unter [https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Downloads/DE/2021/03/rs20210324\\_1bvr265618.pdf;jsessionid=ED9E8B38059290397370411244DF2BEB.1\\_cid319?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Downloads/DE/2021/03/rs20210324_1bvr265618.pdf;jsessionid=ED9E8B38059290397370411244DF2BEB.1_cid319?__blob=publicationFile&v=6), zuletzt geprüft am 30.03.2022.
- CEC - Council of the European Union (2020): Submission to the UNFCCC on behalf of the European Union and its Member States on the update of the nationally determined contribution of the European Union and its Member States (Doc 14222/1/20 REV1). Brussels, 18.12.2020. Online verfügbar unter <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-14222-2020-REV-1/en/pdf>, zuletzt geprüft am 30.04.2022.
- CEU - Council of the European Union (CEU) Council of the European Union (Hg.) (2023): Submission to the UNFCCC on behalf of the European Union and its Member States on the update of the nationally determined contribution (NDC) of the European Union and its Member States – Approval, 2023. Online verfügbar unter <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-14286-2023-COR-1/en/pdf>, zuletzt geprüft am 13.11.2023.
- DEHSt (2023): Meldung ausgewiesener Daten zur Emissions- und Abgabesituation 2022, 2023. Online verfügbar unter <https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/nehs/meldung-emissions-abgabesituation.pdf>.
- Deutscher Bundestag (2021): Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019, Zuletzt geändert durch Gesetz vom 18. August 2021. Berlin, 2021. Online verfügbar unter <https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/KSG.pdf>, zuletzt geprüft am 01.03.2022.
- Deutscher Bundestag (2024): Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019, Zuletzt geändert durch Gesetz vom 16. Juli 2024. Berlin, 2024. Online verfügbar unter <https://www.recht.bund.de/bgbl/1/2024/235/VO.html>, zuletzt geprüft am 15.08.2024.
- EC - European Commission (2013a): Decision No 529/2013/EU of the European Parliament and of the Council of 21 May 2013 on accounting rules on greenhouse gas emissions and removals resulting from activities relating to land use, land-use change and forestry and on

information concerning actions relating to those activities, LULUCF Decision. European Commission, 2013.

