CLIMATE CHANGE
54/2022

Abschlussbericht

THG-Projektion: Weiterentwicklung der Methoden und Umsetzung der EU-Effort Sharing Decision im Projektionsbericht 2019

Politikszenarien IX

von:

Dr. Ralph O. Harthan, Julia Repenning
Öko-Institut e.V., Berlin

Herausgeber:
Umweltbundesamt

Für Mensch & Umwelt

Umwelt Bundesamt

CLIMATE CHANGE 54/2022

EVUPLAN des Bundesministeriums für Wirtschaft
und Klimaschutz

Forschungskennzahl 3718 41 002 0

FB000909

Abschlussbericht

THG-Projektion: Weiterentwicklung der Methoden und Umsetzung der EU-Effort Sharing Decision im Projektionsbericht 2019

Politikszenarien IX

von

Dr. Ralph O. Harthan, Julia Repenning
Öko-Institut e.V., Berlin

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

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

/umweltbundesamt.de
/umweltbundesamt

Durchführung der Studie:
Öko-Institut e.V.
Borkumstr. 2
13189 Berlin

Abschlussdatum:
Juli 2022

Redaktion:
Fachgebiet V 1.2 Strategien und Szenarien zu Klimaschutz und Energie
Kai Wehnemann

Publikationen als pdf:
http://www.umweltbundesamt.de/publikationen

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, Dezember 2022

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

Kurzbeschreibung: THG-Projektion: Weiterentwicklung der Methoden und Umsetzung der EU-Effort Sharing Decision im Projektionsbericht 2019 („Politikszenarien IX“)

Der Projektabschlussbericht stellt die Ergebnisse der im Projekt erstellten Arbeiten dar.

Der Projektionsbericht 2019 enthält eine Schätzung der Treibhausgasemissionen von 2020 bis 2035 basierend auf den Maßnahmen, die bis 31. August 2018 verabschiedet worden sind. Bis 2020 wird eine Treibhausgasemissionsminderung um 33 % gegenüber 1990 erreicht, bis 2030 um etwa 42 % und bis 2035 um gut 44 %.

Der Projektionsbericht wird gemäß internationaler Konventionen dargestellt. Im Teilbericht „Projektionsbericht 2019 für Deutschland – Zusammenfassung in der Struktur des Klimaschutzplans“ werden die Ergebnisse in der Struktur des Klimaschutzplans bzw. des Bundes-Klimaschutzgesetzes dargestellt.

Im Oktober 2019 beschloss die Bundesregierung das Klimaschutzprogramm 2030 zur Minderung der Treibhausgasemissionen in Deutschland. Im Teilbericht „Klimaschutzprogramm 2030 – Gesamtabschätzung (Kurzbericht)“ wird die Minderungswirkung des Programms abgeschätzt und in Form eines Kurzberichts dargestellt. Im Referenzszenario wird bis 2030 eine Treibhausgasemissionsminderung von 41,2 % und bis 2035 von 44,1 % im Vergleich zu 1990 abgeschätzt. Für das Klimaschutzprogramm 2030 ergibt sich eine gesamte Treibhausgasminderung von 51,0 % bis 2030 bzw. 59,6 % bis 2035.

Im Teilbericht “Abschätzung der Treibhausgasminderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung” wurde die Abschätzung der Treibhausgasminderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 in einem umfassenden Bericht dokumentiert.

Im Teilbericht “Klimaschutzbeitrag verschiedener CO_2-Preispfade in den BEHG-Sektoren Verkehr, Gebäude und Industrie” wurde untersucht, wie sich verschiedene CO_2-Preisspfade im Rahmen des Brennstoffemissionshandelsgesetzes (BEHG) sowie weitere Annahmen auf die Zielerreichung im Jahr 2030 auswirken.

„In sechs der zehn CO_2-Preissensitivitäten wird die BEHG-Höchstmenge im Jahr 2030 […] eingehalten […]. In keiner Sensitivität wird die gesamt zulässige Emissionsmenge gemäß des seit 2021 geltenden Bundes-Klimaschutzgesetzes (KSG) erreicht. In zwei Sensitivitäten erreicht der Gebäudesektor sein neues KSG-Sektorziel für 2030. Die Sektoren Verkehr und Industrie erreichen hingegen in keiner der CO_2-Preissensitivitäten ihr neues Sektorziel im Jahr 2030. […] Durch erhöhte Strom- und Fernwärmenachfragen in öffentlichen Kraftwerken und Heizwerken […] werden je nach Sensitivität [jedoch] bis zu 50 % der in den Sektoren Industrie, Gebäude und Verkehr eingesparten Emissionen in der Energiewirtschaft zusätzlich ausgestoßen“ (Öko-Institut et al. 2022).

Abstract: GHG Projections: Further development of methods and implementation of the EU Effort Sharing Decision in the Projection Report 2019 (“Policy Scenarios IX”)

The final project report presents the results of the work conducted within the project.

The 2019 Projection Report provides an estimate of greenhouse gas emissions from 2020 to 2035 based on policies and measures adopted by 31 August 2018. Greenhouse gas emission reductions of 33 % compared to 1990 levels are achieved by 2020, approx. 42 % by 2030 and approx. 44 % by 2035.

The projection report is presented in accordance with international conventions. In the sub-report "2019 Projection Report for Germany - Summary based on the Structure of the Climate

Action Plan," the results are presented based on the structure of the Climate Action Plan and the Federal Climate Change Act.

In October 2019, the Federal Government adopted the Climate Action Programme 2030 to reduce greenhouse gas emissions in Germany. In the sub-report "Climate Action Programme 2030 - Overall Assessment (Summary Report)," the programme's impact on emission reductions is estimated and presented in the form of a summary report. The reference scenario estimates a reduction in greenhouse gas emissions amounting to 41.2 % by 2030 and 44.1 % by 2035 compared to 1990. For the Climate Action Programme 2030, the total greenhouse gas reduction amounts to 51.0 % in 2030 and 59.6 % in 2035.

In the sub-report "Estimation of the GHG emission reduction impact of the Federal Government's Climate Action Programme 2030," the estimation of the Climate Action Programme 2030's impact on greenhouse gas emission reductions is documented in a comprehensive report.

The sub-report "Contribution to climate protection of different carbon price paths in the BEHG sectors of transport, buildings and industry" examines how different carbon price paths affect the achievement of the 2030 emissions target within the framework of the Fuel Emissions Trading Act (BEHG) and other assumptions.

"In six of the ten carbon price sensitivities, the BEHG cap is adhered to in 2030. [...] In none of the sensitivities is the total quantity of emissions permitted under the Federal Climate Change Act (KSG), which has been in force since 2021, reached. In two sensitivities, the building sector reaches its new KSG sector target for 2030. In contrast, the transport and industry sectors do not reach their new sector target in 2030 in any of the carbon price sensitivities. [...] [...] Increased demand for electricity and district heating in public power plants and heating plants [...] [results, however, in] up to 50 % of the emissions saved in the industry, buildings and transport sectors [being] additionally emitted in the energy sector" (Öko-Institut et al. 2022).

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis 8
Tabellenverzeichnis 8
Abkürzungsverzeichnis 10
Zusammenfassung 12
Summary 14
1 Einleitung 16
2 Projektionsbericht 2019 für Deutschland gemäß Verordnung (EU) Nr. 525/2021 18
2.1 Einleitung 18
2.2 Rahmendaten 19
2.3 Emissionsentwicklung 20
2.4 Sensitivitätsanalysen 22
2.5 Klima- und energiepolitische Maßnahmen mit den größten Wirkungsbeiträgen 23
2.6 Primär- und Energieverbrauch sowie Bruttostromerzeugung 24
3 Projektionsbericht 2019 für Deutschland – Zusammenfassung in der Struktur des Klimaschutzplans 25
3.1 Einleitung 25
3.2 Gesamtergebnisse 25
4 Klimaschutzprogramm 2030 – Gesamtabschätzung (Kurzbericht) 28
4.1 Einleitung 28
4.2 Gesamtergebnisse 30
4.2.1 Referenzszenario 30
4.2.2 Szenario Klimaschutzprogramm 2030 33
4.2.3 Vergleich der Ergebnisse der Szenarien mit den Klimaschutzzielen 35
5 Abschätzung der Treibhausgasminderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung 40
6 Klimaschutzbeitrag verschiedener CO_2-Preispfade in den BEHG-Sektoren Verkehr, Gebäude und Industrie 46
6.1 Einleitung 46
6.2 *CO_2-Preispfade und untersuchte Sensitivitäten* 47
6.3 Ergebnisse 49
6.4 *Schlussfolgerungen* 56
Quellenverzeichnis 60

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Trend der Treibhausgasemissionen, 1990-2030 38
Abbildung 2: Treibhausgasemissionen im Szenario Klimaschutzprogramm 2030 (KSPr (Jan 2020)), 1990-2035 40
Abbildung 3: Treibhausgasemissionen im ESR-Sektor 43
Abbildung 4: Untersuchte CO_2-Preispfade 48
Abbildung 5: Veränderung des EEV nach Sektoren gegenüber dem KSPr*, 2030 50
Abbildung 6: Veränderung des EEV nach Energieträgern gegenüber dem KSPr*, 2030 51
Abbildung 7: Veränderung des Stromverbrauchs gegenüber dem KSPr*, 2030 52
Abbildung 8: Veränderung der Treibhausgasemissionen gegenüber dem KSPr*, 2030 54

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausgewählte demographische, wirtschaftliche und energiewirtschaftliche Rahmendaten, 2016-2035 19
Tabelle 2: Entwicklung der gesamten Treibhausgasemissionen nach Quellbereichen im MMS, 1990-2035 20
Tabelle 3: Entwicklung der Treibhausgasemissionen für die Sensitivitätsrechnungen (MMS) 23
Tabelle 4: Treibhausgas-Emissionen nach KSP-2050-Aggregation im MMS, 1990-2035 26
Tabelle 5: Veränderung der Treibhausgas-Emissionen nach KSP-2050-Aggregation gegenüber 1990 27
Tabelle 6: Sektorziele des Bundes-Klimaschutzgesetzes 29
Tabelle 7: Vorläufige Zielwerte aus der EU-Klimaschutzverordnung (Effort Sharing Regulation) 29
Tabelle 8: Treibhausgasemissionen im Referenzszenario (REF), 1990-2035 31
Tabelle 9: Emissionsentwicklung im stationären Emissionshandel und im ESR-Sektor im Referenzszenario (REF), 1990-2035 32
Tabelle 10: Treibhausgasemissionen im Szenario Klimaschutzprogramm 2030 (KSPr (Jan 2020)), 1990-2035 33
Tabelle 11: Emissionsentwicklung im stationären Emissionshandel und im ESR-Sektor im Szenario Klimaschutzprogramm 2030 (KSPr (Jan 2020)), 1990-2035 34
Tabelle 12: Treibhausgasemissionen im Szenario Klimaschutzprogramm 2030 (KSPr (Jan 2020)) im Vergleich zu den Zielen des Bundes-Klimaschutzgesetzes in Mio. t CO_2e 35

Tabelle 13: Vergleich der Szenarienergebnisse für das Jahr 2030 mit den Klimaschutzzielen im Bundes-Klimaschutzgesetz 37
Tabelle 14: Vergleich der Szenarienergebnisse mit den Klimaschutzzielen für den ESR-Bereich 38
Tabelle 15: Treibhausgasemissionen im Szenario Klimaschutzprogramm 2030 (KSPr (Jan 2020)) im Vergleich zu den Zielen des Bundes-Klimaschutzgesetzes in Mio. t CO_2e 41
Tabelle 16: Vergleich der Szenarienergebnisse für das Jahr 2030 mit den Klimaschutzzielen im Bundes-Klimaschutzgesetz in Mio. t CO_2e 42
Tabelle 17: Wirkung der Einzelmaßnahmen im Szenario Klimaschutzprogramm 2030 (Jan 2020) gegenüber dem Referenzszenario (REF) 44
Tabelle 18: Untersuchte CO_2-Preispfade 48
Tabelle 19: Überblick über die Sensitivitäten 49
Tabelle 20: Treibhausgasemissionen nach KSG-Sektoren (Mio. t CO_2-Äq), 2030 52
Tabelle 21: Zielerreichung ESR (altes -38 %-Ziel) und BEHG (Mio. t CO_2-Äq), 2030 55
Tabelle 22: Zielerreichung ESR (neues -50 %-Ziel) und BEHG (Mio. t CO_2-Äq), 2030 55

Abkürzungsverzeichnis

A	Austauschraten
AGEB	AG Energiebilanzen
Äq	Äquivalent
BEG	Bundesförderung Effiziente Gebäude
BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CH_4	Methan
CO_2	Kohlendioxid
CRF	Common Reporting Format (Gemeinsames Berichtsformat)
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEV	Endenergieverbrauch
EffSTRA	Effizienzstrategie
EnEV	Energieeinsparverordnung
ESD	Effort Sharing Decision (EU-Lastenteilungsentscheidung)
ESR	Effort Sharing Regulation (EU-Klimaschutzverordnung)
ETS	Emissions Trading Scheme (Emissionshandel)
EUA	European Union Allowance
F	Foresight
FKW	Perfluorierte Kohlenwasserstoffe
G	Gebäude
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GHG	Greenhouse gas
HFKW	Teilfluorierte Kohlenwasserstoffe
I	Industrie
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz
KSP	Klimaschutzplan
KSPr (Jan 2020)	Gesamtabschätzung des Klimaschutzprogramms 2030
KSPr*	Szenario Klimaschutzprogramm 2030 (Umsetzungsstand Januar 2020) mit geringfügigen Änderungen
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge
LULUCF	Land use, land-use change and forestry (Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft)
mA	Mit Änderung der Austauschraten
MAC	Mobile Air Conditioning
MMS	Mit-Maßnahmen-Szenario
MWMS	Mit-Weiteren-Maßnahmen-Szenario

NAPE	Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz
nEHS	Nationaler Emissionshandel
NF_3	Stickstofftrifluorid
NKI	Nationale Klimaschutzinitiative
N_2O	Lachgas
oA	Ohne Änderung der Austauschraten
oF	Ohne Foresight
ÖV	Öffentlicher Verkehr
REF	Referenzszenario
S	Sensitivität
SF_6	Schwefelhexafluorid
StBauF	Städtebauförderung
THG	Treibhausgas
UBA	Umweltbundesamt
V	Verkehr

Zusammenfassung

Der Projektabschlussbericht des Vorhabens „THG-Projektion: Weiterentwicklung der Methoden und Umsetzung der EU-Effort Sharing Decision im Projektionsbericht 2019 („Politikszenarien IX“)“ (Forschungskennzahl 3718 41 002 0) stellt die Ergebnisse der im Projekt erstellten Arbeiten dar.

Der Projektionsbericht 2019 enthält eine Schätzung der Treibhausgasemissionen im Zeitraum 2020 bis 2035 für ein so genanntes Mit-Maßnahmen-Szenario (MMS), das auf den Maßnahmen beruht, die bis 31. August 2018 verabschiedet worden sind.

„Für die gesamten Treibhausgasemissionen (ohne Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft und ohne internationalen Luft- und Seeverkehr) ergibt sich für den Zeitraum 2005 bis 2020 eine Minderung um 158 Mt CO_2e bzw. 16 %. Bis 2030 beträgt die Minderung ggü. 2005 etwa 263 Mt CO_2e bzw. 26 % und bis 2035 etwa 296 Mt CO_2e bzw. 30 %. Im Vergleich zu 1990 entspricht dies bis 2020 einer Minderung um 33 %, bis 2030 einer Minderung um etwa 42 % und bis 2035 um gut 44 %. Betrachtet man zusätzlich die im Bericht analysierten Sensitivitäten, ergibt sich eine Emissionsminderung in 2020 (2030) von bis zu 34,3 % (43,6 %) im Vergleich zu 1990 (in der Berechnung mit schwächerem Wirtschaftswachstum)“ (Bundesregierung 2019c).

Die Ergebnisse des Projektionsberichts werden grundsätzlich gemäß internationaler Konventionen im so genannten gemeinsamen Berichtsformat dargestellt. Aufgrund der Bedeutung für die Bewertung der Zielerreichung der deutschen Klimaschutzziele sowie der bestehenden Klimapolitik wurden im Teilbericht „Projektionsbericht 2019 für Deutschland – Zusammenfassung in der Struktur des Klimaschutzplans“ die Ergebnisse des Projektionsberichts 2019 in der Struktur des Klimaschutzplans bzw. des Bundes-Klimaschutzgesetzes dargestellt.

Im Oktober 2019 beschloss die Bundesregierung das Klimaschutzprogramm 2030 zur Minderung der Treibhausgasemissionen in Deutschland. Ziel des Teilberichts „Klimaschutzprogramm 2030 – Gesamtabschätzung (Kurzbericht)“ ist, die Minderungswirkung des Programms abzuschätzen und in Form eines Kurzberichts darzustellen. Es wurden zwei Szenarien modelliert:

a) *„REF: Referenzszenario zum Klimaschutzprogramm 2030 mit zum Teil aktualisierten Daten und harmonisierten Annahmen gegenüber dem Projektionsbericht 2019.*

b) *KSPr (Jan 2020): Gesamtabschätzung des Klimaschutzprogramms 2030 (Stand 29. Januar 2020).*

„Für die gesamten Treibhausgasemissionen (ohne Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft und internationalen Luft- und Seeverkehr) wird im Referenzszenario (REF) im Vergleich zu 1990 bis 2030 eine Minderung von 41,2 % erreicht, bis 2035 von 44,1 %. Für das Szenario Klimaschutzprogramm 2030 (KSPr (Jan 2020)) ergibt sich bis 2030 eine Minderung von 51,0 % und bis 2035 von 59,6 %“ (Öko-Institut et al. 2020).

Im Teilbericht “Abschätzung der Treibhausgasminderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung” wurde die Abschätzung der Treibhausgasminderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 in einem umfassenden Bericht dokumentiert.

Im Teilbericht “Klimaschutzbeitrag verschiedener CO_2-Preispfade in den BEHG-Sektoren Verkehr, Gebäude und Industrie” wurde untersucht, wie sich verschiedene CO_2-Preisspfade im Rahmen des Brennstoffemissionshandelsgesetzes (BEHG) sowie weitere Annahmen auf die Zielerreichung im Jahr 2030 auswirken.

„In sechs der zehn CO_2-Preissensitivitäten wird die BEHG-Höchstmenge im Jahr 2030 (abgeleitet aus dem zum Zeitpunkt der Modellierung geltenden ESR-Minderungsziel von -38 % bis 2030 ggü. 2005) eingehalten. Jedoch garantiert eine Einhaltung der Höchstmenge im Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) allein nicht gleichzeitig die Einhaltung der zulässigen Emissionen der EU-Klimaschutzverordnung (ESR), da die ESR weitere Emissionen umfasst, wie beispielsweise Emissionen aus Tierhaltung, Abfallwirtschaft oder F-Gasen.

In keiner Sensitivität wird die gesamt zulässige Emissionsmenge gemäß des seit 2021 geltenden Bundes-Klimaschutzgesetzes (KSG) erreicht. In zwei Sensitivitäten erreicht der Gebäudesektor sein neues KSG-Sektorziel für 2030. Die Sektoren Verkehr und Industrie erreichen hingegen in keiner der CO_2-Preissensitivitäten ihr neues Sektorziel im Jahr 2030. Des Weiteren ist zu beachten, dass den Emissionsrückgängen in den Sektoren Industrie, Gebäude und Verkehr ein nicht unerheblicher Anstieg der Emissionen der Energiewirtschaft gegenübersteht, insbesondere durch erhöhte Strom- und Fernwärmenachfragen in öffentlichen Kraftwerken und Heizwerken. Durch diesen Effekt werden je nach Sensitivität bis zu 50 % der in den Sektoren Industrie, Gebäude und Verkehr eingesparten Emissionen in der Energiewirtschaft zusätzlich ausgestoßen“ (Öko-Institut et al. 2022).

Summary

The final project report of the project "GHG Projections: Further development of the methods and implementation of the EU Effort Sharing Decision in the 2019 Projection Report ("Policy Scenarios IX")" (research code 3718 41 002 0) presents the results of the work conducted in the project.

The 2019 Projection Report provides an estimate of greenhouse gas emissions from 2020 to 2035 for what is known as a With Measures Scenario (MMS) based on policies and measures adopted by 31 August 2018.

"For total GHG emissions (excluding land use, land use change and forestry, and international aviation and maritime transport), an emission reduction amounting to 158 Mt CO_2e or 16 % for the period 2005 to 2020. Compared to 2005 levels, the reduction amounts to approx. 263 Mt CO_2e or 26 % in 2030 and approx. 296 Mt CO_2e or 30 % in 2035. This corresponds to a reduction of 33 % by 2020, approx. 42 % by 2030 and approx. 44 % by 2035 compared to 1990. If the sensitivities analyzed in the report are also taken into account, it results in an emission reduction amounting to up to 34.3 % (43.6 %) in 2020 (2030) compared to 1990 (in the calculation with weaker economic growth)" (Bundesregierung 2019c).

In principle, the results of the projection report are presented in the so-called common reporting format in accordance with international conventions. Due to the importance of achievement of the German climate targets and the existing climate policy for the assessment, the results of the Projection Report 2019 were presented in the sub-report "Projection Report 2019 for Germany - Summary based on the Structure of the Climate Action Plan" according to the structure of the Climate Action Plan and the Federal Climate Change Act.

In October 2019, the Federal Government adopted the Climate Action Programme 2030 on the reduction of greenhouse gas emissions in Germany. The aim of the sub-report "Climate Action Programme 2030 - Overall Assessment (Summary Report)" is to estimate this programme's impact on emission reductions and to present this in the form of a summary report. Two scenarios were modelled:

a) "REF: Reference scenario for the Climate Action Programme 2030 with partly updated data and harmonized assumptions compared to the Projection Report 2019.

b) KSPr (Jan 2020): Overall estimate of the Climate Action Programme 2030 (as of 29 January 2020).

"With regard to total GHG emissions (excluding land use, land use change and forestry and international aviation and maritime transport), the Reference Scenario (REF) achieves a reduction of 41.2 % by 2030 and 44.1 % by 2035 compared to 1990. For the scenario Climate Action Programme 2030 (KSPr (Jan 2020)), a reduction of 51.0 % is achieved by 2030 and 59.6 % by 2035" (Öko-Institut et al. 2020).