- EC - European Commission (2017): Commission Decision (EU) 2017/1471 of 10 August 2017 amending Decision 2013/162/EU to revise Member States' annual emission allocations for the period from 2017 to 2020.
- EC - European Commission (2020a): Commission Implementing regulation (EU) 2020/1208 on structure, format, submission processes and review of information reported by Member States pursuant to Regulation (EU) 2018/1999 of the European Parliament and of the Council and repealing Commission Implementing Regulation (EU) No 749/2014, 2020. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32020R1208>, zuletzt geprüft am 01.03.2021.
- EC - European Commission (2024a): Commission Recommendation (EU) 2024/1722 of 17 June 2024, setting out guidelines for the interpretation of Article 4 of Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council as regards energy efficiency targets and national contributions. European Commission (Hg.). Online verfügbar unter [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L\\_202401722](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401722), zuletzt geprüft am 29.09.2024.
- EC - European Commission (2024b): Communication from the Commission, Guidance on heating and cooling aspects in Articles 15a, 22a, 23 and 24 of Directive (EU) 2018/2001 on the promotion of the use of energy from renewable sources as amended by Directive (EU) 2023/2413. C(2024) 5043 final. European Commission (Hg.). Online verfügbar unter [https://energy.ec.europa.eu/document/download/b2347855-0e3d-4dc8-aed6-338f318e1b20\\_en?filename=C\\_2024\\_6226\\_1\\_EN\\_ACT\\_part1\\_v5.pdf](https://energy.ec.europa.eu/document/download/b2347855-0e3d-4dc8-aed6-338f318e1b20_en?filename=C_2024_6226_1_EN_ACT_part1_v5.pdf), zuletzt geprüft am 29.09.2024.
- EC - European Commission (Hg.) (2023): Annex to EU wide assessment of the draft updated National Energy and Climate Plans, An important step towards the more ambitious 2030 energy and climate objectives under the European Green Deal and RePowerEU. COM(2023) 796 final. Brüssel, 2023. Online verfügbar unter [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:bb8fb395-9d9c-11ee-b164-01aa75ed71a1.0001.02/DOC\\_2&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:bb8fb395-9d9c-11ee-b164-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_2&format=PDF), zuletzt geprüft am 19.12.2023.
- EC - European Commission (Hg.) (2024c): Impact Assessment Report, Accompanying the document "Communication from the Commission to the EU. Securing our future Europe's 2040 climate target and path to climate neutrality by 2050 building a sustainable, just and prosperous society" (SWD(2024) 63 final). Strasbourg, 2024. Online verfügbar unter [https://climate.ec.europa.eu/document/download/768bc81f-5f48-48e3-b4d4-e02ba09faca1\\_en?filename=2040%20Climate%20Target%20Impact%20Assessment\\_en\\_0.pdf](https://climate.ec.europa.eu/document/download/768bc81f-5f48-48e3-b4d4-e02ba09faca1_en?filename=2040%20Climate%20Target%20Impact%20Assessment_en_0.pdf), zuletzt geprüft am 14.10.2024.
- EC (2013b): Commission Decision of 26 March 2013 on determining Member States' annual emission allocations for the period from 2013 to 2020 pursuant to Decision No 406/2009/EC. In: *OJ L L* (90), S. 106–110.
- EC (2013c): Commission Implementing Decision of 31 October 2013 on the adjustments to Member States' annual emission allocations for the period from 2013 to 2020 pursuant to Decision No 406/2009/EC of the European Parliament and of the Council (2013/634/EU). In: *OJ L* (292), S. 19–22. Online verfügbar unter <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32013D0634>, zuletzt geprüft am 15.08.2014.
- EC (2019): SWD(2019) 212 final, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. United in delivering the Energy Union and Climate Action - Setting the foundations for a successful clean energy transition, 2019. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=SWD:2019:212:FIN>, zuletzt geprüft am 01.03.2021.

- EC (2020b): SWD(2020) 904 final, Assessment of the final national energy and climate plan of Germany. Europäische Kommission, 2020. Online verfügbar unter [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/staff\\_working\\_document\\_assessment\\_necp\\_germany.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/staff_working_document_assessment_necp_germany.pdf), zuletzt geprüft am 02.03.2021.
- EEA - European Environment Agency (2022): Trends and projections in Europe 2022, European Environment Agency. Online verfügbar unter <https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-in-europe-2022>, zuletzt geprüft am 01.11.2022.
- EEA - European Environment Agency (2024): Handbook on the updated LULUCF Regulation EU 2018/841, Guidance and orientation for the implementation of the updated Regulation (v2), 2024. Online verfügbar unter <https://climate-energy.eea.europa.eu/topics/climate-change-mitigation/land-and-forests/reports/handbook-on-the-update-lulucf-regulation-v2>, zuletzt geprüft am 17.06.2024.
- EEA (2020): EU ETS data viewer, European Environment Agency. Online verfügbar unter <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/emissions-trading-viewer-1>, zuletzt aktualisiert am 7/2020.
- EEA (2023): Greenhouse gas emissions under the Effort Sharing Legislation, 2005-2022. Online verfügbar unter <https://www.eea.europa.eu/en/datahub/datahubitem-view/e9ce7eb8-8439-4f2f-96f8-279a36c5fa7ahttps://www.eea.europa.eu/en/datahub/datahubitem-view/e9ce7eb8-8439-4f2f-96f8-279a36c5fa7a>, zuletzt aktualisiert am 25.10.2023.
- Eionet Central Data Repository (2015-2020): Article 21 Report Germany, 2014-2019, 2015-2020. Online verfügbar unter <https://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/emt/>.
- ESD (2009): European Union. Decision No 406/2009/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the effort of Member States to reduce their greenhouse gas emissions to meet the Community's greenhouse gas emission reduction commitments up to 2020, ESD. In: *OJ L* (140), S. 136–148. Online verfügbar unter <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0136:0148:EN:PDF>, zuletzt geprüft am 05.08.2014.
- ESR (2018): EU. Regulation of the European Parliament and of the Council on binding annual greenhouse gas emission reductions by Member States from 2021 to 2030 contributing to climate action to meet commitments under the Paris Agreement and amending Regulation (EU) No 525/2013, ESR, Fassung vom 26.04.2018.
- ETC/CME (2019): Estimate of 2005-2012 emissions for stationary installations to reflect the current scope (2013-2020) of the EU ETS, Eionet Report - ETC/CME 2019/1 April 2019. Unter Mitarbeit von Graichen, V.; Cludius, J. und Gores, S. (Eionet Report-ETC/CME, 1/2019). European Environment Agency. Graichen, V.; Cludius, J. und Gores, S. (Hg.), 4/2019. Online verfügbar unter <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-cme/products/etc-cme-reports/estimate-of-2005-2012-emissions-for-stationary-installations-to-reflect-the-current-scope-2013-2020-of-the-eu-ets>, zuletzt geprüft am 16.08.2019.
- EU - Europäische Union (2018a): 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, der Richtlinien 94/22/EG, 98/70/EG, 2009/31/EG, 2009/73/EG, 2010/31/EU, 2012/27/EU und 2013/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates, der Richtlinien 2009/119/EG und (EU) 2015/652 des Rates und zur Aufhebung der Verordnung (EU) Nr. 525/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates. Fundstelle: ABl. L 328. In: *Amtsblatt der Europäischen Union* (L 328), S. 1–77. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32018R1999&qid=1700666276599>, zuletzt geprüft am 22.11.2023.