In the sub-report "Estimation of the GHG emission reduction impact of the Federal Government's Climate Action Programme 2030," the estimation of the Climate Action Programme 2030's impact on greenhouse gas emission reductions is documented in a comprehensive report.

The sub-report "Contribution to climate protection of different carbon price paths in the BEHG sectors of transport, buildings and industry" examines how different carbon price paths affect

the achievement of the 2030 emissions target within the framework of the Fuel Emissions Trading Act (BEHG) and other assumptions.

"In six of the ten carbon price sensitivities, the BEHG cap is adhered to in 2030 (result derived from the ESR reduction target of -38 % by 2030 compared to 2005, which was in force at the time of modelling). However, compliance with the maximum quantity in the Fuel Emissions Trading Act (BEHG) alone does not guarantee compliance with the emission quantity permitted under the EU Effort Sharing Regulation (ESR) at the same time, because the ESR includes other emissions such as emissions from animal husbandry, waste management and F-gases.

In none of the sensitivities is the total quantity of emissions permitted under the Federal Climate Change Act (KSG), which has been in force since 2021, reached. In two sensitivities, the building sector reaches its new KSG sector target for 2030. In contrast, the transport and industry sectors do not reach their new sector target in 2030 in any of the carbon price sensitivities. Furthermore, it should be noted that the emission reductions in the industry, buildings and transport sectors are counterbalanced by a not insignificant increase in emissions from the energy sector, in particular due to increased demand for electricity and district heating in public power plants and heating plants. Depending on the sensitivity, up to 50 % of the emissions saved in the industry, buildings and transport sectors are additionally emitted in the energy sector due to this effect" (Öko-Institut et al. 2022).

1 Einleitung

Im Vorhaben „THG-Projektion: Weiterentwicklung der Methoden und Umsetzung der EU-Effort Sharing Decision im Projektionsbericht 2019 („Politikszenarien IX“)“ (Forschungskennzahl 3718 41 002 0) wurden zahlreiche Produkte erstellt. Im Rahmen dieses Projektabschlussberichts werden entsprechend die Ergebnisse der folgenden Arbeiten dargestellt:

- Projektionsbericht 2019 für Deutschland: Der Projektionsbericht 2019 enthält eine Schätzung der Treibhausgasemissionen im Zeitraum 2020 bis 2035 für ein so genanntes Mit-Maßnahmen-Szenario (MMS), das auf den Maßnahmen beruht, die bis 31. August 2018 verabschiedet worden sind. Die Ergebnisse dieses Berichts werden in Kapitel 2 dargestellt.
- Projektionsbericht 2019 für Deutschland – Zusammenfassung in der Struktur des Klimaschutzplans: Die Ergebnisse des Projektionsberichts werden grundsätzlich gemäß internationaler Konventionen im so genannten gemeinsamen Berichtsformat dargestellt. Aufgrund der Bedeutung für die Bewertung der Zielerreichung der deutschen Klimaschutzziele sowie der bestehenden Klimapolitik wurden in diesem Teilbericht die Ergebnisse des Projektionsberichts 2019 in der Struktur des Klimaschutzplans bzw. des Bundes-Klimaschutzgesetzes dargestellt. Einen Überblick über die erfolgten Arbeiten können Kapitel 3 entnommen werden.
- Klimaschutzprogramm 2030 – Gesamtabschätzung (Kurzbericht): Im Oktober 2019 beschloss die Bundesregierung das Klimaschutzprogramm 2030 zur Minderung der Treibhausgasemissionen in Deutschland. Ziel dieses Untersuchung ist die Minderungswirkung des Programms abzuschätzen und in Form eines Kurzberichts darzustellen. Die Ergebnisse dieses Produkts werden in Kapitel 4 dargestellt.
- Abschätzung der Treibhausgasminderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung: In diesem Bericht wurde die Abschätzung der Treibhausgasminderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 in einem umfassenden Bericht dokumentiert. Zentrale Ergebnisse können Kapitel 5 entnommen werden.
- Klimaschutzbeitrag verschiedener CO_2-Preispfade in den BEHG-Sektoren Verkehr, Gebäude und Industrie: im Rahmen dieses Projekts wurde untersucht, wie sich verschiedene CO_2-Preisspfade im Rahmen des Brennstoffemissionshandelsgesetzes (BEHG) sowie weitere Annahmen auf die Zielerreichung im Jahr 2030 auswirken. Die wesentlichen Erkenntnisse können Kapitel 6 entnommen werden.

Für eine detaillierte Diskussion der jeweiligen Arbeiten sei auf die entsprechenden Veröffentlichungen verwiesen, die in den jeweiligen Kapiteln referenziert werden.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass sich im Projektverlauf zahlreiche Rahmenbedingungen verändert bzw. weiterentwickelt haben. Hervorzuheben ist hierbei insbesondere die Weiterentwicklung der deutschen Klimapolitik, vor allem durch die Novellierung und Verschärfung des Bundes-Klimaschutzgesetzes im Jahr 2021. Des Weiteren wurden mit dem Fit-for-55-Paket der EU-Kommission weitreichende Änderungen der EU-Klimapolitik auf den Weg gebracht, womit absehbar weitere Änderungen der deutschen Klimapolitik zu erwarten sind. Gleichermaßen haben sich weitere Rahmenbedingungen geändert wie beispielsweise das zu erwartende Wirtschaftswachstum vor dem Hintergrund der Corona-Pandemie. Darüber hinaus ergeben sich Änderungen unter anderem in Bezug auf Brennstoffpreise sowie das erwartete Wirtschaftswachstum als Folge des Angriffs Russlands auf die Ukraine am 24. Februar 2022 sowie durch die von der seit dem 8. Dezember 2021 regierenden Ampel-Koalition umgesetzten und

geplanten Klimaschutzvorhaben. Alle Arbeiten basieren auf den jeweils zum Zeitpunkt der Bearbeitung vorherrschenden Rahmenbedingungen und entsprechen damit nicht notwendigerweise aktuellen Bedingungen. Dies wurde in den einzelnen Kapiteln an geeigneten Stellen kenntlich gemacht.

2 Projektionsbericht 2019 für Deutschland gemäß Verordnung (EU) Nr. 525/2021

2.1 Einleitung

„Die Mitgliedstaaten der Europäischen Union sind verpflichtet, alle zwei Jahre eine Schätzung vorzunehmen, wie sich ihre jeweiligen Treibhausgasemissionen in den nächsten etwa 20 Jahren voraussichtlich entwickeln. Der deutsche Projektionsbericht 2019 beruht auf Ergebnissen des Projekts „THG-Projektion: Weiterentwicklung der Methoden und Umsetzung der EU-Effort Sharing Decision im Projektionsbericht 2019 („Politikszenarien IX")", in dessen Rahmen ein Mit-Maßnahmen-Szenario (MMS) für die Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland für den Zeitraum 2020 bis 2035 erarbeitet wurde. Da zum Projektstart (31. August 2018) noch keine konkreten weiteren Klimaschutz-Maßnahmen durch die Bundesregierung geplant waren, wurde auf die Modellierung eines Mit-Weiteren-Maßnahmen-Szenarios (MWMS) verzichtet.

Im MMS werden alle Maßnahmen berücksichtigt, die bis 31. August 2018 verabschiedet worden sind. Es beinhaltet auch Maßnahmen des „Aktionsprogramms Klimaschutz 2020" (BMUB 2014) sowie des Nationalen Aktionsplans Energieeffizienz (NAPE), welche zu diesem Zeitpunkt umgesetzt sind. Für die Bewertung der Maßnahmenwirkung wird die Entwicklung der THG-Emissionen in diesem Szenario mit einer (hypothetischen) Entwicklung verglichen, die ohne diese Maßnahmen bzw. ohne die entsprechende Novellierung bereits bestehender Politiken und Maßnahmen eingetreten wäre[1]. Dabei werden diejenigen Maßnahmen berücksichtigt, die vor dem jeweils beschriebenen Wirkungsbeginn der vom MMS erfassten Maßnahmen wirksam waren.

Im Rahmen der Szenarienberechnung erfolgte eine detaillierte Analyse der bis zum jeweiligen Stichtag verabschiedeten klima- und energiepolitischen Maßnahmen hinsichtlich ihrer Effekte für die Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland. Berücksichtigt wurden dabei die Emissionen der vom Kyoto-Protokoll erfassten Treibhausgase Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4), Lachgas (N_2O), teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW), Schwefelhexafluorid (SF_6) und Stickstofftrifluorid (NF_3) für die Quellsektoren Energiewirtschaft, Industrie, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD), Haushalte, Verkehr, diffuse Emissionen aus Brennstoffen, Industrieprozesse, Landwirtschaft, Abfallwirtschaft sowie Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF). Die für Deutschland relevanten Emissionen des internationalen Luft- und Seeverkehrs werden nachrichtlich ausgewiesen.

Zur Szenarienentwicklung wurden ein Energiesystem- und ein Emissionsberechnungsmodell eingesetzt, mit dessen Hilfe die Ergebnisse detaillierter – zum Teil modellgestützter – Sektoranalysen zu einem konsistenten und vollständigen Mengengerüst für den Energiebedarf und die Treibhausgasemissionen verdichtet wurden. Spezifische Untersuchungen wurden für die Bereiche Raumwärme und Warmwasser, elektrische Geräte, brennstoffbedingte Emissionen der Industrie, GHD, Verkehr, Stromerzeugung, übrige Energiewirtschaft, flüchtigen Emissionen des Energiesektors, prozessbedingte CO_2-, CH_4- und N_2O-Emissionen der Industrie, HFKW-, FKW- und SF_6-Emissionen sowie Abfallwirtschaft angestellt. Für Landwirtschaft und LULUCF wurden die Ergebnisse des Thünen-Instituts übernommen.

Die Bundesregierung macht sich die Ergebnisse der vorgelegten Szenarien für die Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland für den Zeitraum 2005 bis 2035 nicht zu eigen. Szenarien, die in das Jahr 2035 reichen, sind grundsätzlich mit großen Unsicherheiten behaftet. Je nach Annahmen und verwendeter Methodik werden andere Verläufe abgeschätzt. So kommen Studien und

[1] Eine solche hypothetische Entwicklung wird für die einzelnen Maßnahmen abgeleitet. Die Ableitung eines integrierten Ohne-Maßnahmen-Szenarios (OMS) erfolgt innerhalb dieses Projektes nicht.

Prognosen, die im Auftrag der Bundesregierung z.B. zum Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 und zum Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz erarbeitet wurden, im Einzelnen zu abweichenden Ergebnissen. Die Bundesregierung wird allerdings die Forschungsergebnisse des Projektionsberichts in ihre künftigen Überlegungen mit einbeziehen.

Die im Bericht dargestellten Maßnahmen sowie die Ergebnisse des Berichts präjudizieren die Bundesregierung vor allem bezüglich ihrer hier angenommenen Ausgestaltung nicht. Sofern zusätzliche Maßnahmen umgesetzt werden sollen, stehen diese unter Finanzierungsvorbehalt" (Bundesregierung 2019c).

2.2 Rahmendaten

„Für die Entwicklung der Energiebedarfs- und Emissionsszenarien spielen eine Reihe wichtiger Rahmensetzungen eine entscheidende Rolle. Dies betrifft sowohl die demographischen und wirtschaftlichen Rahmendaten als auch die Entwicklung der Energiepreise. Für die Erstellung der Projektionen wurden diese überwiegend aus einem Vorgängerprojekt (Folgenabschätzung für den Klimaschutzplan 2050) übernommen bzw. angepasst. Zum Teil wurde die aktuelle Guidance der EU-Kommission verwendet (Entwicklung des EUA-Preises) bzw. eigene Abschätzungen vorgenommen (Braunkohle-Preis). Sektorspezifische Rahmendaten (Verkehr, Haushalte, Industrie sowie GHD) wurden ebenfalls abgeleitet. Tabelle 1 zeigt die wichtigsten Rahmendaten für die Szenarien im Überblick.

Der Szenarienentwicklung liegt eine demographische Entwicklung zugrunde, in der die deutsche Wohnbevölkerung zunächst bis 2020 leicht zunimmt (auf 83,2 Millionen Einwohner) und dann kontinuierlich bis 2035 leicht zurückgeht, so dass für das Jahr 2035 81,9 Millionen Einwohner erwartet werden. Die Zahl der Privathaushalte erhöht sich im gleichen Zeitraum durch den anhaltenden Trend zu kleineren Haushalten noch leicht.

Für die wirtschaftliche Entwicklung wird bis zum Jahr 2035 ein relativ stetiges Wachstum unterstellt. Die Bruttowertschöpfung in der Industrie nimmt im Zeitraum 2016 bis 2035 von 492 Mrd. €$_{2010}$ auf 600 Mrd. €$_{2010}$ zu […]. Für den Bereich privater und öffentlicher Dienstleistungen wird von einem leichten Anstieg der Beschäftigten zwischen 2016 und 2020 ausgegangen. Von 2020 bis 2035 sinkt die Beschäftigtenzahl im Dienstleistungssektor leicht. Der Preis für Rohöl wird im Jahr 2035 sehr deutlich über dem Preis des Jahres 2016 liegen.

Hinsichtlich der Preise für EU-Emissionszertifikate liegt den Szenarien ein deutlich steigender Preis zu Grunde, der im Jahr 2035 ein Niveau von 43,5 € je EUA (real, Preisbasis 2016) erreicht" (Bundesregierung 2019c).

Tabelle 1: Ausgewählte demographische, wirtschaftliche und energiewirtschaftliche Rahmendaten, 2016-2035

	2016	2020	2025	2030	2035
Demographische Entwicklung					
Wohnbevölkerung (Mio.)	82,5	83,2	83,0	82,6	81,9
Private Haushalte (in Mio.)	41,3	42,2	42,6	42,8	43,1
Wirtschaftliche Entwicklung					

	2016	2020	2025	2030	2035
Bruttoinlandsprodukt (Mrd. €$_{2010}$)	2.855	3.088	3.294	3.445	3.603
Bruttowertschöpfung Industrie (Mrd. €$_{2010}$)	492,0	515,7	547,6	572,1	599,8
Beschäftigte im Dienstleistungssektor (in Mio.)	29,0	29,7	29,6	28,6	27,6
Primärenergieträgerpreise (€$_{2016}$/GJ H_u)					
Rohöl Brent	6,6	13,2	15,0	16,5	17,2
Steinkohle	2,3	2,5	3,0	3,6	3,8
Erdgas	4,6	7,7	8,4	9,1	9,7
CO_2-Zertifikatspreise (€$_{2016}$/EUA)	5,3	15,5	23,3	34,7	43,5

Quelle: (Bundesregierung 2019c)

2.3 Emissionsentwicklung

„Die Entwicklung der gesamten Treibhausgasemissionen ergibt sich einerseits aus den energiebedingten Treibhausgasemissionen und andererseits aus den Treibhausgasemissionen aus Industrieprozessen und Produktverwendung, der Landwirtschaft und der Abfallwirtschaft sowie Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF). Solche Schätzungen der Emissionsentwicklung sind selbst bezüglich relativ kurzer Zeiträume mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Wirtschaftsentwicklung, Energiepreise und andere Rahmenbedingungen können die tatsächliche Entwicklung stark beeinflussen. Die Ergebnisse sind daher vor dem Hintergrund der dargestellten Annahmen zu den Rahmendaten zu bewerten. Die Sensitivitätsanalysen zeigen die mögliche Größenordnung der bestehenden Unsicherheiten“ (Bundesregierung 2019c).

Tabelle 2: Entwicklung der gesamten Treibhausgasemissionen nach Quellbereichen im MMS, 1990-2035

Sektor [b]	1990	2005	2010	2016	2020	2025	2030	2035
	Mt CO_2e							
Energiewirtschaft	427,4	379,4	356,9	332,2	286,1	290,3	255,1	247,8
Industrie	186,7	115,3	125,1	126,4	118,0	112,0	107,1	103,4
GHD	88,4	47,8	47,6	45,1	44,0	38,3	32,5	27,0
Haushalte	131,9	112,0	107,0	91,5	78,9	65,0	55,9	49,4
Verkehr	164,4	161,4	154,2	166,8	171,2	166,5	160,3	152,1
Diffuse Emissionen aus Brennstoffen	38,0	16,4	11,3	10,0	7,3	7,0	6,7	6,4

Sektor [b]	1990	2005	2010	2016	2020	2025	2030	2035
	Mt CO_2e							
Industrieprozesse	97,1	76,3	63,4	61,8	58,2	52,4	45,4	44,5
Landwirtschaft	79,4	63,3	62,6	65,2	63,2	62,0	61,5	61,5
Abfallwirtschaft	38,4	21,2	14,6	10,5	8,6	6,8	5,5	5,4
Gesamt	**1.251,6**	**993,1**	**942,8**	**909,4**	**835,6**	**800,4**	**730,0**	**697,6**
ggü. 2005	*26,0 %*	*0,0 %*	*-5,1 %*	*-8,4 %*	*-15,9 %*	*-19,4 %*	*-26,5 %*	*-29,8 %*
ggü. 1990	*0,0 %*	*-20,7 %*	*-24,7 %*	*-27,3 %*	*-33,2 %*	*-36,0 %*	*-41,7 %*	*-44,3 %*
ggü. Basisjahr[a]	*-0,3 %*	*-20,9 %*	*-24,9 %*	*-27,6 %*	*-33,4 %*	*-36,2 %*	*-41,8 %*	*-44,4 %*
Nachrichtlich:								
LULUCF	-31,3	-12,1	-16,4	-14,5	29,5	11,3	19,0	18,8
Internationaler Luft- und Seeverkehr	18,6	30,1	32,5	34,7	36,9	39,5	41,1	39,3
Gesamt inklusive nachrichtlich	**1.238,9**	**1.011,2**	**958,9**	**929,7**	**902,1**	**851,2**	**790,1**	**755,6**
ggü. 2005	*22,5 %*	*0,0 %*	*-5,2 %*	*-8,1 %*	*-10,8 %*	*-15,8 %*	*-21,9 %*	*-25,3 %*
ggü. 1990	*0,0 %*	*-18,4 %*	*-22,6 %*	*-25,0 %*	*-27,2 %*	*-31,3 %*	*-36,2 %*	*-39,0 %*
ggü. Basisjahr[a]	*-0,3 %*	*-18,6 %*	*-22,8 %*	*-25,2 %*	*-27,4 %*	*-31,5 %*	*-36,4 %*	*-39,2 %*

Quelle: (Bundesregierung 2019c)

„Anmerkung: [a] das Basisjahr ist 1990 für Kohlendioxid, Methan und Lachgas sowie 1995 für HFKW, FKW, Schwefelhexafluorid und Stickstofftrifluorid, die Basisjahremission wurde entsprechend berechnet. [b] Die Zuordnung der Quellgruppen zu den Handlungsfeldern weicht vom Sektorzuschnitt des Klimaschutzplans 2050 ab [..]" (Bundesregierung 2019c).

„Für die gesamten Treibhausgasemissionen (ohne Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft und ohne internationalen Luft- und Seeverkehr) ergibt sich für den Zeitraum 2005 bis 2020 eine Minderung um 158 Mt CO_2e bzw. 16 %. Bis 2030 beträgt die Minderung ggü. 2005 etwa 263 Mt CO_2e bzw. 26 % und bis 2035 etwa 296 Mt CO_2e bzw. 30 %. Im Vergleich zu 1990 entspricht dies bis 2020 einer Minderung um 33 %, bis 2030 einer Minderung um etwa 42 % und bis 2035 um gut 44 %. Betrachtet man zusätzlich die im Bericht analysierten Sensitivitäten, ergibt sich eine Emissionsminderung in 2020 (2030) von bis zu 34,3 % (43,6 %) im Vergleich zu 1990 (in der Berechnung mit schwächerem Wirtschaftswachstum).

Hinzuweisen ist jedoch auch darauf, dass die beschriebenen Emissionstrends die Entwicklungen im internationalen Flugverkehr (und in geringerem Umfang auch der Hochseeschifffahrt) ausklammern. Insbesondere die sehr dynamische Entwicklung im internationalen Luftverkehr führt dazu, dass die entsprechenden Treibhausgasemissionen von 2005 bis 2020 (2030) um fast 7 (11) Mt CO_2e wachsen, dies entspricht einem Zuwachs von ca. 23 % (37 %).

Die energiebedingten Treibhausgasemissionen werden wesentlich bestimmt durch die CO_2-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger in der Energiewirtschaft und den Endverbrauchs-

sektoren Industrie, Haushalte, Verkehr, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen sowie die flüchtigen CH_4-Emissionen aus dem Kohlenbergbau sowie der Öl- und Gaswirtschaft.

Die Treibhausgasemissionen aus der Verbrennung (Energiesektor, Industrie, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Haushalte und Verkehr einschließlich internationalem Luft- und Seeverkehr) sinken im Zeitraum 2005 bis 2020 um 111 Mt CO_2e, bis 2030 um 194 Mt CO_2e und bis 2035 um 227 Mt CO_2e. Dies entspricht einer Minderung von etwa 13 % bzw. 23 % bzw. 27 % gegenüber 2005 und einer Minderung von 28 % bzw. 36 % bzw. 39 % gegenüber 1990. Etwa 44 % dieser Emissionsminderung wird dabei 2035 von den Endverbrauchssektoren (ohne internationalen Verkehr) erbracht, wobei durch Sanierungsmaßnahmen und durch die Abnahme des Anteils an Heizölkesseln erhebliche Minderungen in den Haushalten (allein etwa 63 Mt CO_2e gegenüber 2005) erreicht werden. Dem stehen geringere absolute Emissionsänderungen in den Bereichen Industrie, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und nationaler Verkehr gegenüber (Absenkung zusammen um ca. 42 Mt CO_2e von 2005 bis 2035). Der gesamte Beitrag der Energiewirtschaft (ohne Industriekraftwerke) zur Emissionsminderung bei den Treibhausgasemissionen aus der Verbrennung beträgt für den genannten Zeitraum ca. 56 %. Diese Emissionsreduktion in der Energiewirtschaft ist in erster Linie auf den Rückgang der Kohleverstromung zurückzuführen.

Die diffusen Emissionen aus dem Kohlenbergbau und der Öl- und Gaswirtschaft gehen von 2005 bis 2035 um 61 % zurück. Diese Entwicklung resultiert vor allem aus der Beendigung des Steinkohlenbergbaus in Deutschland. Insgesamt ergibt sich für die energiebedingten Treibhausgasemissionen (verbrennungsbedingte Emissionen, einschließlich internationalem Verkehr, und diffuse Emissionen aus Brennstoffen) im Zeitraum 2005 bis 2035 eine Reduktion von 246 Mt CO_2e bzw. 30 %.

Die Entwicklung der Treibhausgasemissionen aus Industrieprozessen wird für Deutschland vor allem durch die Entwicklung der CO_2-Emissionen aus der Stahl- und Zementproduktion sowie der N_2O-Emissionen aus der chemischen Industrie geprägt. Neben den prozessbedingten CO_2- und N_2O-Emissionen spielen auch die Emissionen fluorierter Treibhausgase aus Industrieprozessen und der Produktverwendung eine wichtige Rolle. Hier ergeben sich gegenüber 2005 bis 2035 Emissionsreduktionen in Höhe von 32 Mt CO_2e bzw. 42 %.

Die Emissionen aus der Landwirtschaft liegen 2035 etwa 2 Mt CO_2e bzw. rd. 3 % niedriger als 2005. Die Emissionen der Abfallwirtschaft sinken zwischen 2005 und 2035 um 16 Mt CO_2e bzw. 74 %, als Folge der verminderten Deponierung von organischen Abfällen" (Bundesregierung 2019c).

2.4 Sensitivitätsanalysen

„Zur Einordnung der Ergebnisse wurde die Sensitivität bezüglich der Annahmen zur demographischen und gesamtwirtschaftlichen Entwicklung analysiert. Dafür wurde einerseits in MMS ein geringeres Wirtschaftswachstum angenommen und andererseits eine niedrigere Bevölkerungsentwicklung. Die Rechnung ergibt, dass die wirtschaftlichen Variablen (Wirtschaftswachstum und Energieintensität) die dominierenden Treibergrößen sind: Ein geringeres Wirtschaftswachstum mindert die Emissionen um bis zu 26 Mt CO_2e im Jahr 2035. Eine niedrigere Bevölkerungsentwicklung führt dagegen bis 2035 zu einer Abnahme um 7 Mt CO_2e. Insgesamt ist der Effekt für die niedrigere Bevölkerungsentwicklung mit 0,5 Prozentpunkten zusätzlicher Minderung ggü. dem MMS bis 2035 jedoch gering. Die zusätzliche Minderung durch ein niedriges Wirtschaftswachstum ist demgegenüber mit 2 Prozentpunkten deutlich größer (Tabelle 3).

Zusätzlich wurde der Gesamteffekt eines Szenarios mit mittelfristig niedrigeren Preisniveaus für Energieträger und CO_2-Emissionszertifikate im Stromsektor berechnet. Auch hier ist der Gesamteffekt gering: Die Annahmen führen zu keiner nennenswerten Veränderung der Emissionen in der Stromerzeugung (Zunahme um etwa 6 Mt CO_2e im Jahr 2035 ggü. dem MMS). Dafür ist entscheidend, dass sich die Merit Order der Stromerzeugung nicht grundlegend ändert, weil die Kosten für

Braunkohle durch die niedrigen CO_2-Preise immer noch unter der Steinkohle und diese unter dem Erdgas liegen" (Bundesregierung 2019c).

Tabelle 3: Entwicklung der Treibhausgasemissionen für die Sensitivitätsrechnungen (MMS)

	1990	2016	2020	2025	2030	2035
Minderung Gesamtemissionen ggü. 1990						
MMS		*-27,3 %*	*-33,2 %*	*-36,0 %*	*-41,7 %*	*-44,3 %*
Schwächeres Wirtschaftswachstum			*-34,3 %*	*-38,1 %*	*-43,6 %*	*-46,3 %*
Niedrigere Bevölkerungsentwicklung			*-33,4 %*	*-36,4 %*	*-42,0 %*	*-44,8 %*
Mittelfristig niedrigere CO_2- und Brennstoffpreise			*-33,7 %*	*-36,2 %*	*-41,4 %*	*-43,8 %*

Quelle: (Bundesregierung 2019c)

2.5 Klima- und energiepolitische Maßnahmen mit den größten Wirkungsbeiträgen

„Den Emissionsentwicklungen liegen unterschiedliche klima- und energiepolitische Maßnahmen bzw. Zielsetzungen zu Grunde. Die größten Beiträge zur Emissionsminderung im MMS erbringen dabei nach Analyse des Forschungskonsortiums im Jahr 2020 (2030 in Klammern) folgende Maßnahmen[2] in den entsprechenden Sektoren:

a) EEG: 113 Mt CO_2e (148 Mt CO_2e)

b) Braunkohle-Sicherheitsbereitschaft: 11,8-15,0 Mt CO_2e

c) Berücksichtigung von N_2O aus der Adipinsäure-, Salpetersäure-, Glyoxal- und Glyoxylsäureproduktion sowie von CO_2 aus der Ammoniakproduktion im EU-Emissionshandel: 9,8 Mt CO_2e (10,7 Mt CO_2e)

d) EU-Emissionshandel (Stromsektor): 5 Mt CO_2e (7 Mt CO_2e)

e) Beschränkung von HFKW in Pkw-Klimaanlagen gemäß EU MAC-Richtlinie 2006/40/EG: 3,2 Mt CO_2e (6,1 Mt CO_2e)

f) HFKW-Phase-Down nach EU F-Gas-Verordnung 517/2014 (inkl. Chemikalien-Klimaschutz-Verordnung & NKI-Förderung): 2,7 Mt CO_2e (5,7 Mt CO_2e)

g) N-Ausnutzung/Senkung N-Bilanz: 2,7 Mt CO_2e (2,5 Mt CO_2e)

h) Marktanreizprogramm für erneuerbare Energien im Gebäudebereich: 2,3 Mt CO_2e (10,1 Mt CO_2e)

i) Richtlinie Abwärmevermeidung und -nutzung: 2,0 Mt CO_2e (3,6 Mt CO_2e)

j) Energieeinsparverordnung (EnEV) 1,9 Mt CO_2e (7,3 Mt CO_2e)

k) *KfW-Programm für energieeffizientes Bauen und Sanieren: 1,5 Mt CO_2e (6,7 Mt CO_2e)"* (Bundesregierung 2019c)

[2] Hier dargestellt sind Maßnahmen mit Minderungsbeiträgen von mindestens 2 Mt CO_2 im Jahr 2020 und/oder 2030.

2.6 Primär- und Energieverbrauch sowie Bruttostromerzeugung

„Der Endenergieverbrauch in Deutschland errechnet sich aus dem Energieeinsatz in den Bereichen Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Verkehr (mit internationalem Luftverkehr, aber ohne internationalen Seeverkehr) sowie dem Brennstoffeinsatz in der Industrie (einschließlich anteiligem Brennstoffeinsatz zur Wärmeerzeugung in Industriekraftwerken).

Der Endenergieverbrauch in Deutschland im MMS sinkt von 2016 bis 2035 um 13 %. Bei den Mineralölprodukten, dem aktuell wichtigsten Endenergieträger, ist über den Zeitraum 2016 bis 2035 ein Rückgang um 17 % zu beobachten, ähnlich entwickelt sich der Endenergieverbrauch von fossilen Gasen (einschließlich Erdgas), die im gleichen Zeitraum um 19 % zurückgehen. Der Stromverbrauch sinkt bis 2035 mit 5 % nur leicht. Entgegen dem Trend bei den fossilen Energieträgern nimmt der Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch deutlich zu. Zwischen 2016 und 2035 ist ein Anstieg um gut 21 % festzustellen. Die Nachfrage nach Kohlen vermindert sich bis 2035 um 23 %. Der Mülleinsatz reduziert sich bis 2035 um 31 %, bei allerdings heute schon relativ niedrigem Niveau.

Der Endenergieverbrauch der privaten Haushalte geht im MMS von 2016 bis 2035 um 22 % zurück, für den GHD-Sektor (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen) ist ein Rückgang um 21 % zu beobachten. Der Endenergieverbrauch des Verkehrs steigt bis 2020 an und sinkt dann bis 2035 auf ein Niveau, 2 % niedriger als 2016. Für den Endenergieverbrauch in der Industrie ergibt sich im Zeitraum 2016 bis 2035 ein Rückgang um etwa 11 %.

Die Bruttostromerzeugung sinkt im MMS bis 2035 auf etwa 629 TWh. Die Struktur der Bruttostromerzeugung ist vor allem durch den politisch determinierten Rückgang der Kernenergie zur Stromerzeugung sowie durch einen deutlich erkennbaren Rückgang der Kohleverstromung gekennzeichnet. Im Jahr 2035 tragen Kernkraftwerke nicht mehr zur Stromerzeugung bei (2016 betrug dieser Anteil 13 %), Steinkohlekraftwerke tragen 12 % (17 % im Jahr 2016), Braunkohlekraftwerke etwa 18 % (23 %) zur gesamten Bruttostromerzeugung bei. Der Anteil von Erdgas sinkt nur leicht und erbringt im Jahr 2035 einen Anteil von ca. 11 % (13 %). Der Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien steigt von etwa 29 % im Jahr 2016 auf 54 % im Jahr 2035.

Aus dem Endenergieverbrauch, dem Brennstoffeinsatz für die Stromerzeugung sowie dem Verbrauch in den anderen Umwandlungsbereichen ergibt sich der Primärenergieverbrauch.

Im MMS geht der Primärenergieverbrauch vom Referenzjahr 2008 bis 2035 um etwa 22 % zurück. Hinsichtlich der Struktur des Primärenergieverbrauchs ergeben sich jedoch zwei unterschiedliche Trends. Die Einsätze von Kernenergie, Braun- und Steinkohle, Mineralöl und Erdgas gehen zurück, während der Einsatz erneuerbarer Energien zunimmt. Die wichtigsten Beiträge entfallen hier auf Biomasse und Windenergie (im Jahr 2035 etwa 11 % bzw. 7 % des Primärenergieverbrauchs). Der Einsatz von Braunkohle geht von 2016 bis 2035 um etwa 28 %, der Verbrauch von Steinkohle um ca. 27 %, der Verbrauch von Mineralöl um 15 % sowie der Beitrag der Kernenergie (ausstiegsbedingt) auf null zurück. Mineralöl bleibt mit einem Anteil von 34 % im Jahr 2035 vor fossilen Gasen (23 %, vor allem Erdgas) wichtigster Primärenergieträger. Die erneuerbaren Energien haben 2035 zusammen einen Anteil von 22 % am Primärenergieverbrauch. Der Anteil von Kohlen am Primärenergieaufkommen liegt im Jahr 2035 bei nur noch 20 %, wobei davon der etwas größere Teil auf Steinkohle, der Rest auf Braunkohle entfällt“ (Bundesregierung 2019c).

3 Projektionsbericht 2019 für Deutschland – Zusammenfassung in der Struktur des Klimaschutzplans

3.1 Einleitung

„Grundsätzlich erfolgt die Strukturierung der Ergebnisse im Projektionsbericht (PB) (Bundesregierung 2019c) gemäß den internationalen Konventionen zur Treibhausgas (THG)-Berichterstattung im so genannten gemeinsamen Berichtsformat (CRF-Format). Hierbei erfolgt die Strukturierung in erster Linie nach Art der Emissionen (beispielsweise verbrennungsbedingt, flüchtig oder prozessbedingt). Eine Unterteilung nach Sektoren erfolgt in Unterkategorien (beispielsweise verbrennungsbedingte Emissionen der Industrie oder verbrennungsbedingte Emissionen der Haushalte). Diese Strukturierung ist unabdingbar, um den europäischen und internationalen Berichtspflichten nachzukommen und eine Vergleichbarkeit mit den Projektionen anderer Länder sicherzustellen. Diese Strukturierung wurde in den bislang erstellten Projektionsberichten vorgenommen und ist so auch im Projektionsbericht 2019 maßgeblich.

Der Projektionsbericht als offizielles Dokument der Bundesregierung wird des Weiteren häufig herangezogen, um die Erreichung der nationalen Klimaschutzziele abzuschätzen und darauf aufbauend die bestehende Klimaschutzpolitik zu bewerten und ggf. anzupassen. Zentrales Dokument für die Darstellung der Klimaschutzziele ist der Klimaschutzplan 2050 (KSP). Die sektorale Aufteilung der Ziele erfolgt hierbei jedoch weitgehend sektoral (beispielsweise Industrie), wobei verschiedene Emissionsarten zusammengerechnet werden (beispielsweise verbrennungsbedingte Emissionen der Industrie und prozessbedingte Emissionen der Industrie). Damit weicht die Strukturierung des KSP von der Strukturierung des Projektionsberichts ab. Damit ist die gegenwärtige Struktur des Projektionsberichts ungeeignet, um Aussagen über die Erreichung der Ziele des Klimaschutzplans treffen zu können.

Aus diesem Grund werden in diesem Bericht die Ergebnisse des Projektionsberichts 2019 in der Struktur des Klimaschutzplans dargestellt, um so einen Beitrag zur klimapolitischen Debatte in Deutschland zu leisten“ (UBA 2019).

Sowohl die Ziele als auch die Strukturierung des Klimaschutzplans sind in das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) überführt worden. Die Minderungsziele wurden in einer Novelle des KSG verschärft. Das geänderte KSG trat am 31. August 2021 in Kraft.

Abschnitt 3.2 stellt die Gesamtergebnisse des Projektionsberichts 2019 in der Struktur des Klimaschutzplans bzw. des KSG dar. Die Methodik der Zuordnung der Emissionen zwischen den unterschiedlichen Sektorzuschnitten sowie sektorale Ergebnisse können UBA (2019) entnommen werden.

3.2 Gesamtergebnisse

„In Tabelle 4 ist die Entwicklung der Treibhausgasemissionen in der Aggregation des Klimaschutzplans dargestellt. Dabei handelt es sich um die Referenzentwicklung im Mit-Maßnahmen-Szenario (MMS), das nur die Wirkung der bereits beschlossenen Maßnahmen projiziert. Die Energiewirtschaft stellt den größten Sektor dar; in diesem Sektor wird auch die größte absolute Reduktion der Emissionen zwischen 1990 und 2035 verzeichnet" (UBA 2019).

Tabelle 4: Treibhausgas-Emissionen nach KSP-2050-Aggregation im MMS, 1990-2035

Sektor	1990	2005	2010	2016	2020	2025	2030	2035
	Mt CO_2e							
Energiewirtschaft	466,4	397,4	369,4	343,4	294,6	298,5	262,9	255,2
Industrie	283,8	191,6	188,5	188,2	176,2	164,4	152,5	147,9
Gebäude	209,7	153,9	148,5	130,0	116,4	97,0	82,5	71,1
Verkehr	163,3	159,9	153,0	165,6	170,1	165,4	159,3	151,1
Landwirtschaft	90,0	69,2	68,7	71,8	69,7	68,3	67,4	66,8
Teilsumme	**1.213,3**	**971,9**	**928,2**	**898,9**	**827,0**	**793,6**	**724,5**	**692,1**
Sonstige	38,4	21,2	14,6	10,5	8,6	6,8	5,5	5,4
Gesamt	**1.251,6**	**993,1**	**942,8**	**909,4**	**835,6**	**800,4**	**730,0**	**697,6**
Nachrichtlich:								
LULUCF	-31,3	-12,1	-16,4	-14,5	29,5	11,3	19,0	18,8
Internationaler Luft- und Seeverkehr	18,6	30,1	32,5	34,7	36,9	39,5	41,1	39,3
Gesamt inkl. nachrichtlich	**1.238,9**	**1.011,2**	**958,9**	**929,7**	**902,1**	**851,2**	**790,1**	**755,6**

Quelle: (UBA 2019)

„Aufgrund laufender methodischer Verbesserungen und Aktualisierungen im deutschen Treibhausgasinventar können die historischen Werte von den Angaben im Klimaschutzplan 2050 abweichen“ (UBA 2019).

„Neben den KSP-Sektoren sind auch die Emissionen aus dem LULUCF-Sektor und aus dem internationalen Luft- und Seeverkehr dargestellt. Im LULUCF-Sektor nimmt die Senkenfunktion im Lauf der Zeit ab; dieser Sektor stellt ab dem Jahr 2020 eine Treibhausgasquelle dar. Die Emissionen aus dem internationalen Luft- und Seeverkehr nehmen im Projektionszeitraum stark zu.

Die prozentuale Entwicklung der Emissionen ist in Tabelle 5 dargestellt. In allen KSP-Sektoren nehmen die Treibhausgasemissionen zwischen 1990 und 2035 ab. Die prozentual größte Reduktion wird im Sektor Sonstige verzeichnet, die geringste im Sektor Verkehr“ (UBA 2019).

Tabelle 5: Veränderung der Treibhausgas-Emissionen nach KSP-2050-Aggregation gegenüber 1990

Sektor	1990	2005	2010	2016	2020	2025	2030	2035
	Relative Abweichung							
Energiewirtschaft	0,0 %	-14,8 %	-20,8 %	-26,4 %	-36,8 %	-36,0 %	-43,6 %	-45,3 %
Industrie	0,0 %	-32,5 %	-33,6 %	-33,7 %	-37,9 %	-42,1 %	-46,3 %	-47,9 %
Gebäude	0,0 %	-26,6 %	-29,2 %	-38,0 %	-44,5 %	-53,7 %	-60,7 %	-66,1 %
Verkehr	0,0 %	-2,1 %	-6,3 %	1,4 %	4,1 %	1,3 %	-2,5 %	-7,5 %
Landwirtschaft	0,0 %	-23,1 %	-23,6 %	-20,2 %	-22,5 %	-24,0 %	-25,1 %	-25,7 %
Teilsumme	0,0 %	-19,9 %	-23,5 %	-25,9 %	-31,8 %	-34,6 %	-40,3 %	-43,0 %
Sonstige	0,0 %	-44,8 %	-61,9 %	-72,7 %	-77,5 %	-82,3 %	-85,7 %	-85,8 %
Gesamt	0,0 %	-20,7 %	-24,7 %	-27,3 %	-33,2 %	-36,0 %	-41,7 %	-44,3 %
Nachrichtlich:								
LULUCF[a]	0,0 %	-61,5 %	-47,7 %	-53,8 %	-194,3 %	-136,0 %	-160,6 %	-160,0 %
Internationaler Luft- und Seeverkehr	0,0 %	62,3 %	75,0 %	87,0 %	98,9 %	112,8 %	121,4 %	111,5 %
Gesamt inkl. nachrichtlich	**0,0 %**	**-18,4 %**	**-22,6 %**	**-25,0 %**	**-27,2 %**	**-31,3 %**	**-36,2 %**	**-39,0 %**

Quelle: (UBA 2019)

„[a] Der LULUCF-Sektor stellt im Jahr 1990 eine Senke dar. Die Senkenfunktion nimmt im Lauf der Zeit ab; in den Jahren 2020-2035 ist der LULUCF-Sektor eine Treibhausgas-Quelle“ (UBA 2019).

4 Klimaschutzprogramm 2030 – Gesamtabschätzung (Kurzbericht)

4.1 Einleitung

„Mit dem Klimaschutzprogramm 2030 hat die Bundesregierung am 9. Oktober 2019 ein umfassendes Programm zur Minderung der Treibhausgasemissionen in Deutschland beschlossen. Kernelemente sind das Bundes-Klimaschutzgesetz, das Brennstoffemissionshandelsgesetz, das Gesetz zur Umsetzung des Klimaschutzprogramms 2030 in Steuerrecht, der ausgehandelte Kompromiss zum Kohleausstieg und ein umfangreiches Investitionsprogramm.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, die Treibhausgasminderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 auf Grundlage der beschlossenen Einzelmaßnahmen sowie der übergreifenden Maßnahmen abzuschätzen und in Relation zu den Klimaschutzzielen der Bundesregierung für 2030 zu setzen. Mit einem umfassenden Modellierungsvorhaben wurde die Abschätzung der Minderungswirkung der beschlossenen Maßnahmen in den einzelnen Emissionssektoren – Energiewirtschaft, Industrie, Gebäude, Verkehr, Landwirtschaft, Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) sowie Abfallwirtschaft und Sonstiges – in ein übergeordnetes Modell integriert. Hierdurch konnten Wechselwirkungen zwischen den Sektoren berücksichtigt werden, die in einer rein sektoralen Analyse nicht systematisch erfasst werden können.

Mit dem Vorhaben „Politikszenarien IX" kommt das Umweltbundesamt (UBA) damit dem im Klimaschutzprogramm 2030 formulierten Arbeitsauftrag (Bundesregierung 2019b) nach, die Minderungswirkung des Programms unter der Berücksichtigung entsprechender Wechselwirkungen abzuschätzen. Entsprechend dem dort formulierten Auftrag hat parallel zu der vorliegenden Abschätzung ein Forschungskonsortium im Auftrag des BMWi eine vergleichbare Abschätzung vorgelegt.

Grundsätzlich gilt zu berücksichtigen, dass entsprechende Szenarien immer mit Unsicherheiten verbunden sind, da weitreichende Annahmen zu vielen wesentlichen Parametern getroffen werden müssen. Daher müssen die Ergebnisse als ein mögliches und unter [zum Zeitpunkt der Modellierung vorliegenden] Voraussetzungen wahrscheinliches Szenario betrachtet werden.

Die Begutachtung der Minderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 erfolgt jeweils vor dem Hintergrund der durch die Bundesregierung und den Bundestag beschlossenen, rechtlich verbindlichen, Ziele zur Minderung der Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2030. Hierfür sind vor allem (i) das Bundes-Klimaschutzgesetz und (ii) die EU-Klimaschutzverordnung (sog. Effort Sharing Regulation) maßgeblich.

Auf nationaler Ebene wurde mit dem Bundes-Klimaschutzgesetz (Bundesregierung 2019a) ein rechtlich verbindlicher Rahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele bis zum Jahr 2030 geschaffen. Demnach müssen die Treibhausgasemissionen insgesamt bis 2030 auf 543 Mio. t CO_2e sinken (dies entspricht einer Minderung um rund 56 Prozent ggü. 1990). Im Jahr 2018 wurden in Deutschland insgesamt 858,4 Mio. t CO_2e emittiert (UBA 2020a). Zum einen wird mit dem Bundes-Klimaschutzgesetz das Ziel der langfristigen Treibhausgasneutralität im Jahr 2050 in § 1 des Gesetzes angestrebt. In § 3 wird dem Zieljahr 2030 eine Minderungsquote der Treibhausgasemissionen von mindestens 55 Prozent zugeordnet. Ergänzend sind in Anlage 2 des Bundes-Klimaschutzgesetzes für die Jahre zwischen 2020 und 2030 jahresspezifische, maximal zulässige Emissionsmengen für die einzelnen Sektoren vorgegeben (Tabelle 6). Zeichnet sich ab, dass die in einem Jahr maximal zulässige Emissionsmenge in einem Sektor nicht eingehalten werden kann, so muss die Bundesregierung Sofortprogramme vorlegen, die die Einhaltung der Ziele in den Folgejahren ermöglichen. In jedem Klimaschutzprogramm legt die Bundesregierung unter Berücksichtigung des jeweils aktuellen Kli-

maschutz-Projektionsberichts fest, welche Maßnahmen sie zur Erreichung der Klimaschutzziele in den einzelnen Sektoren ergreifen wird" (Öko-Institut et al. 2020).