- EU - European Union (2009): Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. In: *OJ L* (140), S. 16–62. Online verfügbar unter <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN>, zuletzt geprüft am 15.08.2014.
- EU - European Union (2018b): Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast). European Union, 11.12.2018. Online verfügbar unter [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L\\_.2018.328.01.0082.01.ENG](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0082.01.ENG), zuletzt geprüft am 05.04.2023.
- EU: COMMISSION IMPLEMENTING DECISION (EU) 2020/2126 of 16 December 2020 on setting out the annual emission allocations of the Member States for the period from 2021 to 2030 pursuant to Regulation (EU) 2018/842 of the European Parliament and of the Council. In: *OJ*. Online verfügbar unter [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L\\_.2020.426.01.0058.01.ENG](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2020.426.01.0058.01.ENG), zuletzt geprüft am 01.03.2020.
- Europäische Kommission (2012): Verordnung (EU) Nr. 601/2012 der Kommission vom 21. Juni 2012 über die Überwachung von und die Berichterstattung über Treibhausgasemissionen gemäß der Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, konsolidierte Fassung vom 1.1.2019, Fassung vom 2019. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?qid=1556792879944&uri=CELEX:02012R0601-20190101>, zuletzt geprüft am 30.04.2019.
- Europäische Kommission (2018): Durchführungsverordnung (EU) 2018/2066 der Kommission vom 19. Dezember 2018 über die Überwachung von und die Berichterstattung über Treibhausgasemissionen gemäß der Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 601/2012 der Kommission. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R2066&from=EN>, zuletzt geprüft am 30.04.2019.
- European Union (2018): Regulation (EU) 2018/841 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on the inclusion of greenhouse gas emissions and removals from land use, land use change and forestry in the 2030 climate and energy framework, and amending Regulation (EU) No 525/2013 and Decision No 529/2013/EU, LULUCF Regulation. European Commission, 2018.
- European Union (2023): Regulation (EU) 2023/839 of the European Parliament and of the Council of 19 April 2023 amending Regulation (EU) 2018/841 as regards the scope, simplifying the reporting and compliance rules, and setting out the targets of the Member States for 2030, and Regulation (EU) 2018/1999 as regards improvement in monitoring, reporting, tracking of progress and review, LULUCF Regulation amended. European Union, 2023. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/839/oj>, zuletzt geprüft am 20.12.2023.
- Eurostat (2018): Presentation of annual energy statistics in Eurobase:, Changes in datasets in node [nrg\_quanta]. Luxembourg, 2018.
- Eurostat (2024): Share of renewable energy in gross final energy consumption by sector (sdg\_07\_40). Online verfügbar unter [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg\\_07\\_40/](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_07_40/), zuletzt geprüft am 15.08.2024.
- Gores, S.; Graichen, J.; Jörß, W. (2024): Compliance unter der EU-Klimaschutzverordnung, Update 2024. Öko-Institut (Hg.), 2024. Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/publikation/compliance-unter-der-eu-klimaschutzverordnung-1/>, zuletzt geprüft am 14.08.2024.
- Gores, S.; Graichen, J.; Kemmler, A.; Plötz, P. (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. Öko-Institut; Prognos und Fraunhofer ISI (Hg.), 2023. Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Einschaetzung-Fit-for-55.pdf>, zuletzt geprüft am 15.08.2023.
- Gores, S.; Schneider, L.; Herold, A. (2019): Implementing New GWP Values in the EU: A Quantitative Analysis (Working Paper). Öko-Institut. Berlin, 2019. Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/publikationen/p-details/implementing-new-gwp-values-in-the-eu-a-quantitative-analysis/>.
- Graichen, J.; Ludig, S. (2024): Supply and demand in the ETS 2, Assessment of the new EU ETS for road transport, buildings and other sectors (Climate Change, 09/2024). Öko-Institut. Umweltbundesamt (Hg.). Dessau-Roßlau, 2024. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/supply-demand-in-the-ets-2>, zuletzt geprüft am 22.07.2024.
- Graichen, V.; Jörß, W.; Emele, L.; Nissen, C. (2021): Datenkonzepte im EU-Emissionshandel, Handbuch (Climate Change, 75/2021). Umweltbundesamt (Hg.). Dessau-Roßlau, 2021. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/uba-eu-ets-handbuch>, zuletzt geprüft am 06.07.2022.
- Harthan, R. O.; Förster, H.; Borkowski, K.; Braungardt, S.; Bürger, V.; Cook, V.; Emele, L.; Görz, W. K.; Hennenberg, K.; Jansen, L. L.; Jörß, W.; Kasten, P.; Loreck, C. et al. (2024): Technischer Anhang der Treibhausgas-Projektionen 2024 für Deutschland (Projektionsbericht 2024). Umweltbundesamt (Hg.), 2024. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/projektionen\\_technischer\\_anhang\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/projektionen_technischer_anhang_0.pdf), zuletzt geprüft am 10.07.2024.
- IPCC (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). IGES, Japan., 2006. Online verfügbar unter <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>, zuletzt geprüft am 09.06.2021.
- Jörß, W. (2021): Berechnung der jährlichen Emissionsmengen nach §4(1) BEHG für die Jahre 2021 und 2022. Kurzstudie im Rahmen des Projektes: Nationaler Emissionshandel: Konzeptuelle Beratung zu datenbezogenen Fragen des Anwendungsbereiches (UBA Climate Change, 72/2021). Öko-Institut. Umweltbundesamt (Hg.). Dessau-Roßlau, 2021. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/publikationen/2021-12-06\\_climate-change\\_72-2021\\_behg-gap.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/publikationen/2021-12-06_climate-change_72-2021_behg-gap.pdf), zuletzt geprüft am 10.12.2021.
- SPD; Bündnis 90/Die Grünen; FDP (2021): Mehr Fortschritt wagen, Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit - Koalitionsvertrag 2021-2025, 2021. Online verfügbar unter [https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Koalitionsvertrag/Koalitionsvertrag\\_2021-2025.pdf](https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Koalitionsvertrag/Koalitionsvertrag_2021-2025.pdf), zuletzt geprüft am 25.11.2021.
- UBA - Umweltbundesamt (2020a): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2020. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 - 2018, Umweltbundesamt - UNFCCC-Submission, 2020.
- UBA - Umweltbundesamt (2020b): EU\_MMR\_Annex\_V\_Germany\_2020, Anhänge zur deutschen THG-Inventarberichterstattung unter der MMR, Januar 2020. EU\_MMR\_Annexes\_GERMANY\_2020.xlsx, 2020. Online verfügbar unter [https://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art07\\_inventory/ghg\\_inventory/envxh8awg/index\\_html?&page=2](https://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art07_inventory/ghg_inventory/envxh8awg/index_html?&page=2), zuletzt geprüft am 15.03.2021.
- UBA - Umweltbundesamt (2021a): EU\_MMR\_Annex\_V\_Germany\_2021.xlsx, Anhänge zur deutschen THG-Inventarberichterstattung unter der MMR, Januar 2021. EU\_MMR\_Annexes\_Germany\_2021.xlsx. Online verfügbar unter [https://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art07\\_](https://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art07_)