Tabelle 6: Sektorziele des Bundes-Klimaschutzgesetzes[3]

Jahresemissionsmenge (Mio. t CO_2e)	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Energiewirtschaft	280		257								175
Industrie	186	182	177	172	168	163	158	154	149	145	140
Gebäude	118	113	108	103	99	94	89	84	80	75	70
Verkehr	150	145	139	134	128	123	117	112	106	101	95
Landwirtschaft	70	68	67	66	65	64	63	61	60	59	58
Abfallwirtschaft und Sonstiges	9	9	8	8	7	7	7	6	6	5	5
Summe	**813**										**543**

Quelle: (Bundesregierung 2019a), Anlage 2 zu §4

„Mit der EU-Klimaschutzverordnung ist die Bundesregierung verpflichtet, die Treibhausgasemissionen in den Sektoren, die nicht vom europäischen Emissionshandel umfasst sind, bis 2030 um 38[4] Prozent gegenüber dem Jahr 2005 zu mindern. Konkret beinhaltet dieses Ziel die Emissionen in den Sektoren Gebäude, Verkehr (bis auf internationalen Luft- und Seeverkehr), Landwirtschaft sowie Teile der Industrie und des Energiesektors. Mit der EU-Klimaschutzverordnung wird auch ein jahresscharfer Minderungspfad für diese Sektoren für die Jahre zwischen 2021 und 2030 vorgegeben, der aus den Emissionen in den Vorjahren ermittelt und im Herbst 2020 von der Europäischen Kommission offiziell für jedes Land per Durchführungsrechtsakt erlassen wird. Tabelle 7 zeigt die vorläufigen Zielwerte für die Gesamtbudgets der zulässigen Treibhausgasemissionen jenseits des EU-Emissionshandels. Verfehlen die Mitgliedsstaaten ihre jahresscharfen Ziele im Rahmen der EU-Klimaschutzverordnung und können sie die Mehremissionen nicht durch eigene stärkere Emissionsminderungen in früheren Jahren ausgleichen, müssen sie Emissionszuweisungen von anderen Mitgliedsstaaten erwerben" (Öko-Institut et al. 2020).

Tabelle 7: Vorläufige[5] Zielwerte aus der EU-Klimaschutzverordnung (Effort Sharing Regulation)

2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Mio. t CO_2e									
428,3	413,6	398,9	384,3	369,6	354,9	340,2	325,6	310,9	296,2

Quelle: (Öko-Institut et al. 2020)

[3] Die Werte beziehen sich auf die zum Zeitpunkt der Modellierung gültigen Version des KSG. Die Treibhausgasminderungsziele wurden mit der Novelle des KSG am 31. August 2021 verschärft .

[4] Mit dem „Fit for 55"-Paket der EU-Kommission ist mit einer Anhebung dieses Ziels auszugehen.

[5] Annahme bzw. Ableitung zum Zeitpunkt der Modellierung.

„In der nachfolgenden Abschätzung wurden sämtliche Beschlüsse der Bundesregierung mit Bezug zur Umsetzung des Klimaschutzprogramms 2030, die bis zum 29. Januar 2020 getroffen wurden, berücksichtigt. Das bedeutet, dass sowohl die im Vermittlungsausschuss zwischen Bund und Ländern am 18. Dezember 2019 erzielte Einigung (unter anderem zur Umsetzung des Klimaschutzprogramms 2030 im Steuerrecht und zum Brennstoffemissionshandelsgesetz, hier insbesondere zum CO_2-Preispfad), als auch der Kabinettsbeschluss vom 29. Januar 2020 zum Zeitplan für die Stilllegung von Braun- und Steinkohle-Kraftwerken in der Berechnung berücksichtigt worden sind.

Soweit Beschlüsse zur Umsetzung des Klimaschutzprogramms 2030 noch ausstehen, wurden Annahmen zur Parametrisierung (d.h. von welcher Umsetzung der Maßnahmen vor dem Hintergrund der jetzigen Beschlusslage und der bisherigen Umsetzung vergleichbarer Maßnahmen auszugehen ist) getroffen und mit dem Umweltbundesamt und dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit abgestimmt. Diese Annahmen werden erwartungsgemäß im Laufe der Umsetzung durch konkrete Beschlüsse ersetzt werden, die von diesen Annahmen abweichen können bzw. werden.

Methodisch folgt der Bericht dem Ansatz des Projektionsberichts der Bundesregierung, der bereits im Mai 2019 veröffentlicht wurde und eine detaillierte Beschreibung der hier verwendeten Modelle enthält (Bundesregierung 2019c). Für die Berechnungen wurden im Zuge der Vorarbeiten zum Projektionsbericht ressortabgestimmte Rahmendaten verwendet. Im Gegensatz zum Projektionsbericht 2019 werden alle Ergebnisse gemäß der Sektorsystematik des Klimaschutzplans 2050 dargestellt[6], um die Lesbarkeit mit Bezug auf die Klimaschutzziele zu vereinfachen.

[…]

In diesem Bericht werden zwei Szenarien dargestellt:

- ***Referenzszenario („REF"):** Stellt das Referenzszenario zum Klimaschutzprogramm 2030 dar. In einigen Sektoren basiert das Referenzszenario auf den Modellierungen des Mit-Maßnahmen-Szenarios des Projektionsberichts 2019 (MMS). Für die Sektoren Verkehr, Gebäude, Energiewirtschaft sowie Abfallwirtschaft und Sonstiges wurde das Referenzszenario auf Grund von zum Teil aktualisiert vorliegenden Daten, die in der Modellierung berücksichtigt wurden, neu berechnet. Zum anderen wurden Annahmen mit anderen vorliegenden Abschätzungen abgeglichen und harmonisiert […].*

- ***Szenario Klimaschutzprogramm 2030 („KSPr (Jan 2020)"):** Stellt die Abschätzung der Treibhausgasminderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 mit Stand vom 29. Januar 2020 dar"* (Öko-Institut et al. 2020).

Abschnitt 4.2 stellt die Gesamtergebnisse in Bezug auf die Entwicklung der Treibhausgasemissionen dar. Sektorale Ergebnisse sowie weitere Auswertungen (z.B. Primär- und Energieverbrauch) können Öko-Institut et al. (2020) entnommen werden.

4.2 Gesamtergebnisse

4.2.1 Referenzszenario

„Die Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Referenzszenario (REF) in der Aggregation des Klimaschutzplans ist in Tabelle 8 dargestellt. Dabei handelt es sich um die neu angepasste

[6] *Eine Erläuterung der methodischen Unterschiede zwischen der internationalen Inventarstruktur und der Abgrenzung der Sektoren gemäß dem Klimaschutzplan kann UBA (2019) entnommen werden.*

Referenzentwicklung, die die Wirkung der im Projektionsbericht 2019 (PB 2019) berücksichtigten Maßnahmen sowie einige Aktualisierungen […] abbildet. Die Modellierung zeigt eine gesamte Treibhausgasminderung von rund 32,3 % auf 847 Mio. t CO_2e im Jahr 2020, womit das Ziel der Bundesregierung (Minderung von 40 %) nicht erreicht wird[7]*. Die Modellierung wurde auf Basis der Inventarzahlen des Jahres 2016 durchgeführt.*[8] *[Zum Zeitpunkt der Modellierung] verfügbare Zahlen für die Jahre 2017 und 2018 zeigen jedoch eine deutliche Abnahme der Treibhausgasemissionen, sodass im Jahr 2018 bereits eine Minderung von 31,4 % auf 858 Mio. t CO_2e erreicht wurde. [Zum Zeitpunkt der Modellierung vorliegende] Abschätzung[en] für das Jahr 2019 zeigen eine Fortsetzung dieses Trends, womit eine Minderung von 35,2 % auf 811 Mio. t CO_2e (Agora Energiewende 2020) bzw. um 35,7 % auf rund 805 Mio. t CO_2e (Abschätzung des Öko-Instituts auf Basis der Zahlen der AG Energiebilanzen (AGEB 2020)) erreicht wird und damit deutlich über der in diesem Bericht für das Jahr 2020 abgeschätzten Minderung (32,3 %) liegt. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass es sich bei den insgesamt sehr deutlichen Reduktionen der Treibhausgasemissionen in den Jahren 2017 bis 2019 wesentlich um Sonder- und Stichtagseffekte (windreiche Jahre, höhere Preise für CO_2-Emissionsberechtigungen, höhere Steinkohlepreise, niedrigere Erdgaspreise) handelt, sodass eine Fortschreibung auf das Jahr 2020 und darüber hinaus daraus nicht abgeleitet werden kann […].*

Für das Jahr 2030 wird im Referenzszenario eine Senkung der Treibhausgasemissionen um 41,2 % auf 737 Mio. t CO_2e projiziert, womit das [zum Zeitpunkt der Modellierung gültige] Klimaziel der Bundesregierung von mindestens 55 % Minderung gegenüber 1990 deutlich verfehlt wird. Im Jahr 2035 beträgt die Minderung 44,1 %.

Neben den Sektoren, die ein Minderungsziel im Rahmen des Bundes-Klimaschutzgesetzes haben, sind auch die Emissionen aus dem LULUCF-Sektor und aus dem internationalen Luft- und Seeverkehr dargestellt. Im LULUCF-Sektor nimmt die Senkenfunktion im Lauf der Zeit deutlich ab. Somit stellt dieser Sektor ab dem Jahr 2020 eine Treibhausgasquelle dar. Die Emissionen aus dem internationalen Luft- und Seeverkehr nehmen im Projektionszeitraum ebenfalls zu" (Öko-Institut et al. 2020).

Tabelle 8: Treibhausgasemissionen im Referenzszenario (REF), 1990-2035

Sektor	1990	2005	2010	2016	2017*	2018*	2020	2025	2030	2035
	Mio. t CO_2e									
Energiewirtschaft	466,4	397,4	369,4	343,4	322,5	305,1	300,7	305,2	269,0	262,5
Industrie	283,8	191,6	188,5	188,2	197,7	194,9	176,2	164,5	152,4	147,9
Gebäude	209,7	153,9	148,5	130,0	123,4	116,6	125,1	106,8	91,2	77,5
Verkehr	163,3	159,9	153,0	165,6	167,9	162,3	166,4	159,5	150,3	138,6
Landwirtschaft	90,0	69,2	68,7	71,8	72,6	69,8	69,7	68,4	67,8	67,8
Abfallwirtschaft und Sonstiges	38,4	21,2	14,6	10,5	10,2	9,7	8,7	7,0	5,8	5,0
Gesamt	**1251,6**	**993,1**	**942,8**	**909,4**	**894,3**	**858,4**	**846,8**	**811,4**	**736,5**	**699,3**

[7] Abschätzung zum Zeitpunkt der Modellierung.

[8] *Dies war der aktuelle Inventarstand zum Zeitpunkt der Abstimmung (August 2018) der Rahmendaten.*

Sektor	1990	2005	2010	2016	2017*	2018*	2020	2025	2030	2035
Änderung ggü. 1990 in %	*0,0*	*-20,7*	*-24,7*	*-27,3*	*-28,8*	*-31,4*	*-32,3*	*-35,2*	*-41,2*	*-44,1*
Nachrichtlich:										
LULUCF	-31,3	-12,1	-16,4	-14,5	-26,6	-26,9	29,5	11,3	19,0	18,8
Internationaler Luft- und Seeverkehr	18,6	30,1	32,5	34,7	36,0	34,7	34,6	36,4	37,8	38,3
Gesamt inkl. nachrichtlich	**1238,9**	**1011,2**	**958,9**	**929,7**	**903,6**	**866,1**	**910,8**	**858,8**	**792,9**	**756,4**
Änderung ggü. 1990 in %	*0,0*	*-18,4*	*-22,6*	*-25,0*	*-27,1*	*-30,1*	*-26,5*	*-30,7*	*-36,0*	*-38,9*

Quelle: (Öko-Institut et al. 2020)

„Aufgrund laufender methodischer Verbesserungen und Aktualisierungen im deutschen Treibhausgasinventar können die historischen Werte von den Angaben im Klimaschutzplan 2050 abweichen.

**Werte für 2017 und 2018 aus aktuellen Inventardaten (UBA 2020a)“* (Öko-Institut et al. 2020).

„Tabelle 9 beschreibt die Emissionsentwicklung im Referenzszenario in den vom Emissionshandel (ETS) und in den von der Effort Sharing Regulation (ESR)[9] erfassten Sektoren. Bis 2030 gehen die Emissionen von stationären Anlagen im Emissionshandel um rund 31 % gegenüber dem Jahr 2005 zurück. Die Emissionen in den von der ESR erfassten Sektoren sinken bis 2030 um rund 21 % gegenüber 2005.[10] Das Minderungsziel im Rahmen der ESR ist derzeit -38 % bis 2030 gegenüber 2005. Dies entspricht einer Reduktion der Gesamtemissionen auf 296 Mio. t CO_2e. in 2030. Damit wird das ESR-Minderungsziel im Referenzszenario deutlich verfehlt.

Die Berechnung der Emissionen der stationären Anlagen, die vom Emissionshandel erfasst werden, erfolgt, indem für die einzelnen CRF-Kategorien[11] abgeschätzt wird, zu welchem Anteil sie vom Emissionshandel erfasst werden. Hier treten naturgemäß Ungenauigkeiten auf, da die Modellierung nicht emissionshandelspflichtige Anlagen abbildet, sondern Inventarkategorien“ (Öko-Institut et al. 2020).

Tabelle 9: Emissionsentwicklung im stationären Emissionshandel und im ESR-Sektor im Referenzszenario (REF), 1990-2035

	2005	2010	2016	2020	2025	2030	2035
	Mio. t CO_2e						
Emissionen stationärer ETS[a]	518,9	478,9	452,9	402,4	400,7	360,0	350,5
Emissionen ESR[b]	471,6	461,3	454,1	442,1	408,5	374,2	346,6
Summe ESR und stationärer ETS[c]	990,5	940,2	907,0	844,6	809,1	734,3	697,1
Stationärer ETS ggü. 2005	*0,0 %*	*-7,7 %*	*-12,7 %*	*-22,5 %*	*-22,8 %*	*-30,6 %*	*-32,5 %*

[9] *Bis 2020 Effort Sharing Decision (ESD).*

[10] *Die Minderungsverpflichtungen der Mitgliedstaaten wurden in absolute Emissionsbudgets umgerechnet, um den seit 2008 erfolgten Veränderungen in der Zuordnung der verschiedenen Quellbereiche zum Geltungsbereich der Effort Sharing-Entscheidung und methodischen Änderungen bei der Inventarberechnung gerecht zu werden.*

[11] *Beim sogenannten Common Reporting Format (CRF) handelt es sich um die offiziellen Inventarberichtstabellen unter der Klimarahmenkonvention. Die CRF-Kategorien weichen von den Sektorkategorien des Klimaschutzplans ab.*

	2005	2010	2016	2020	2025	2030	2035
ESR ggü. 2005	*0,0 %*	*-2,2 %*	*-3,7 %*	*-6,2 %*	*-13,4 %*	*-20,6 %*	*-26,5 %*
Zielpfad ESD; ESR (vorläufig)	---	---	*452,4*	*410,9*	*369,6*	*296,2*	---
Abweichung vom Zielpfad*	---	---	1,7	31,2	38,9	78,0	---
NF_3 (außerhalb von ESD und ETS)[d]	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Quelle: (Öko-Institut et al. 2020)

*„Anmerkung: [a] Vom ETS erfasste Emissionen in der seit 2013 gültigen Abgrenzung. [b] Jahre 2005-2016 aus Konsistenzgründen (Vergleich mit Daten für 2020-2035) mit CRF-Kategorien berechnet; in der ab 2013 gültigen ETS-Abgrenzung. Entspricht nicht dem Basiswert für das Minderungsziel unter der Effort Sharing-Entscheidung. [c] Diese Summe ist kleiner als die nationalen Gesamtemissionen, da CO_2-Emissionen des nationalen Flugverkehrs sowie sämtliche NF_3-Emissionen weder vom stationären ETS noch ESD erfasst sind (jedoch von der ESR). [d] NF_3-Emissionen sind von ESR, jedoch nicht von ESD und ETS erfasst. *Negativer Wert: Sektorziel wird übererfüllt, Positiver Wert: Sektorziel wird verfehlt“* (Öko-Institut et al. 2020).

4.2.2 Szenario Klimaschutzprogramm 2030

„Tabelle 10 stellt die Entwicklung der absoluten Treibhausgasemissionen durch die Wirkung des Klimaschutzprogramms 2030 (KSPr (Jan 2020)) dar. Die Berechnungen ergeben eine gesamte Treibhausgasminderung von rund 32,6 % auf 844 Mio. t CO_2e im Jahr 2020, womit das Ziel der Bundesregierung (Minderung von 40 %) nicht erreicht wird.[12] Im Jahr 2030 ergibt sich eine Minderung der Treibhausgasemissionen um 51,0 % auf 614 Mio. t CO_2e, womit das Klimaziel der Bundesregierung von einer Minderung um mindestens 55 % (543 Mio. t CO_2e (56,6 Prozent) gemäß Anlage 2 zu § 4 des Bundes-Klimaschutzgesetzes) verfehlt wird. Im Jahr 2035 bewirkt das Klimaschutzprogramm eine Minderung der Treibhausgasemissionen um 59,6 % auf 506 Mio. t CO_2e.

Im LULUCF-Sektor nimmt die Senkenfunktion im Lauf der Zeit deutlich ab; wie im Referenzszenario stellt dieser Sektor ab dem Jahr 2020 eine Treibhausgasquelle dar. Die Emissionen aus dem internationalen Luft- und Seeverkehr nehmen im Projektionszeitraum ebenfalls zu“ (Öko-Institut et al. 2020).

Tabelle 10: Treibhausgasemissionen im Szenario Klimaschutzprogramm 2030 (KSPr (Jan 2020)), 1990-2035

Sektor	1990	2005	2010	2016	2017*	2018*	2020	2025	2030	2035
	Mio. t CO_2e									
Energiewirtschaft	466,4	397,4	369,4	343,4	322,5	305,1	299,5	241,0	186,1	132,1
Industrie	283,8	191,6	188,5	188,2	197,7	194,9	174,9	160,7	143,4	133,0
Gebäude	209,7	153,9	148,5	130,0	123,4	116,6	124,8	105,4	86,8	69,3
Verkehr	163,3	159,9	153,0	165,6	167,9	162,3	166,3	150,0	128,4	103,7
Landwirtschaft	90,0	69,2	68,7	71,8	72,6	69,8	69,6	67,1	64,1	64,0
Abfallwirtschaft und Sonstiges	38,4	21,2	14,6	10,5	10,2	9,7	8,6	6,6	4,9	3,8

[12] *Bezüglich der Emissionsentwicklung in den Jahren 2017-2019 sei auf Abschnitt [4.2.1] verwiesen.*

Sektor	1990	2005	2010	2016	2017*	2018*	2020	2025	2030	2035
Gesamt	**1251,6**	**993,1**	**942,8**	**909,4**	**894,3**	**858,4**	**843,9**	**730,9**	**613,7**	**505,9**
Änderung ggü. 1990 in %	*0,0*	*-20,7*	*-24,7*	*-27,3*	*-28,8*	*-31,5*	*-32,6*	*-41,6*	*-51,0*	*-59,6*
Nachrichtlich										
LULUCF	-31,3	-12,1	-16,4	-14,5	-26,6	-26,9	29,5	9,5	16,3	15,2
Internationaler Luft- und Seeverkehr	18,6	30,1	32,5	34,7	36,0	34,7	34,5	35,9	37,3	37,6
Änderung ggü.1990										
Gesamt inkl. nachrichtlich	**1238,9**	**1011,2**	**958,9**	**929,7**	**903,6**	**866,1**	**907,9**	**776,4**	**667,3**	**558,7**
Änderung ggü. 1990 in %	*0,0 %*	*-18,4*	*-22,6*	*-25,0*	*-27,1*	*-30,1*	*-26,7*	*-37,3*	*-46,1*	*-54,9*

Quelle: (Öko-Institut et al. 2020)

„Aufgrund laufender methodischer Verbesserungen und Aktualisierungen im deutschen Treibhausgasinventar können die historischen Werte von den Angaben im Klimaschutzplan 2050 abweichen.

**Werte für 2017 und 2018 aus aktuellen Inventardaten (UBA 2020a)“* (Öko-Institut et al. 2020).

„Tabelle 11 beschreibt die Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Szenario Klimaschutzprogramm 2030 in den vom Emissionshandel (ETS) und in den von der Effort Sharing Regulation (ESR) erfassten Sektoren. Bis 2030 gehen die Emissionen von stationären Anlagen im Emissionshandel um 48 % gegenüber dem Jahr 2005 zurück. Die Emissionen in den von der ESR erfassten Sektoren sinken bis 2030 um 27 % gegenüber 2005 auf 343 Mio. t CO_2e, womit das Minderungsziel (-38 % bzw. 296 Mio. t CO_2e) wie im Referenzszenario deutlich verfehlt wird“ (Öko-Institut et al. 2020).

Tabelle 11: Emissionsentwicklung im stationären Emissionshandel und im ESR-Sektor im Szenario Klimaschutzprogramm 2030 (KSPr (Jan 2020)), 1990-2035

	2005	2010	2016	2020	2025	2030	2035
	Mio. t CO_2e						
Emissionen stationärer ETS[a]	518,9	478,9	452,9	400,8	332,9	269,1	208,5
Emissionen ESR[b]	471,6	461,3	454,1	440,9	396,0	342,5	295,4
Summe ESR und stationärer ETS[c]	**990,5**	**940,2**	**907,0**	**841,7**	**728,9**	**611,6**	**503,8**
Zielpfad ESD; ESR (vorläufig)	---	---	*452,4*	*410,9*	*370,8*	*296,2*	---
Abweichung vom ESD/ESR-Zielpfad*	**---**	**---**	**1,7**	**30,0**	**25,2**	**46,3**	**---**
Stationärer ETS ggü. 2005	*0,0 %*	*-7,7 %*	*-12,7 %*	*-222,8 %*	*-35,9 %*	*-48,1 %*	*-59,8 %*
ESR ggü. 2005	*0,0 %*	*-2,2 %*	*-3,7 %*	*-6,5 %*	*-16,0 %*	*-27,4 %*	*-37,4 %*
NF_3 (außerhalb von ESD und ETS)[d]	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Quelle: (Öko-Institut et al. 2020)

„Anmerkung: [a] Vom ETS erfasste Emissionen in der seit 2013 gültigen Abgrenzung. [b] Jahre 2005-2016 aus Konsistenzgründen (Vergleich mit Daten für 2020-2035) mit CRF-Kategorien berechnet; in der ab 2013 gültigen ETS-Abgrenzung. Entspricht

*nicht dem Basiswert für das Minderungsziel unter der Effort Sharing-Entscheidung. [c] Diese Summe ist kleiner als die nationalen Gesamtemissionen, da CO_2-Emissionen des nationalen Flugverkehrs sowie sämtliche NF_3-Emissionen weder vom stationären ETS noch vom ESD erfasst sind (jedoch von ESR). [d] NF_3-Emissionen sind von ESR, jedoch nicht von ESD und ETS erfasst. *Negativer Wert: Sektorziel wird übererfüllt, Positiver Wert: Sektorziel wird verfehlt"* (Öko-Institut et al. 2020).

4.2.3 Vergleich der Ergebnisse der Szenarien mit den Klimaschutzzielen

„Die Treibhausgasemissionen der einzelnen Sektoren im Szenario Klimaschutzprogramm 2030 mit den jeweiligen Zielwerten des [zum Zeitpunkt der Modellierung gültigen] Bundes-Klimaschutzgesetzes […] werden in Tabelle 12 verglichen. Fett markierte Zahlen stellen eine Zielverfehlung dar, kursiv markierte Zahlen eine Übererfüllung der Ziele.

Die Darstellung zeigt, dass die emissionsintensiven Sektoren Energiewirtschaft, Gebäude und Verkehr bereits in der Dekade vor 2030[13] die maximal zulässigen Emissionsmengen pro Jahr nicht einhalten. Während in der Energiewirtschaft die Zielverfehlung vor allem durch Kohleausstieg und einen optimistisch angenommenen Ausbaupfad erneuerbarer Energien im Zeitverlauf abnimmt (von 20 Mio. t CO_2e im Jahr 2020[14] auf 11 Mio. t CO_2e im Jahr 2030), steigt die Zielverfehlung im Gebäudesektor und im Verkehrssektor deutlich an (von 7 Mio. t CO_2e im Jahr 2020 auf 17 Mio. t CO_2e im Jahr 2030 bzw. von 16 Mio. t CO_2e auf 33 Mio. t CO_2e). Damit wird deutlich, dass trotz der Einführung einer CO_2-Bepreisung durch das Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) [(Deutscher Bundestag 2019)] und eines hierfür angenommenen CO_2-Preises[15] die Maßnahmen in dieses beiden Sektoren nicht ausreichen, um die jeweiligen Ziele zu erfüllen. Die Sektoren Industrie und Landwirtschaft weisen zunächst eine Übererfüllung der Ziele bis Mitte der Dekade auf, erfüllen die Ziele im Jahr 2030 jedoch gemäß den Ergebnissen ebenfalls nicht. Lediglich der Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges weist eine geringfügige Überfüllung in allen Jahren auf. Daraus wird deutlich, dass die bisher im Klimaschutzprogramm 2030 vorgesehenen Maßnahmen nicht ausreichen, um den vorgesehenen Zielpfad bis 2030 zu erreichen.

Die Abschätzung zeigt, dass bereits ab 2020 die im Bundes-Klimaschutzgesetz vorgegebenen Emissionsziele der Sektoren Verkehr und Gebäude nicht eingehalten werden" (Öko-Institut et al. 2020).

Tabelle 12: Treibhausgasemissionen im Szenario Klimaschutzprogramm 2030 (KSPr (Jan 2020)) im Vergleich zu den Zielen des Bundes-Klimaschutzgesetzes in Mio. t CO_2e

	2025			2030		
	Ziel[16]	**KSPr (Jan 2020)**	**Differenz**	**Ziel**	**KSPr (Jan 2020)**	**Differenz**
Energiewirtschaft	Nicht festgelegt			175,0	186,1	**11,1**
Industrie	163,0	160,7	*-2,3*	140,0	143,4	**3,4**
Gebäude	94,0	105,4	**11,4**	70,0	86,8	**16,8**
Verkehr	123,0	150,0	**27,0**	95,0	128,4	**33,4**

[13] *Für die Energiewirtschaft gilt dies lediglich für 2020 […] sowie 2030, da ein Sektorziel für 2025 nicht festgelegt ist.*

[14] Öko-Institut et al. (2020).

[15] *Der CO_2-Preis steigt wie vom Vermittlungsausschuss beschlossen im Jahr 2026 auf 65 €/t und dann jährlich um 15 €/t auf 125 €/t im Jahr 2030 (Modellierungsannahme). Bei beiden Werten handelt es sich um nominale Werte, die für die Modellierung auf die Preisbasis 2016 umgerechnet wurden.*

[16] *Für das Jahr 2025 wurde im Bundes-Klimaschutzgesetz keine zulässige Jahresemissionsmenge für die Energiewirtschaft festgelegt. Damit kann auch das Gesamtziel für dieses Jahr nicht ausgewiesen werden.*

	2025			2030		
Landwirtschaft	64,0	67,1	**3,1**	58,0	64,1	**6,1**
Abfallwirtschaft und Sonstiges	7,0	6,6	*-0,4*	5,0	4,9	*-0,1*
Gesamt	Nicht festgelegt			**543,0**	**613,7**	**70,7**
LULUCF		9,5		0,0	16,3	

Quelle: (Öko-Institut et al. 2020)

*„**Fett** markierte Zahlen stellen eine Zielverfehlung dar, kursiv markierte Zahlen eine Übererfüllung der Ziele“* (Öko-Institut et al. 2020).

„Tabelle 13 vergleicht die Ergebnisse des Referenzszenarios und des Szenarios Klimaschutzprogramm 2030 mit den jeweiligen Sektorzielen für das Jahr 2030. In der Energiewirtschaft sinken die Treibhausgasemissionen durch das Klimaschutzprogramm 2030 um rund 83 Mio. t CO_2e, vor allem bedingt durch den zusätzlichen Ausbau der Erneuerbaren Energien[17] (wie im Klimaschutzprogramm 2030 beschlossen) sowie den Kohleausstieg. Durch die Annahmen wird ein Erneuerbaren-Anteil von 65 % am Bruttostromverbrauch erreicht […]. Damit reduziert sich die Verfehlung des Sektorziels im Jahr 2030 (175 Mio. t CO_2e) von 94 Mio. t CO_2e (Referenzszenario) auf 11 Mio. t CO_2e (Szenario Klimaschutzprogramm 2030). In der Industrie sinken die jährlichen Treibhausgasemissionen durch das Klimaschutzprogramm 2030 bis zum Jahr 2030 um 9 Mio. t CO_2e, unter anderem durch Effizienzmaßnahmen und die Einführung des CO_2-Preises im nicht-ETS-Bereich […]. Damit verringert sich die Zielverfehlung von 12 Mio. t CO_2e (Referenzszenario) auf 3 Mio. t CO_2e (Szenario Klimaschutzprogramm 2030) im Jahr 2030. Im Sektor Gebäude sinken die Treibhausgasemissionen durch das Klimaschutzprogramm 2030 um 4 Mio. t CO_2e bis 2030 durch ein Bündel von Maßnahmen, unter anderem durch die Einführung eines CO_2-Preises […]. Damit sinkt die Zielverfehlung von 21 Mio. t CO_2e (Referenzszenario) auf 17 Mio. t CO_2e (Szenario Klimaschutzprogramm 2030). Im Verkehrssektor werden die Treibhausgasemissionen durch das Klimaschutzprogramm 2030 um 22 Mio. t CO_2e gemindert, unter anderem durch die Einführung des CO_2-Preises sowie durch fortschrittliche Kraftstoffe […] und den noch nicht im Referenzszenario abgebildeten Flottengrenzwerten. Damit reduziert sich die Zielverfehlung von 55 Mio. t CO_2e (Referenzszenario) auf 33 Mio. t CO_2e im Jahr 2030 (Szenario Klimaschutzprogramm 2030). Im Sektor Landwirtschaft sinken die jährlichen Treibhausgasemissionen durch das Klimaschutzprogramm 2030 bis 2030 um 4 Mio. t CO_2e, unter anderem durch die Reduktion der Stickstoffüberschüsse sowie der Förderung des Ökolandbaus […]. Damit verringert sich die Zielverfehlung im Jahr 2030 von 10 Mio. t CO_2e (Referenzszenario) auf 6 Mio. t CO_2e (Szenario Klimaschutzprogramm 2030). Der Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges reduziert die Treibhausgasemissionen durch das Klimaschutzprogramm 2030 um 1 Mio. t CO_2e, vor allem durch die Ausweitung der Deponiebelüftung und die Optimierung der Gasfassung […]. Damit erreicht der Bereich das Sektorziel. Die gesamte Zielverfehlung beträgt 194 Mio. t CO_2e im Referenzszenario [bzw. 71] Mio. t CO_2e im Szenario Klimaschutzprogramm 2030 (jeweils ohne Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF))“ (Öko-Institut et al. 2020).

[17] *Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die Zielverfehlung auch höher ausfallen kann, sofern das geplante Ziel des Ausbaus Erneuerbarer Energien nicht erreicht wird […].*

Tabelle 13: Vergleich der Szenarienergebnisse für das Jahr 2030 mit den Klimaschutzzielen im Bundes-Klimaschutzgesetz

Sektor	Sektorziele[18]	Geschätzte Treibhausgasemissionen 2030		
		Referenz-entwicklung	KSPr (Jan 2020)	Zusätzliche Einsparung ggü. Referenz-entwicklung
	Mio. t CO_2e			
Energiewirtschaft	175,0	269,0	186,1	82,9
Industrie	140,0	152,4	143,4	9,0
Gebäude	70,0	91,2	86,8	4,4
Verkehr	95,0	150,3	128,4	21,9
Landwirtschaft	58,0	67,8	64,1	3,7
Abfallwirtschaft und Sonstiges	5,0	5,8	4,9	0,9
Gesamt	**543,0**	**736,5**	**613,7**	**122,8**
LULUCF	0,0	19,0	16,3	2,7

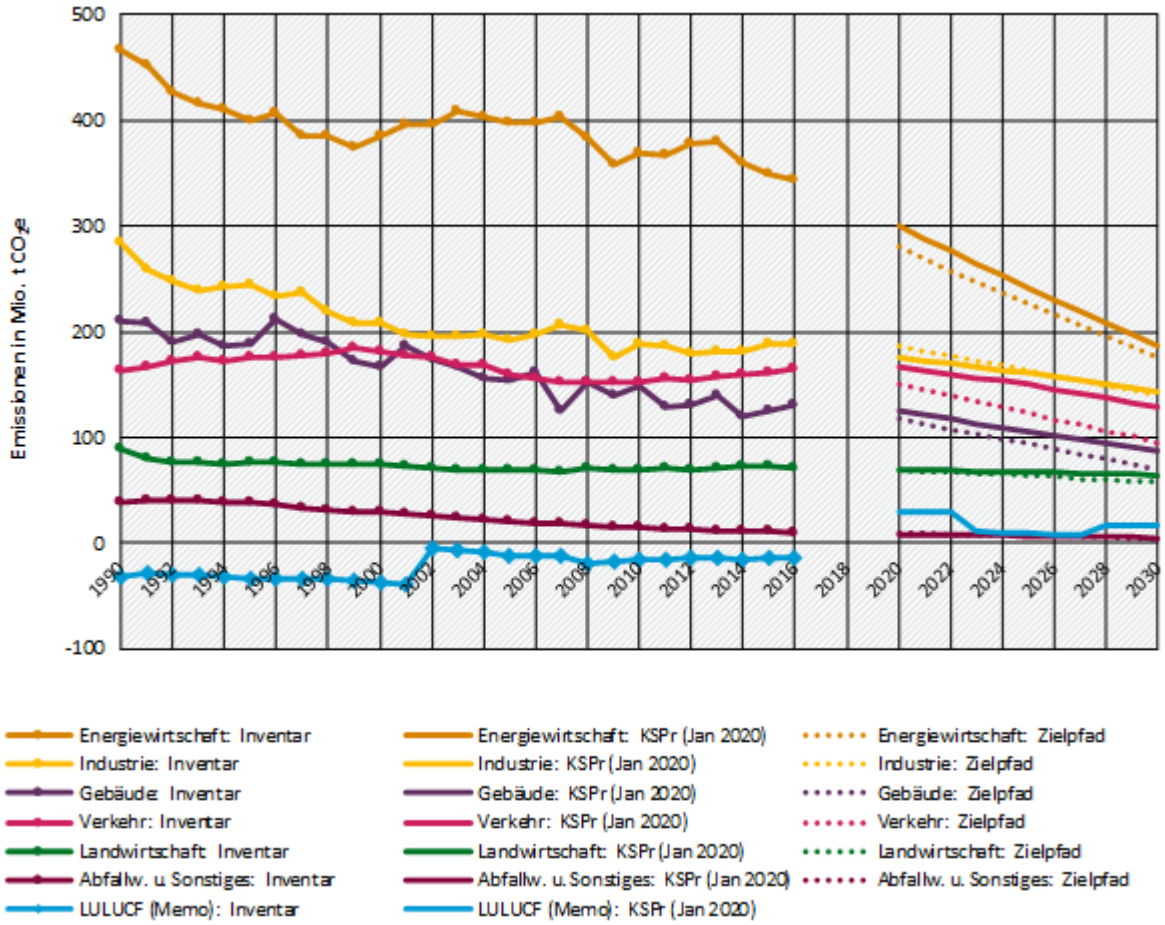
Quelle: (Öko-Institut et al. 2020)

„Nachrichtlich: Im LULUCF-Sektor werden die Treibhausgasemissionen durch das Klimapaket um 3 Mio. t CO_2e durch Maßnahmen zum Humuserhalt und zum Schutz von Moorböden […] gemindert. Für den LULUCF-Sektor werden im [zum Zeitpunkt der Modellierung gültigen] Bundes-Klimaschutzgesetz keine Sektorziele ausgewiesen. Laut Klimaschutzplan soll im LULUCF-Sektor die Senkenleistung jedoch bis 2030 erhalten bleiben. Das Bundes-Klimaschutzgesetz weist ebenfalls auf Maßnahmen zum Erhalt der Nettosenke hin (§9 (1)). Aus diesen Vorgaben ergibt sich eine Nettoemission für den Sektor von höchsten 0 Mio. t CO_2e. Durch das Klimaschutzprogramm 2030 reduziert sich die Verfehlung für den LULUCF-Sektor von 19 Mio. t CO_2e (Referenzszenario) auf 16 Mio. t CO_2e (Szenario Klimaschutzprogramm 2030)“ (Öko-Institut et al. 2020).

„Abbildung 1 zeigt den Trend der Treibhausgasemissionen in der Vergangenheit sowie den erwarteten Trend bei Umsetzung des Klimaschutzplans 2030 und einen Vergleich mit dem Zielpfad. Die Darstellung zeigt, dass in den meistens Sektoren zusätzliche Anstrengungen über das Klimaschutzprogramm 2030 hinaus notwendig sein werden, um den im Bundes-Klimaschutzgesetz vorgesehenen Zielpfad zu erreichen“ (Öko-Institut et al. 2020).

[18] *Laut dem [zum Zeitpunkt der Modellierung vorliegenden] Entwurf des Bundes-Klimaschutzgesetzes […], Anlage 2 zu § 4, entsprechen die zulässigen Jahremissionsmengen dem unteren Rand der Sektorziele für 2030.*

Abbildung 1: Trend der Treibhausgasemissionen, 1990-2030



Quelle: (Öko-Institut et al. 2020)

„Mit Blick auf die Ziele im Rahmen der Europäischen Klimaschutzverordnung (ESR) zeigt sich, dass der Zielpfad sowohl im Referenzszenario als auch im Szenario Klimaschutzprogramm 2030 in allen Jahren nicht erreicht wird (Tabelle 14). Zu Beginn der Dekade (2020) ergibt sich eine Zielverfehlung von insgesamt 31 Mio. t CO_2e (Referenzszenario) bzw. 30 Mio. t CO_2e (Szenario Klimaschutzprogramm 2030). Im Jahr 2025 beträgt die Abweichung vom Emissionsziel bereits 38 Mio. t CO_2e im Referenzszenario, während sie im Szenario Klimaschutzprogramm 2030 auf 25 Mio. t CO_2e sinkt. Im Jahr 2030 schließlich steigt die Zielverfehlung stark an auf 78 Mio. t CO_2e im Referenzszenario bzw. 46 Mio. t CO_2e im Szenario Klimaschutzprogramm 2030. Zu beachten ist, dass sich die jährlichen Zielverfehlungen unter der ESR aufsummieren“ (Öko-Institut et al. 2020).

Tabelle 14: Vergleich der Szenarienergebnisse mit den Klimaschutzzielen für den ESR-Bereich

Jahr	Emissionsziel		Modellierte Emissionen		Abweichung vom Emissionsziel	
			REF	KSPr (Jan 2030)	REF	KSPr (Jan 2030)
	Mio. t CO_2e					
2020	ESD-Ziel:	410,9	442,1	440,9	31,2	30,0
2025	ESR-Ziel (vorläufige Zahl):	369,6	408,5	396,0	37,7	25,2

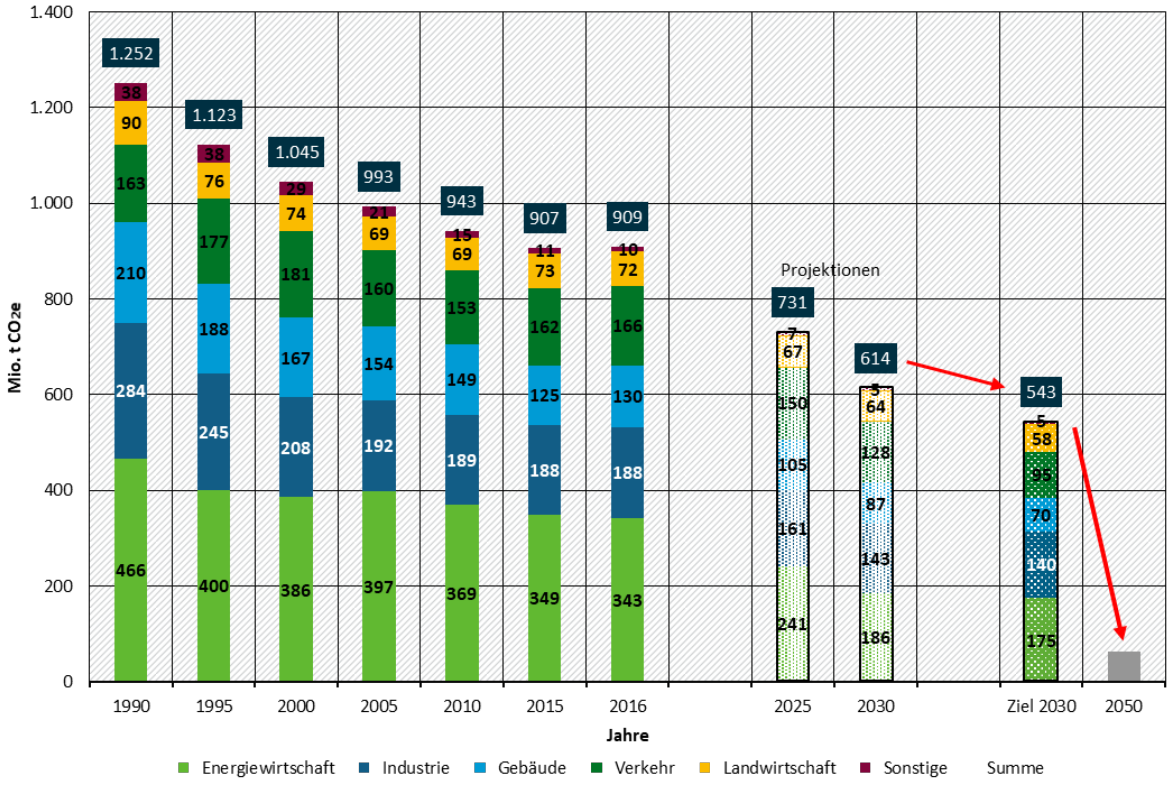
Jahr	Emissionsziel		Modellierte Emissionen		Abweichung vom Emissionsziel	
			REF	KSPr (Jan 2030)	REF	KSPr (Jan 2030)
	Mio. t CO_2e					
2030	ESR-Ziel (vorläufige Zahl):	296,2	374,2	342,5	78,0	46,3

Quelle: (Öko-Institut et al. 2020)

5 Abschätzung der Treibhausgasminderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung

„Abbildung 2 stellt die projizierte Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Szenario Klimaschutzprogramm 2030 (Umsetzungsstand Januar 2020) im Zeitverlauf dar. Daraus wird ersichtlich, dass auf Basis des [zum Zeitpunkt der Modellierung gültigen] Klimaschutzprogramms die Klimaschutzziele für 2030 nicht eingehalten werden. Bis 2030 wird eine Minderung von ca. 51 % erreicht. Damit wird das Gesamtminderungsziel aus dem [zum Zeitpunkt der Modellierung gültigen] Bundes-Klimaschutzgesetz um 70,7 Mio. t CO_2e verfehlt.[19] Besonders groß sind die Zielverfehlungen in den Sektoren Verkehr und Gebäude [...], gefolgt von der Energiewirtschaft[20]“ (Harthan et al. 2020).