inventory/ghg\_inventory/envx7gqa/EU\_MMR\_Annex\_X\_GERMANY\_2021.xlsx/manage\_document, zuletzt aktualisiert am 01.03.2021.

UBA - Umweltbundesamt (2021b): Nationaler Inventarbericht, Detaillierte Berichtstabellen CRF 2021. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau, Januar 2021. Online verfügbar unter [https://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art07\\_inventory/ghg\\_inventory/envyd8ltq/](https://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art07_inventory/ghg_inventory/envyd8ltq/), zuletzt geprüft am 31.08.2021.

UBA - Umweltbundesamt (2022a): Datenauspielung aus der UBA-Datenbank "Zentrales System Emissionen" (ZSE). E-Mail mit Öko-Institut, 02.02.2022.

UBA - Umweltbundesamt (2022b): Nationaler Inventarbericht, Detaillierte Berichtstabellen CRF 2021. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau, 2022. Online verfügbar unter [https://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art07\\_inventory/ghg\\_inventory/envyefchw](https://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art07_inventory/ghg_inventory/envyefchw), zuletzt geprüft am 29.10.2023.

UBA - Umweltbundesamt (2022c): Vorjahresschätzung der deutschen Treibhausgas-Emissionen für das Jahr 2021. Dessau-Roßlau, 15.03.2022. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2022\\_03\\_15\\_trendtabellen\\_thg\\_nach\\_sektoren\\_v1.0.xlsx](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2022_03_15_trendtabellen_thg_nach_sektoren_v1.0.xlsx), zuletzt geprüft am 31.08.2021.

UBA - Umweltbundesamt (2024): Emissionsübersichten KSG-Sektoren 1990-2023, Umweltbundesamt. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2024\\_03\\_13\\_em\\_entwicklung\\_in\\_d\\_ksg-sektoren\\_thg\\_v1.0.xlsx](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2024_03_13_em_entwicklung_in_d_ksg-sektoren_thg_v1.0.xlsx), zuletzt geprüft am 23.05.2024.

UBA - Umweltbundesamt (Hg.) (2023): Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2021, Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen 2023, 2023. Online verfügbar unter [https://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art07\\_inventory/ghg\\_inventory/envy8fz9q/DE\\_EU-NIR\\_2023\\_DE.pdf](https://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art07_inventory/ghg_inventory/envy8fz9q/DE_EU-NIR_2023_DE.pdf), zuletzt geprüft am 23.03.2023.