Abbildung 2: Treibhausgasemissionen im Szenario Klimaschutzprogramm 2030 (KSPr (Jan 2020)), 1990-2035



Quelle: (Harthan et al. 2020)

„Tabelle 15 vergleicht die Treibhausgasemissionen der einzelnen Sektoren im Szenario Klimaschutzprogramm 2030 (KSPr (Jan 2020)) mit den jeweiligen Zielwerten des Bundes-Klimaschutz-

[19] *Grundsätzlich gilt zu berücksichtigen, dass die Abschätzung der Minderungswirkung eines politischen Programms im Bereich der Klimaschutzpolitik immer mit großen Unsicherheiten verbunden ist, da Annahmen über volkswirtschaftliche Rahmenbedingungen und zur Umsetzung der Maßnahmen getroffen werden müssen. Es kann sich nicht um eine exakte Prognose, sondern lediglich um die Beschreibung eines möglichen und nach derzeitigen Kenntnissen, wahrscheinlichen Szenarios, handeln. Die entsprechenden Unsicherheiten sind also bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen.*

[20] *Die Treibhausgasminderungswirkung der Maßnahmen im Klimaschutzprogramm 2030 wurde auf Grundlage des Umsetzungsstandes im Januar 2020 geschätzt. Die Auswirkungen der Corona-Pandemie und die Auswirkungen der konjunkturpolitischen Maßnahmen sind hier nicht berücksichtigt.*

gesetzes. Die Darstellung zeigt, dass die emissionsintensiven Sektoren Energiewirtschaft, Gebäude und Verkehr bereits im Jahr 2025 zum Teil deutlich die Ziele verfehlen.

In der Energiewirtschaft beträgt die Zielverfehlung trotz Reduktion der am Markt befindlichen Braun- und Steinkohlekapazitäten und der Einhaltung der angestrebten Ausbauziele erneuerbarer Energien rund 11 Mio. t CO_2e im Jahr 2030. Die Zielverfehlung im Gebäudesektor und im Verkehrssektor steigt zwischen 2025 und 2030 an (im Jahr 2025 beträgt diese 11 Mio. t CO_2e bzw. 27 Mio. t CO_2e, im Jahr 2030 beträgt sie 17 Mio. t CO_2e bzw. 33 Mio. t CO_2e). Damit wird deutlich, dass nach der vorliegenden Schätzung trotz der Einführung einer CO_2-Bepreisung durch das Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) die beschlossenen Klimaschutzmaßnahmen in diesen beiden Sektoren nicht ausreichen werden, um die jeweiligen Ziele zu erfüllen" (Harthan et al. 2020).

Tabelle 15: Treibhausgasemissionen im Szenario Klimaschutzprogramm 2030 (KSPr (Jan 2020)) im Vergleich zu den Zielen des Bundes-Klimaschutzgesetzes[21] in Mio. t CO_2e

	2025			2030		
	Ziel[22]	KSPr (Jan 2020)	Differenz	Ziel	KSPr (Jan 2020)	Differenz
Energiewirtschaft	Nicht festgelegt			175,0	186,1	**11,1**
Industrie	163,0	160,7	*-2,3*	140,0	143,4	**3,4**
Gebäude	94,0	105,4	**11,4**	70,0	86,8	**16,8**
Verkehr	123,0	150,0	**27,0**	95,0	128,4	**33,4**
Landwirtschaft	64,0	67,1	**3,1**	58,0	64,1	**6,1**
Abfallwirtschaft und Sonstiges	7,0	6,6	*-0,4*	5,0	4,9	*-0,1*
Gesamt	Nicht festgelegt			**543,0**	**613,7**	**70,7**
LULUCF		9,5		0,0	16,3	

Quelle: (Harthan et al. 2020)

*„**Fett** markierte Zahlen stellen eine Zielverfehlung dar, kursiv markierte Zahlen eine Übererfüllung der Ziele"* (Harthan et al. 2020).

„Tabelle 16 vergleicht die Ergebnisse des Referenzszenarios und des Szenarios Klimaschutzprogramm 2030 mit den jeweiligen Sektorzielen für das Jahr 2030.

In der Energiewirtschaft sind die Minderungen der Treibhausgasemissionen vor allem auf die Reduktion der installierten Leistung von Braun- und Steinkohle am Markt zurückzuführen. Der weitere Ausbau der erneuerbaren Energien[23] ist ein weiterer wichtiger Treiber der Emissionsreduktion. Gegenüber der Referenzentwicklung werden durch das Klimaschutzprogramm 2030 im Jahr 2030 83 Mio. t CO_2e eingespart.

[21] In seiner zum Zeitpunkt der Modellierung gültigen Fassung.

[22] *„Für das Jahr 2025 wurde im Bundes-Klimaschutzgesetz keine zulässige Jahresemissionsmenge für die Energiewirtschaft festgelegt. Damit kann auch das Gesamtziel für dieses Jahr nicht ausgewiesen werden"* (Harthan et al. (2020)).

[23] *„Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die Zielverfehlung auch höher ausfallen kann, sofern das geplante Ziel des Ausbaus erneuerbarer Energien nicht erreicht wird"* (Harthan et al. (2020)).

In der Industrie werden die Treibhausgasminderungen durch Effizienzmaßnahmen, Brennstoffwechsel, Materialeffizienz und Kreislaufwirtschaft, CO_2-arme Produktionsverfahren und CO_2-Abscheidung, -Speicherung und -Nutzung sowie die Einführung des CO_2-Preises im Nicht-ETS-Bereich bestimmt. Gegenüber der Referenzentwicklung werden durch das Klimaschutzprogramm 2030 im Jahr 2030 9 Mio. t CO_2e eingespart.

Im Bereich Gebäude sinken die Treibhausgasemissionen durch das Klimaschutzprogramm 2030 um 4 Mio. t CO_2e gegenüber der Referenzentwicklung. Hier wirkt ein Bündel von Maßnahmen, die vor allem auf eine Verbesserung der Förderung im Bereich Energieeffizienz und erneuerbare Wärme abzielen, sowie die Einführung des CO_2-Preises.

Im Verkehrssektor ist der größte Treiber für die Minderung die (auf EU-Ebene bereits beschlossene) Fortschreibung der CO_2-Standards von Pkw, leichten Nutzfahrzeugen und Lkw, an zweiter Stelle folgt der beschlossene CO_2-Preis. Gegenüber der Referenzentwicklung werden im Verkehrssektor durch das Klimaschutzprogramm 2030 im Jahr 2030 insgesamt 22 Mio. t CO_2e eingespart.[24]

Im Sektor Landwirtschaft prägen sinkende Stickstoffüberschüsse sowie die Förderung des Ökolandbaus die Treibhausgasminderungen. Gegenüber der Referenzentwicklung werden durch das Klimaschutzprogramm 2030 im Jahr 2030 4 Mio. t CO_2e eingespart.

Im Sektor Abfallwirtschaft werden die Treibhausgasemissionen durch das Klimaschutzprogramm 2030 um 1 Mio. t CO_2e reduziert, vor allem durch die Ausweitung der Deponiebelüftung und die Optimierung der Gasfassung. Damit erreicht der Bereich das Sektorziel.

Im Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF) werden die Treibhausgasemissionen durch das Klimapaket um 3 Mio. t CO_2e durch Maßnahmen zum Humuserhalt und zum Schutz von Moorböden gegenüber der Referenzentwicklung gemindert" (Harthan et al. 2020).

Tabelle 16: Vergleich der Szenarienergebnisse für das Jahr 2030 mit den Klimaschutzzielen im Bundes-Klimaschutzgesetz[25] in Mio. t CO_2e

Sektor	Sektorziele[26]	Geschätzte Treibhausgasemissionen 2030		
		Referenzentwicklung	KSPr (Jan 2020)	Zusätzliche Einsparung ggü. Referenzentwicklung
	Mio. t CO_2e			
Energiewirtschaft	175,0	269,0	186,1	82,9
Industrie	140,0	152,4	143,4	9,0
Gebäude	70,0	91,2	86,8	4,4

[24] *„Die Fortschreibung der CO_2-Standards ist nicht im eigentlichen Sinne Bestandteil des Klimaschutzprogramms 2030. Zwecks Konsistenz mit der Referenzentwicklung der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) wurden die Pkw-Standards jedoch ebenfalls nicht in die Referenzentwicklung aufgenommen"* (Harthan et al. (2020)).

[25] In seiner zum Zeitpunkt der Modellierung gültigen Fassung.

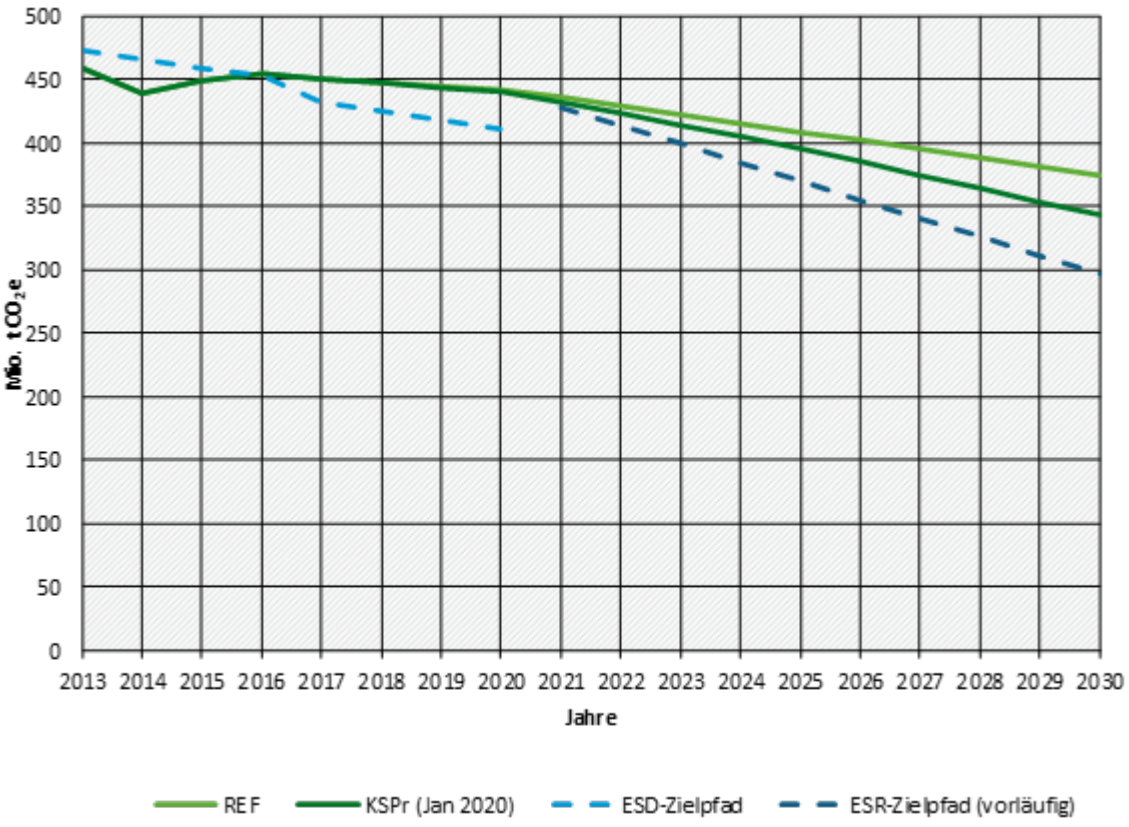
[26] *„Laut dem [zum Zeitpunkt der Modellierung vorliegenden] Entwurf des Bundes-Klimaschutzgesetzes (Bundesregierung (2019a)), Anlage 2 zu § 4, entsprechen die zulässigen Jahremissionsmengen dem unteren Rand der Sektorziele für 2030. Für den LULUCF-Sektor werden im Bundes-Klimaschutzgesetz keine Sektorziele ausgewiesen. Laut Klimaschutzplan 2050 soll im LULUCF-Sektor die Senkenleistung jedoch bis 2030 erhalten bleiben. Das Bundes-Klimaschutzgesetz weist ebenfalls auf Maßnahmen zum Erhalt der Nettosenke hin (§9 (1)). Aus diesen Vorgaben ergibt sich eine Nettoemission für den Sektor von höchsten 0 Mio. t CO_2e"* (Harthan et al. (2020)).

Sektor	Sektorziele[26]	Geschätzte Treibhausgasemissionen 2030		
Verkehr[27]	95,0	150,3	128,4	21,9
Landwirtschaft	58,0	67,8	64,1	3,7
Abfallwirtschaft und Sonstiges	5,0	5,8	4,9	0,9
Gesamt	**543,0**	**736,5**	**613,7**	**122,8**
LULUCF	0,0	19,0	16,3	2,7

Quelle: (Harthan et al. 2020)

„Mit Blick auf die Ziele im Rahmen der EU-Klimaschutzverordnung (ESR) zeigt sich, dass der Zielpfad mit dem Klimaschutzprogramm 2030 nicht erreicht wird (Abbildung 3). Zu Beginn der Dekade (2020) ergibt sich, noch unter der bis 2020 geltenden Effort Sharing Decision (ESD), eine Zielverfehlung von insgesamt 30 Mio. t CO_2e. Im Verlauf der Dekade wächst die Zielverfehlung deutlich an und erreicht im Jahr 2030 46 Mio. t CO_2e“ (Harthan et al. 2020).

Abbildung 3: Treibhausgasemissionen im ESR-Sektor



Quelle: (Harthan et al. 2020)

[27] *„Siehe Fußnote 24“* (Harthan et al. (2020)).

„Tabelle 17 gibt einen Überblick über die Maßnahmen bzw. Maßnahmenbündel des Klimaschutzprogramms 2030, die in den Sektoren untersucht wurden, und deren Minderungswirkung“ (Harthan et al. 2020).

Tabelle 17: Wirkung der Einzelmaßnahmen im Szenario Klimaschutzprogramm 2030 (Jan 2020) gegenüber dem Referenzszenario (REF)

Sektor	Einzelmaßnahmen	2025	2030	2035
		Mio. t CO_2		
Energiewirtschaft	Schrittweise Reduzierung und Beendigung der Kohleverstromung auf Basis der Empfehlungen der Kommission WSB	52	78	114
	Ausbau der EE auf 65 % Anteil am Bruttostromverbrauch bis 2030	21	17	26
	Weiterentwicklung und umfassende Modernisierung der KWK	-2	-2	-1
	Wärmenetze zunehmend auf erneuerbare Energien und unvermeidbare Abwärme umstellen	0	2	3
Industrie	1: Maßnahmenbündel: Förderung der Energieeffizienz	1,0	2,0	2,8
	2: Maßnahmenbündel: Förderung der Materialeffizienz	0,4	1,1	1,7
	3: Maßnahmenbündel: Markteinführung CO_2-armer Herstellungsverfahren*	2,1	4,7	8,1
	4: Maßnahmenbündel: CO_2-Bepreisung in den Sektoren Wärme und Verkehr	0,3	1,2	2,4
Gebäude	Steuerliche Förderung Gebäudesanierung (inkl. „Türöffner-Effekt“ der CO_2-Bepreisung)	0,1	0,4	0,8
	Bundesförderung Effiziente Gebäude (BEG), inkl. Ölkesselverbot (und inkl. „Türöffner-Effekt“ der CO_2-Bepreisung)	0,2	1,1	2,2
	Serielle Sanierung	0,0	0,0	0,0
	Energetische Stadtsanierung	Keine Wirkungsabschätzung		
	Energieberatung	0,0	0,0	0,0
	Vorbildfunktion Bundesgebäude	0,0	0,0	0,1
	Weiterentwicklung des energetischen Standards	0,0	0,0	0,0
	Städtebauförderung (StBauF)	Keine Wirkungsabschätzung		
	Innovationsprogramm Zukunft Bau	0,0	0,0	0,0
	EffSTRA	0,0	0,0	0,0
	CO_2-Bepreisung (ohne „Türöffner-Effekte")	0,0	0,4	1,4
	Änderungen Wohngeld und Mietrecht	Keine Wirkungsabschätzung		

Sektor	Einzelmaßnahmen	2025	2030	2035
		Mio. t CO_2		
Verkehr	EU-CO_2-Standards für Pkw, LNF, Lkw	1,8	8,3	15,7
	CO_2-Preis und Entfernungspauschale	2,8	6,1	8,6
	Kaufprämie E-Pkw und Kfz-Steuer	1,8	1,4	0,6
	Elektrifizierung Schiene, Busse, Lkw	0,4	1,0	1,0
	Förderung Schiene + ÖV + Rad	0,6	0,6	0,6
	Förderung Schienengüterverkehr	0,9	1,8	1,7
	CO_2-arme Kraftstoffe	1,2	2,7	6,7
Landwirtschaft	Senkung der Stickstoffüberschüsse und -emissionen einschließlich Minderung der Ammoniakemissionen und gezielte Verminderung von Lachgasemissionen	0,0	0,5	0,5
	Energetische Nutzung von Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft und landwirtschaftlicher Reststoffe in Biogasanlagen	0,6	1,6	1,6
	Ausweitung der ökologisch bewirtschafteten Fläche	0,5	0,9	0,9
	Emissionsminderung in der Tierhaltung	0,2	0,3	0,3
	Erhöhung der Energieeffizienz	0,3	0,6	0,6
	Schutz von Moorböden	0,0	0,2	0,2
Abfall	Förderprogramm zur Ausweitung der Deponiebelüftung und Optimierung der Gaserfassung	0,3	0,8	1,1
	Vermeidung von Lebensmittelabfällen	0,1	0,1	0,1
LULUCF	Humusaufbau	1,0	1,0	1,0
	Moorbodenschutz	0,7	1,7	2,6

* Die Minderungswirkung in den jeweiligen Jahren berücksichtigt bei allen Maßnahmen keine Umsetzungszeiträume, sondern geht von einer sofortigen Mittelverwendung aus. Besonders bei Maßnahmenbündel 3 ist jedoch davon auszugehen, dass es einen größeren Zeitversatz zwischen der Mittelvergabe und der realisierten CO_2-Einsparung geben wird. Entsprechend kann sich die CO_2-Minderung durchaus um 1 bis 2 Jahre nach hinten verschieben. Dies gilt besonders für den für 2025 ausgewiesenen Wert.

Quelle: (Harthan et al. 2020)

6 Klimaschutzbeitrag verschiedener CO_2-Preispfade in den BEHG-Sektoren Verkehr, Gebäude und Industrie

6.1 Einleitung

„Mit dem Klimaschutzprogramm 2030 hat die Bundesregierung am 9. Oktober 2019 ein umfassendes Programm zur Minderung der Treibhausgasemissionen in Deutschland beschlossen. Kernelemente sind das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG), das Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) zur Einführung eines nationalen Emissionshandels (nEHS), das Gesetz zur Umsetzung des Klimaschutzprogramms 2030 in Steuerrecht, der ausgehandelte Kompromiss zum Kohleausstieg und ein umfangreiches Investitionsprogramm. In der im Juni 2021 verabschiedeten Novelle des KSG ist eine Treibhausgasminderung von 65 % im Jahr 2030 und von 88 % im Jahr 2040 gegenüber 1990 sowie die Netto-Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 vorgesehen.

Im April 2021 haben sich das EU-Parlament und der Europäische Rat auf das Europäische Klimagesetz geeinigt, dass eine Minderung der Treibhausgasemissionen aller Mitgliedsstaaten in der Summe netto[28] statt wie bislang vorgesehen um 40 % um mindestens 55 % gegenüber 1990 vorsieht (EC 2020). Dadurch werden sowohl im Bereich des Emissionshandels (ETS) als auch im Bereich der EU-Klimaschutzverordnung (ESR) Ambitionssteigerungen erwartet und mit dem Vorschlag des „Fit for 55"-Paketes (EC 2021) ab Sommer 2021 diskutiert. Der CO_2-Preis im BEHG ist ein ökonomisches Instrument, welches im ESR-Bereich zu Treibhausgasminderungen führt[29].

Das BEHG umfasst (fast) alle brennstoffbedingten Treibhausgasemissionen, die nicht durch den EU-Emissionshandel abgedeckt sind. In den Jahren 2021-2026 werden diese mit einem festen CO_2-Preis (zwischen 25 €/t und 65 €/t) beaufschlagt. Ab dem Jahr 2027 soll sich der CO_2-Preis im Rahmen des nationalen Emissionshandels am Markt durch Einhaltung einer verbindlichen Emissionsobergrenze (Cap) bilden. Diese Emissionsobergrenze leitet sich wiederum aus dem Emissionsbudget im Rahmen der ESR ab (§ 4 BEHG). Da das BEHG nur die CO_2-Emissionen aus Brennstoffen umfasst, deckt er nur einen Teil der von der ESR regulierten Emissionsmenge ab. In diesem Vorhaben wurde ein Anteil von 71 % angesetzt […].

Im Rahmen der ebenfalls vom Forschungskonsortium dieses Berichts erstellte Quantifizierung des Klimaschutzprogramms 2030 (Harthan et al. 2020) wurde ab 2027 exogen ein weiter steigender CO_2-Preis angenommen. Im Jahr 2030 erreicht dieser 125 €/t. Die Modellierung zeigt unter anderem, dass unter diesen Rahmenbedingungen das ESR-Ziel im Jahr 2030 um gut 46 Mio. t CO_2e verfehlt wird. Daraus kann geschlossen werden, dass der angesetzte CO_2-Preis im Zusammenspiel mit dem Instrumentenmix des Klimaschutzprogramms 2030 zu niedrig für die Zielerreichung ist.

Im Rahmen dieses Projekts wurde deshalb untersucht, wie sich verschiedene CO_2-Preisspfade im Rahmen des BEHG sowie weitere Annahmen auf die Zielerreichung im Jahr 2030 auswirken. Den Modellen wurde also keine Emissionsgrenzen vorgegeben, sondern stattdessen wurde der Einfluss der Annahmen auf die Erreichung folgender Emissionsziele für das Jahr 2030 untersucht: Einhaltung der nach dem BEHG zulässigen Jahresemissionsmengen, Einhaltung der KSG (2021)-

[28] *Dies bedeutet unter Berücksichtigung von Kohlenstoffeinbindungen im Bereich Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF). Der LULUCF-Sektor wurde im vormaligen Minderungsziel von 40 % nicht berücksichtigt.*

[29] *Im Rahmen des „Fit for 55"-Programms wird auf EU-Ebene ein separater Emissionshandel ähnlich dem nEHS für die Sektoren Gebäude (Wärme) und Verkehr diskutiert.*

Sektorziele[30] und Einhaltung der nach der ESR zulässigen Emissionen. Dies wurde mit einer Modellierung der Sektoren Verkehr, Industrie und Gebäude umgesetzt.

6.2 *CO_2-Preispfade und untersuchte Sensitivitäten*

Es wurde die Auswirkung von zehn Sensitivitäten auf die Treibhausgasemissionen in den einzelnen Sektoren untersucht.

Die Sensitivitäten umfassen verschiedene angenommene BEHG-CO_2-Preispfade sowie Annahmen bezüglich der Erwartung zur CO_2-Preisentwicklung (Foresight) bei der Investitionsentscheidung und hinsichtlich der Möglichkeit eines vorzeitigen Austauschs von Investitionsgütern (z.B. Bestands-PkW oder bestehende Heizkessel).

[Abbildung 4] und [Tabelle 18] zeigen die vier untersuchten CO_2-Preispfade.

Preispfad 1 geht von einer Steigerung des nominalen CO_2-Preises zwischen 2021 und 2026 von 25 €/t auf 65 €/t gemäß der aktuell gültigen Fassung des BEHG aus. Für das Jahr 2030 wird ein CO_2-Preis von 340 €/t angenommen. Im Jahr 2027, zum Zeitpunkt des Starts der freien Handelsphase mit Preisen, die sich am Markt bilden, wird davon ausgegangen, dass aufgrund der Knappheit der Zertifikate der CO_2-Preis bereits bei 75 % des CO_2-Preises im Jahr 2030 liegt. Für die Foresight-Modellierung wird für das Jahr 2050 ein realer CO_2-Preis von 730 €/t in Anlehnung an UBA (2020b) angesetzt. Zwischen 2030 und 2050 wird der reale CO_2-Preis interpoliert.

Preispfad 2 geht davon aus, dass der nominale CO_2-Preis bereits im Jahr 2023 auf 100 €/t erhöht wird und dann schrittweise um 20 €/t pro Jahr auf 240 €/t im Jahr 2030 (340 €/t im Jahr 2035) steigt.

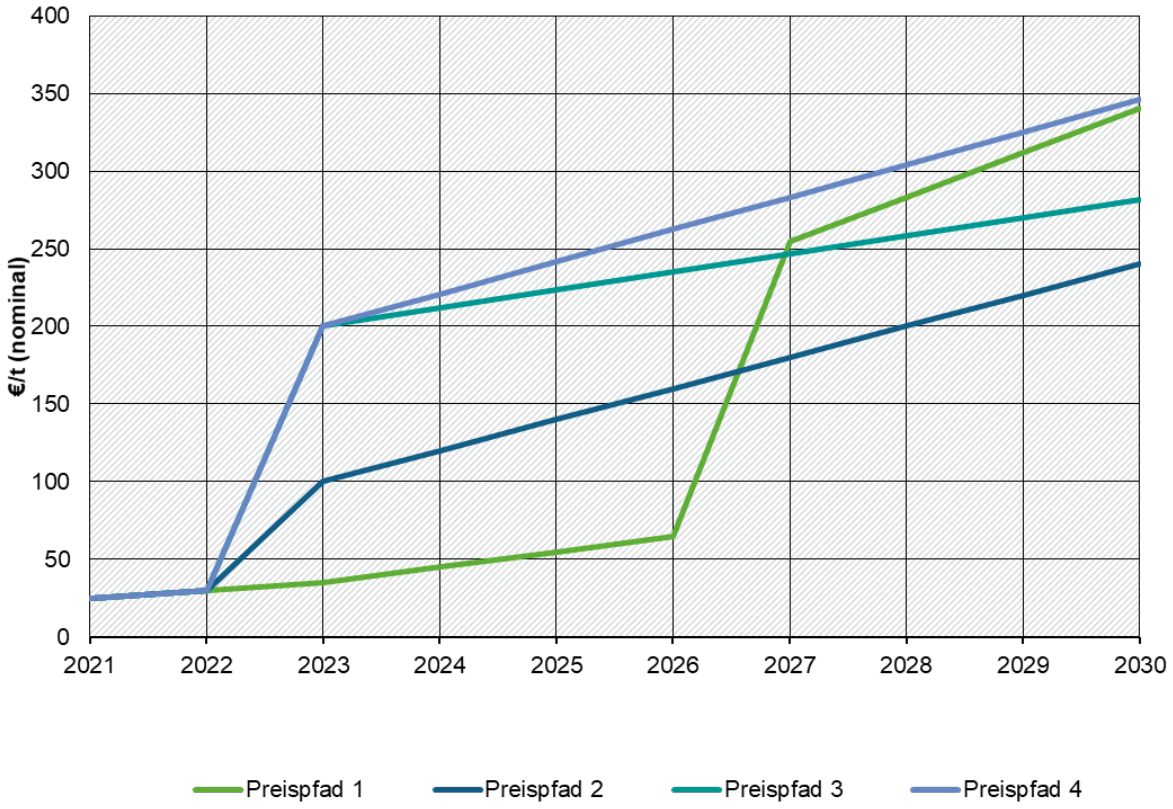
Für Preispfad 3 wird angenommen, dass der nominale CO_2-Preis im Jahr 2023 bereits auf 200 €/t angehoben wird und dann linear auf 282 €/t im Jahr 2030 (340 €/t im Jahr 2035) steigt.

Für Preispfad 4 wird ebenfalls von einer starken Anhebung des nominalen CO_2-Preises im Jahr 2023 auf 200 €/t ausgegangen, gefolgt von einer linearen Erhöhung auf 346 €/t im Jahr 2030 (450 €/t im Jahr 2035).

Nominale Preise werden über Anwendung eines Deflators auf reale Preise (Basis 2016) abgezinst, die wiederum Grundlage für die ökonomischen Entscheidungen in den Sektormodellen sind.

[30] *Zu Beginn des Projektes diente das 543 Mio. t CO_2-Äq-Ziel des alten KSG (2019) als Zielwert, entsprechend etwa einer Minderung von 56,6 % ggü. 1990. Die im novellierten KSG (2021) über alle Sektoren hinweg zulässige Emissionsmenge in Höhe von 438 Mio. t CO_2-Äq entspricht einer Minderung von 65,0 % ggü. 1990. Die Bewertung der Erreichung der KSG-Ziele in diesem Bericht basiert auf den Vorgaben des novellierten KSG (2021).*

Abbildung 4: Untersuchte CO_2-Preispfade



Quelle: (Öko-Institut et al. 2022)

Tabelle 18: Untersuchte CO_2-Preispfade

Jahr	Preispfad 1	Preispfad 2	Preispfad 3	Preispfad 4
	€/t (nominal)			
2021	25	25	25	25
2022	30	30	30	30
2023	35	100	200	200
2024	45	120	212	221
2025	55	140	223	242
2026	65	160	235	263
2027	255	180	247	283
2028	283	200	258	304
2029	312	220	270	325
2030	340	240	282	346

Quelle: (Öko-Institut et al. 2022)

Neben der Wahl des CO_2-Preispfades unterscheiden sich die Sensitivitäten in Bezug auf ihre CO_2-Preiserwartung (Foresight) bei Neuinvestitionen. So können Akteure bei Ihrer Investitionsent-

scheidung zum einen lediglich die aktuellen CO_2-Preise berücksichtigen. In diesem Fall wird von keiner Voraussicht (oF=ohne Foresight) ausgegangen. Im Verkehrsbereich (V) sind in weiteren Sensitivitäten CO_2-Preiserwartungen (F=Foresight) von bis zu 5 Jahren möglich. Dies bedeutet, dass die Investitionsentscheidung auf Basis der abgezinsten angenommenen CO_2-Preise der auf die Investitionsentscheidung folgenden 5 Jahre basieren. Im Gebäudebereich (G) und Industriesektor (I) werden Zeiträume für CO_2-Preiserwartungen von 5 und 20 Jahren untersucht.

Darüber hinaus wird untersucht, welche Auswirkung es hat, wenn Investitionsgüter vorzeitig, d.h. vor Ablauf der angenommenen Lebensdauer, ausgetauscht werden (sog. Veränderung der Austauschraten (A)). In einigen Sensitivitäten wird angenommen, dass die Güter nach Ablauf der Lebensdauer außer Betrieb genommen werden (oA=ohne Änderung der Austauschraten), in anderen Sensitivitäten ist eine Änderung der Austauschraten möglich (mA=mit Änderungen der Austauschraten) […].

*Eine Sensitivität setzt sich somit aus Angaben zu Preispfad, Foresight und Änderung der Austauschraten zusammen. So wird beispielsweise in **S**ensitivität S1 (F:20I,20G,5V,oA) der Preispfad **1** angesetzt, wobei von einer Voraussicht (**F**oresight) von **20** Jahren in der **I**ndustrie, **20** Jahren im **G**ebäudebereich und **5** Jahren im **V**erkehr ausgegangen wird, **o**hne veränderte **A**ustauschraten.*

[Tabelle 19] gibt einen Überblick über die untersuchten Sensitivitäten" (Öko-Institut et al. 2022).

Tabelle 19: Überblick über die Sensitivitäten

Sensitivität	Preispfad	Foresight Industrie	Foresight Gebäude	Foresight Verkehr	Veränderte Austauschraten?
S1 (oF,oA)	1	Ohne	Ohne	Ohne	Nein
S1 (F:20I,20G,5V,oA)	1	20 Jahre	20 Jahre	5 Jahre	Nein
S1 (F:20I,20G,5V,mA)	1	20 Jahre	20 Jahre	5 Jahre	Ja
S1 (F:5,oA)	1	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	Nein
S1 (F:5,mA)	1	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	Ja
S2 (oF,oA)	2	Ohne	Ohne	Ohne	Nein
S2 (F:5,oA)	2	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	Nein
S2 (F:5,mA)	2	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	Ja
S3 (F:5,oA)	3	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	Nein
S4 (F:5,oA)	4	5 Jahre	5 Jahre	5 Jahre	Nein

Quelle: (Öko-Institut et al. 2022)

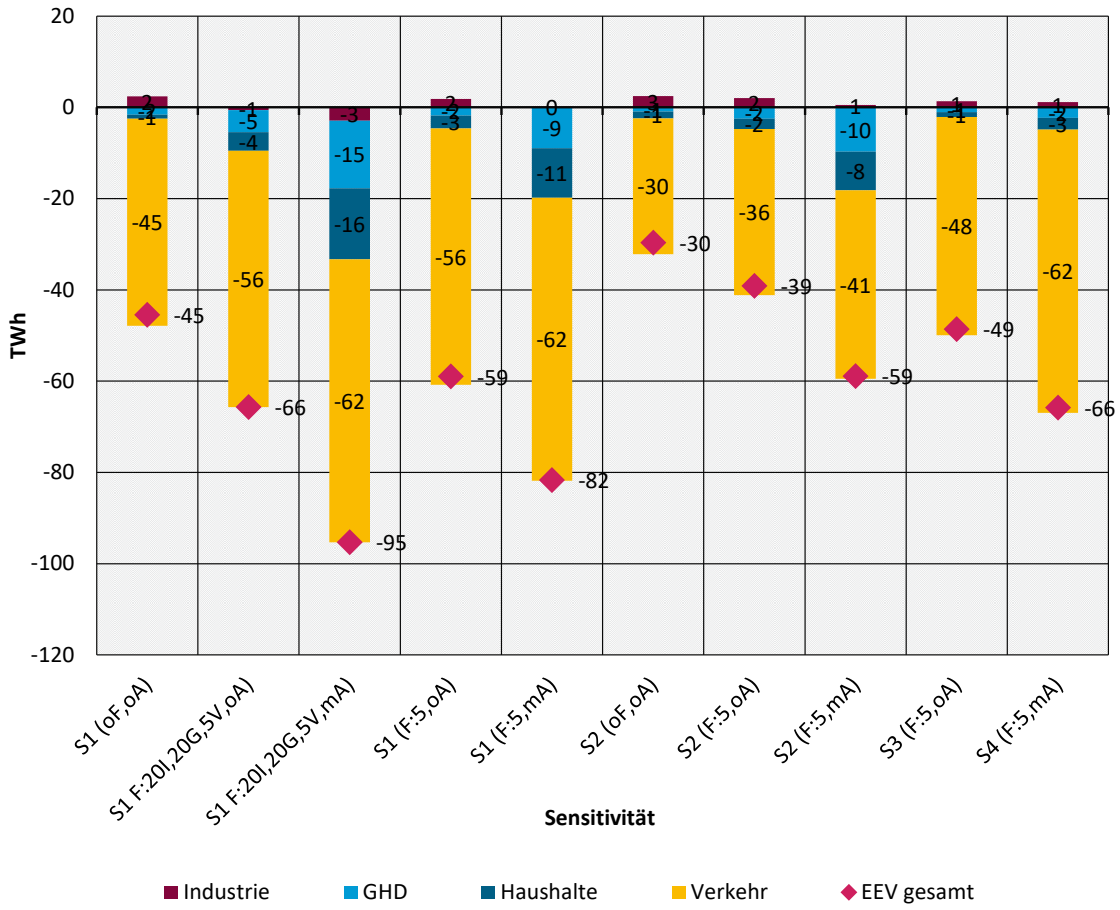
6.3 Ergebnisse[31]

„Der CO_2-Preis bewirkt in den Sektoren sowohl Energieeinsparungen als auch Energieträgerwechsel.

[31] *„Als Ausgangspunkt für die Modellierung wird ein Szenario verwendet, das im Folgenden als KSPr* bezeichnet wird. Dieses Szenario entspricht dem Szenario „Klimaschutzprogramm 2030 (Stand Januar 2020)" (Harthan et al. (2020)) mit geringfügigen Änderungen aufgrund von Anpassungen in der Energiebilanz und bei der Aufteilung von KWK-Anlagen sowie der Verwendung einer neuen Modellversion im Gebäudesektor. Die Emissionen im Szenario KSPr* im Jahr 2030 liegen rund 0,3 % unter den Emissionen gemäß KSPr 2030 (Jan 2020)"* (Öko-Institut et al. (2022)).

Die Wirkung auf die Höhe der Endenergieverbräuche (EEV) zeigt [Abbildung 5]. Am stärksten werden in den Sensitivitäten die Endenergieverbräuche im Verkehr reduziert, gefolgt von den Gebäuden, die in [Abbildung 5] entsprechend der Struktur der Energiebilanz noch weiter in Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) sowie (private) Haushalte unterteilt sind. Bei den Gebäuden und im Verkehr haben neben den CO_2-Preispfaden auch die Annahmen zu Foresight und Austauschraten deutliche Wirkung auf die Höhe der Endenergieverbräche. In der Industrie hingegen, wo nur ein kleiner Teil der Emissionen vom BEHG betroffen ist, haben die CO_2-Preissensitivitäten nur geringe Auswirkung auf die Höhe des Endenergieverbrauchs. Hinzu kommt, dass ein Energieträgerwechsel in der Prozesswärme nicht mit so deutlichen Effizienzgewinnen wie bei elektrischen PkW oder Wärmepumpen einher geht. Bei GHD und privaten Haushalten wurden nur Effekte auf die Gebäudewärme ermittelt.

Abbildung 5: Veränderung des EEV nach Sektoren gegenüber dem KSPr*, 2030

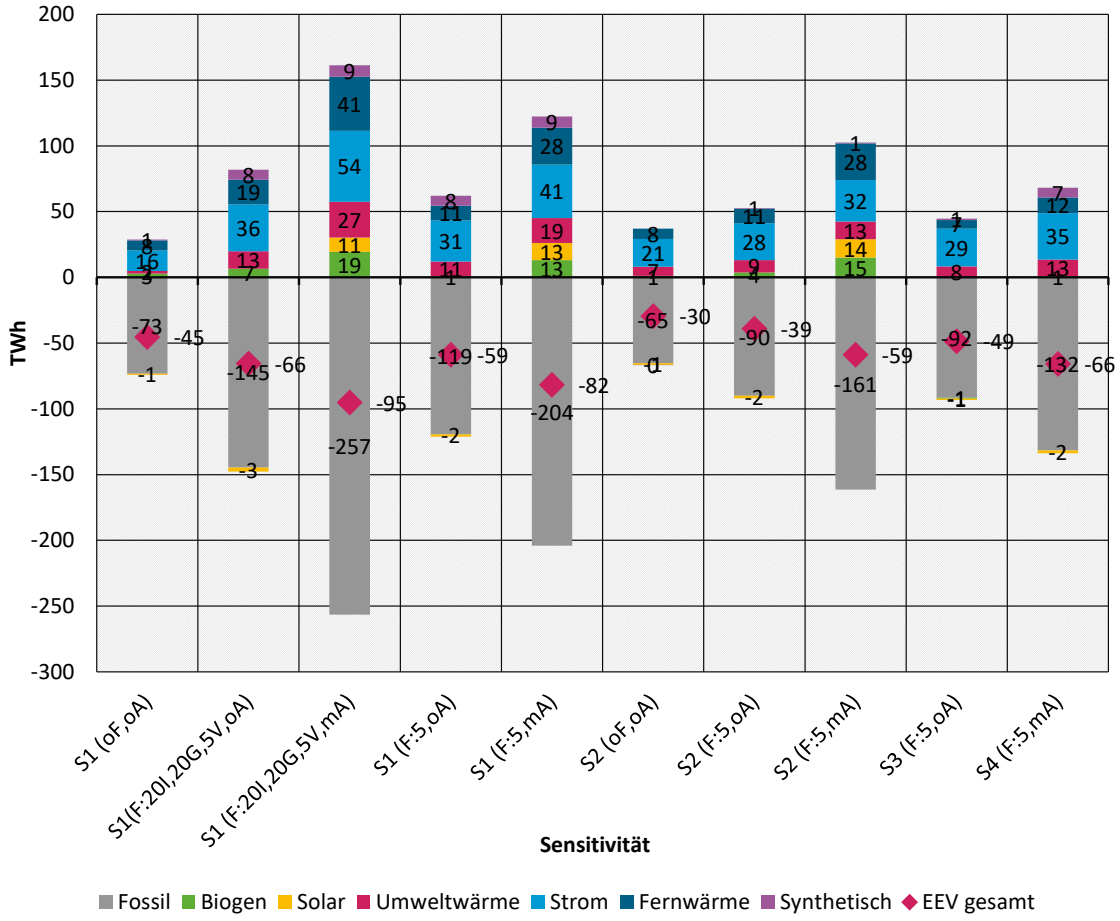


Quelle: (Öko-Institut et al. 2022)

In [Abbildung 6] sind die Effekte der CO_2-Preissensitivitäten auf die Zusammensetzung des Endenergieverbrauchs dargestellt. Es lässt sich ablesen, dass zwischen 37 % und 62 % der Reduktion des Endenergieverbrauchs an fossilen Energieträgern durch eine Reduktion des Endenergieverbrauchs insgesamt und zwischen 38 % und 63 % durch eine Substitution durch Energieträger ohne direkte CO_2-Emissionen zustande kommt: Die Sensitivitäten zeigen zwar auch einen Wechsel von fossilen Brennstoffen zu biogenen und synthetischen Brennstoffen sowie direkt nutzbare erneuerbare Energie wie Solarenergie und zu über Wärmepumpen bereitgestellte Umweltwärme. Allen Sensitivitäten gemein ist aber, dass der größte Energieträgerwechsel hin zu Strom und Fernwärme

erfolgt. Dies hat entsprechende Rückwirkungen auf die Energiewirtschaft, die diese zusätzliche Strom- und Fernwärmenachfrage decken muss.

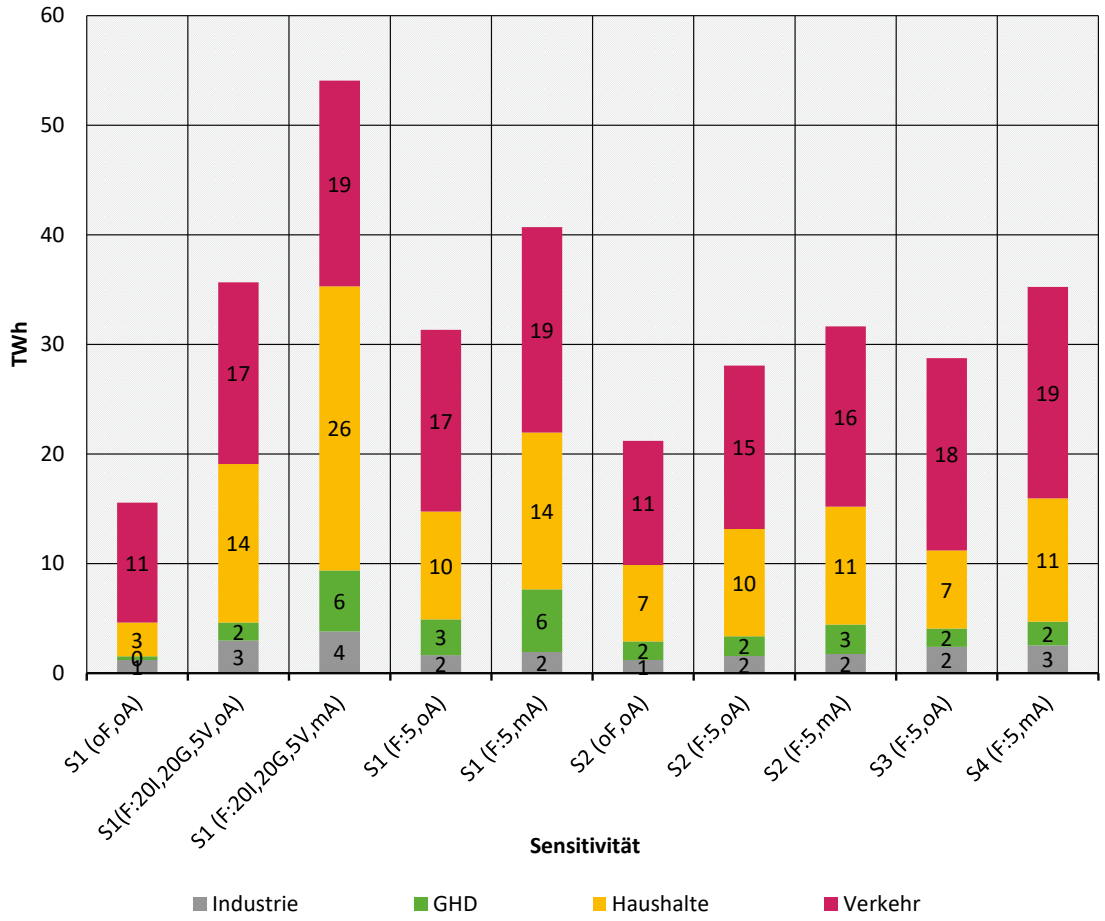
Abbildung 6: Veränderung des EEV nach Energieträgern gegenüber dem KSPr*, 2030



Quelle: (Öko-Institut et al. 2022)

Wegen der für die Energiewirtschaft besonderen Bedeutung des zusätzlichen Stromverbrauchs, ist dieser in folgender [Abbildung 7] nach Sektoren aufgeschlüsselt dargestellt. Dabei zeigt sich, dass der Anstieg des Stromverbrauchs in den CO_2-Preissensititäten in privaten Haushalten und im Verkehr deutlich größer ist als im GHD-Sektor und in der Industrie. Die Substitution fossiler Brenn- und Kraftstoffe durch Wärmepumpen und Elektromobilität sind in den Sensitivitäten also erwartungsgemäß die deutlichsten Treiber für zusätzliche Treibhausgasemissionen in der Energiewirtschaft.

Abbildung 7: Veränderung des Stromverbrauchs gegenüber dem KSPr*, 2030



Quelle: (Öko-Institut et al. 2022)

In [Tabelle 20] sind die in den einzelnen Preissensitivitäten ermittelten Treibhausgasemissionen nach Sektoren des KSG aufgeschlüsselt und den sektoral zulässigen Emissionsmengen gemäß der im Juni 2021 beschlossenen Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes gegenübergestellt (dargestellt in der Zeile „KSG (2021)-Ziel"). In allen Sensitivitäten sind die Emissionen niedriger als im KSPr. Dennoch wird bei keiner Sensitivität die gesamt zulässige Emissionsmenge gemäß KSG (2021] erreicht. In den Sensitivitäten S1 (F:20I,20G,5V,mA) und S1 (F:5,mA) erreicht der Gebäudesektor sein Sektorziel für 2030. Die anderen Sektoren erreichen hingegen in keiner der berechneten CO_2-Preissensitivitäten ihr Sektorziel. Die größten Emissionsreduktionen in den Sektoren Industrie und Verkehr werden in der Sensitivität S1 (F:20I,20G,5V,mA) erreicht, wobei diese Sensitivität für den Verkehr identisch mit der Sensitivität S1 (F:5,mA) ist.*

Tabelle 20: Treibhausgasemissionen nach KSG-Sektoren (Mio. t CO_2-Äq), 2030

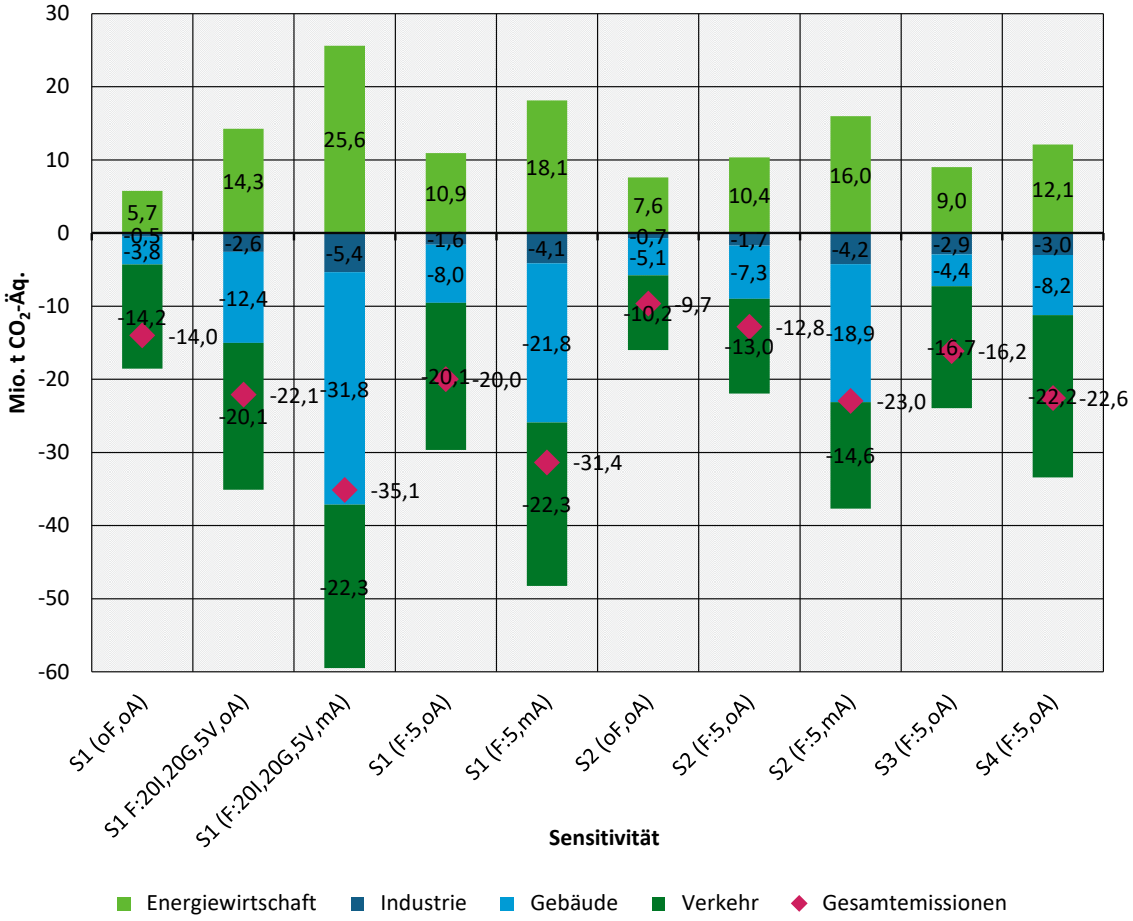
	Energie-wirt-schaft	Indust-rie	Ge-bäude	Verkehr	Land-wirt-schaft	Abfall-wirt-schaft & Sons-tige	Gesamt	Ände-rung ggü. 1990
KSPr*	187,0	143,2	87,7	128,4	64,1	4,9	615,3	-50,8%
S1 (oF,oA)	192,7	142,7	83,9	114,2	64,1	4,9	602,5	-51,9%

S1 (F:20I,20G,5V,oA)	201,2	140,6	75,3	108,3	64,1	4,9	594,4	-52,5%
S1 (F:20I,20G,5V,mA)	212,6	137,9	55,9	106,1	64,1	4,9	581,4	-53,5%
S1 (F:5,oA)	197,9	141,6	79,7	108,3	64,1	4,9	596,5	-52,3%
S1 (F:5,mA)	205,1	139,1	65,9	106,1	64,1	4,9	585,2	-53,2%
S2 (oF,oA)	194,6	142,5	82,6	118,2	64,1	4,9	606,9	-51,5%
S2 (F:5,oA)	197,3	141,5	80,4	115,5	64,1	4,9	603,7	-51,8%
S2 (F:5,mA)	203,0	139,0	68,8	113,8	64,1	4,9	593,6	-52,6%
S3 (F:5,oA)	196,0	140,3	83,3	111,8	64,1	4,9	600,4	-52,0%
S4 (F:5,mA)	199,1	140,2	79,5	106,2	64,1	4,9	594,0	-52,5%
KSG (2021)-Ziel	108	118	67	85	56	4	438	-65,0%

Quelle: (Öko-Institut et al. 2022)

[Abbildung 8] stellt die Emissionsänderung in den einzelnen Sensitivitäten gegenüber dem KSPr dar. Darin lässt sich erkennen, dass den Emissionsrückgängen in den Sektoren Industrie, Gebäude und Verkehr ein nicht unerheblicher Anstieg der Emissionen der Energiewirtschaft gegenübersteht. Diese unterliegt überwiegend nicht dem BEHG, sondern dem europäischen Emissionshandel, dessen CO_2-Preise bei allen modellierten Sensitivitäten annahmegemäß unverändert blieben. Zwar sinken in der Energiewirtschaft insbesondere die Emissionen der Raffinerien durch eine reduzierte Nachfrage nach Mineralölprodukten. Gleichzeitig führen aber die erhöhten Strom- und Fernwärmenachfragen zu höheren Emissionen in öffentlichen Kraftwerken und Heizwerken. Dieser Rebound auf die Energiewirtschaft macht je nach Sensitivität zwischen 34 % und 49 % der in den Sektoren Industrie, Gebäude und Verkehr eingesparten Emissionen aus. Da allerdings die Rückwirkungen der Strom- und Fernwärmenachfragen nicht mit einem Strommarktmodell, sondern mit einem stark vereinfachten Ansatz abgebildet wurden, sind die Ergebnisse für die Energiewirtschaft lediglich als indikativ anzusehen.*

Abbildung 8: Veränderung der Treibhausgasemissionen gegenüber dem KSPr*, 2030



Quelle: (Öko-Institut et al. 2022)

Wie [Tabelle 21] zeigt, wird nur in sechs der zehn CO_2-Preissensitivitäten die BEHG-Höchstmenge eingehalten. Zudem zeigt die Tabelle auch deutlich, dass eine Einhaltung der BEHG-Höchstmenge nicht gleichzeitig auch die Einhaltung der zulässigen ESR-Emissionen garantiert. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der nationale Emissionshandel entsprechend des Namens des zugrundeliegenden Brennstoffemissionshandelsgesetzes nur die CO_2-Emissionen aus der Verbrennung berücksichtigt. Darüber hinaus gibt es weitere Emissionen. Eine besonders große Bedeutung haben hier die biochemischen Emissionen der Landwirtschaft. Dazu kommen unter anderem die Emissionen aus der Abfallwirtschaft, die Methan- und Lachgasemissionen aus Verbrennungsprozessen, diffuse Emissionen sowie der nicht vom Emissionshandel erfasste Teil der Emissionen aus Industrieprozessen (z.B. die meisten fluorierten Treibhausgase).

Tabelle 21: Zielerreichung ESR (altes -38 %-Ziel) und BEHG (Mio. t CO_2-Äq), 2030

	ESR-Emissionen	Altes ESR-Ziel	Abweichung vom alten ESR-Ziel (-38 %)	Altes ESR-Ziel eingehalten?	BEHG-Emissionen	BEHG-Höchstmenge (altes -38-%-Ziel)	Abweichung von der BEHG-Höchstmenge	BEHG-Höchstmenge eingehalten?
KSPr*	343,4	300,6	42,9	Nein	242,2	213,3	28,9	Nein
S1 (oF,oA)	325,2	300,6	24,7	Nein	223,5	213,3	10,2	Nein
S1 (F:20I, 20G,5V,oA)	310,3	300,6	9,8	Nein	207,1	213,3	-6,2	Ja
S1 (F:20I, 20G,5V,mA)	288,2	300,6	-12,3	Ja	182,8	213,3	-30,5	Ja
S1 (F:5,oA)	315,0	300,6	14,4	Nein	212,6	213,3	-0,8	Ja
S1 (F:5,mA)	298,5	300,6	-2,1	Ja	194,1	213,3	-19,3	Ja
S2 (oF,oA)	328,0	300,6	27,4	Nein	226,2	213,3	12,9	Nein
S2 (F:5,oA)	322,8	300,6	22,3	Nein	220,3	213,3	7,0	Nein
S2 (F:5,mA)	309,1	300,6	8,6	Nein	204,6	213,3	-8,7	Ja
S3 (F:5,oA)	321,8	300,6	21,2	Nein	218,4	213,3	5,1	Nein
S4 (F:5,mA)	312,3	300,6	11,8	Nein	208,9	213,3	-4,4	Ja

Quelle: (Öko-Institut et al. 2022)

Das verschärfte ESR-Ziel (-50 % ggü. 2005) wird in keiner CO_2-Preissensitivitäten eingehalten, wie [Tabelle 22] zeigt. Mit der Verschärfung des ESR-Ziels geht automatisch eine niedrigere BEHG-Höchstmenge einher. Diese niedrigere BEHG-Höchstmenge wird in keiner der CO_2-Preissensitivitäten eingehalten. Die Überschreitung der Höchstmengen unterscheidet sich dabei deutlich in den Sensitivitäten. Die niedrigste Überschreitung tritt in der CO_2-Preissensitivität S1 (F:20I,20G,5V,mA) mit knapp 11 Mio. t CO_2-Äq auf, die höchste Überschreitung in der Sensitivität S2 (oF,oA) mit gut 54 Mio. t CO_2-Äq.

Tabelle 22: Zielerreichung ESR (neues -50 %-Ziel) und BEHG (Mio. t CO_2-Äq), 2030

	ESR-Emissionen	Neues ESR-Ziel	Abweichung vom neuen ESR-Ziel (-50 %)	Neues ESR-Ziel eingehalten?	BEHG-Emissionen	BEHG-Höchstmenge (neues -50-%-Ziel)	Abweichung von der BEHG-Höchstmenge	BEHG-Höchstmenge eingehalten?
KSPr*	343,4	242,2	101,2	Nein	242,2	172,0	70,2	Nein
S1 (oF,oA)	325,2	242,2	83,0	Nein	223,5	172,0	51,5	Nein
S1 (F:20I, 20G,5V,oA)	310,3	242,2	68,1	Nein	207,1	172,0	35,1	Nein
S1 (F:20I, 20G,5V,mA)	288,2	242,2	46,0	Nein	182,8	172,0	10,8	Nein

	ESR-Emissionen	Neues ESR-Ziel	Abweichung vom neuen ESR-Ziel (-50 %)	Neues ESR-Ziel eingehalten?	BEHG-Emissionen	BEHG-Höchstmenge (neues -50-%-Ziel)	Abweichung von der BEHG-Höchstmenge	BEHG-Höchstmenge eingehalten?
S1 (F:5,oA)	315,0	242,2	14,4	Nein	212,6	172,0	40,6	Nein
S1 (F:5,mA)	298,5	242,2	72,8	Nein	194,1	172,0	22,1	Nein
S2 (oF,oA)	328,0	242,2	85,8	Nein	226,2	172,0	54,2	Nein
S2 (F:5,oA)	322,8	242,2	80,6	Nein	220,3	172,0	48,3	Nein
S2 (F:5,mA)	309,1	242,2	66,9	Nein	204,6	172,0	32,6	Nein
S3 (F:5,oA)	321,8	242,2	79,6	Nein	218,4	172,0	46,4	Nein
S4 (F:5,mA)	312,3	242,2	70,1	Nein	208,9	172,0	36,9	Nein

Quelle: (Öko-Institut et al. 2022)

6.4 *Schlussfolgerungen*

Hintergrund dieser Analyse ist die Diskussion zur Wirksamkeit von CO_2-Preisen in den vom BEHG abgedeckten Sektoren Verkehr, Gebäude und Brennstoffen in der Industrie. Ausgehend von der Hypothese, dass die Grenzvermeidungskosten in diesen Sektoren höher bzw. die Elastizitäten geringer sind als im Bereich des EU-ETS und sich dadurch auch in einem vollständigen Handel höhere Preise ergeben würden, wurden verschiedene CO_2-Preispfade gewählt, die höher als in vorherigen Analysen (z.B. zum Klimaschutzprogramm 2030) angenommen wurden. In dieser Analyse wirkt der CO_2-Preis nicht allein, sondern er kommt in einem bereits ausdifferenzierten klimapolitischen Instrumenten-Mix zur Anwendung, welcher alle klima- und energiepolitischen Instrumente umfasst, die bis einschließlich dem Klimaschutzprogramm 2030 eingeführt wurden. Im Rahmen der Analyse wurden nur die BEHG-CO_2-Preise variiert und die übrigen preislichen, ordnungsrechtlichen und förderpolitischen Instrumente unverändert belassen.

Aus den Sensitivitätsrechnungen in Bezug auf verschiedene angenommene BEHG-CO_2-Preis-Pfade sowie Annahmen bezüglich der Zeiträume für CO_2-Preiserwartungen (Foresight) bei der Investitionsentscheidung und hinsichtlich der Möglichkeit eines vorzeitigen Austauschs von Investitionsgütern können verschiedene Schlussfolgerungen gezogen werden.

Im Verkehrssektor sinken die Treibhausgasemissionen in den Sensitivitäten auf 106 bis 115 Mio. t CO_2-Äq. Insgesamt werden für die Erreichung des Sektorziels im Verkehr (85 Mio. t CO_2-Äq) damit noch weitere Instrumente zusätzlich zum CO_2-Preis notwendig sein. Ein zügig steigender CO_2-Preis hat grundsätzlich den Vorteil, dass dadurch eine schnellere Elektrifizierung der Fahrzeuge unterstützt wird. Andererseits sind die Verfügbarkeit von Alternativen wie bspw. dem öffentlichen Verkehr sowie Kapazitäten für den Schienengüterverkehr wesentliche Voraussetzungen für die Verlagerungswirkung und für die Akzeptanz des CO_2-Preises. Veränderungen bei Infrastruktur und ÖV-Angebot erfordern hierbei eine langfristige Perspektive bei Planung und Umsetzung, um die Alternativen verfügbar zu machen.

Im Industriesektor haben Preissignale im BEHG aufgrund der sektoralen Aufteilung zwischen BEHG und EU-ETS nur eine geringe Wirkung auf die Industrie als Ganzes. Die Kombination aus frühen CO_2-Preissignalen, einem verlässlich kommunizierten Preisanstieg und schnellerem Austausch von Bestandsanlagen beeinflusst den adressierten Bereich aber deutlich. In der untersuchten

Konstellation wirken, in absteigender Reihenfolge, Änderung der Austauschraten, Foresight und schließlich BEHG-CO_2-Preispfade.

*Im Gebäudesektor sinken die Treibhausgasemissionen auf 80 bis 52 Mio. t CO_2-Äq. Das KSG-Ziel (67 Mio. t CO_2-Äq) wird allerdings nur in den beiden Sensitivitäten erreicht, in denen angenommen wird, dass sich die höheren CO_2-Preise nicht nur auf die Wahl des Wärmeversorgungssystems, sondern auch auf einen vorzeitigen Austausch fossiler Heizungen auswirken. Entscheidend ist zudem die Annahme, dass Gebäudeeigentümer*innen die zukünftige Steigerung der CO_2-Preise in Investitionsentscheidungen mit einer Voraussicht von mindestens fünf Jahren antizipieren. Der Vergleich der Sensitivitäten zeigt damit die Relevanz höherer Austauschraten bei gleichzeitigem Umstieg auf zielkonforme Wärmeversorgung. Inwieweit sich ein signifikanter Anstieg der Austauschraten durch einen hohen CO_2-Preis ergeben wird, ist mit hohen Unsicherheiten verbunden. Die Austauschrate kann jedoch auch durch andere Instrumente wie Austauschpflichten (Verschärfung der bedingten Sanierungsanforderung) flankierend adressiert werden. Sofern der CO_2-Preis nicht zu höheren Austauschraten führt und sich damit lediglich auf die Wahl des Wärmeversorgungssystems auswirkt, sind Höhe und Geschwindigkeit der Steigerung des CO_2-Preises entscheidend. Entsprechend sind für die Zielerreichung ein schnellerer Anstieg des Preispfades sowie eine Veränderung der Austauschraten notwendig. Ein höherer CO_2-Preis in späteren Jahren erzielt hingegen nicht die gleichen Effekte, da die Investitionsentscheidungen überwiegend bedarfsgetrieben sind (Ausfall, Instandsetzung) und entgangene Gelegenheiten zum Einbau von zielkonformer Wärmeversorgung und Sanierungsmaßnahmen in dem kurzen Zeitraum zwischen 2027 und 2030 nicht aufgeholt werden können.*

Eine Grunderkenntnis der Analyse ist, dass die reine Berücksichtigung eines CO_2-Preises nur zu vergleichsweise geringen Einspareffekten führt, sofern eine Voraussicht der zu erwartenden CO_2-Preise und damit eine langfristige Planbarkeit nicht gegeben ist bzw. sofern bestehende Investitionsgüter bis zum Ende ihrer Lebensdauer genutzt werden. Sofern den Akteurinnen und Akteuren der CO_2-Preis vorab bekannt ist, so werden größere Einsparungen erzielt als ohne Planbarkeit in Bezug auf die Entwicklung des CO_2-Preises. Die größten Minderungen werden erzielt, sofern der Zeithorizont, für den mit einem erwartbaren CO_2-Preis gerechnet werden kann, ausreichend lang ist in Bezug auf die Lebensdauer des jeweiligen Investitionsguts. So ist im Verkehrssektor eine Planbarkeit über wenige Jahre (in der Analyse 5 Jahre) aufgrund der vergleichsweisen kurzen Haltedauer ausreichend, während im Gebäude- und Industriesektor deutlich größere Einsparungen erzielt werden können, sofern die Planbarkeit sich über einen größeren Zeitraum (in der Analyse 20 Jahre) erstreckt.

Eine weitere zentrale Erkenntnis ist, dass deutlich größere Einsparungen erzielt werden können, sofern ein Austausch des Investitionsguts vor dem Ende der jeweiligen Lebensdauer erfolgt. Aufgrund der langfristigen Kapitalstöcke sind hierbei die Effekte im Gebäude- und Industriesektor am größten, während im Verkehrssektor aufgrund der vergleichsweise kurzen Haltedauern von Fahrzeugen der Zusatzeffekt durch einen vorzeitigen Austausch begrenzt ist.

Hierbei muss jedoch berücksichtigt werden, dass entschlossene Preissignale eine Voraussetzung dafür sind, dass eine verbesserte Planbarkeit (Foresight) und eine Veränderung der Austauschraten ihre Wirkung entfalten können: nur wenn fossile Investitionsgüter wirtschaftlich unattraktiv sind, wird durch die Austauschratenerhöhung die gewünschte Wirkung erzielt. Die Voraussicht (Foresight) und Austauschratenerhöhung können hierbei wiederum eine Reaktion von Akteurinnen und Akteuren auf Preissignale sein. Sie können aber auch durch andere Instrumente beeinflusst werden, wie Verbesserung von Informationsverfügbarkeit, Ordnungsrecht oder finanzielle Förderungen. Besondere Bedeutung ist dabei einem verlässlich kommunizierten Preispfad des BEHG zuzumessen. Eine entsprechende Kommunikation des (zu erwartenden) Preispfades ist insbesondere deshalb wichtig, da in allen untersuchten Sensitivitäten von Preissprüngen ausgegangen wird, die die Investitionsentscheidung beeinflussen können. Je später der entsprechende Preissprung auf die

Investition erfolgt, desto mehr ist davon auszugehen, dass diese bei der Kaufentscheidung nicht berücksichtigt werden, sofern keine Informationen hierzu kommuniziert werden. Des Weiteren kann eine rechtzeitige Kommunikation künftig sprunghaft steigender Preise auch dazu führen, dass Investitionsgüter vorzeitig ausgetauscht werden. Zur Verbesserung der Maßnahmenbewertung sollte die Wirkung von Preissignalen auf Investitionsentscheidungen und damit verbunden den Austauschraten von Anlagen gezielt untersucht werden, insbesondere im Hinblick auf zu gewinnende empirische Erkenntnisse.

Die Analyse zeigt, dass nur in sechs der zehn CO_2-Preissensitivitäten die BEHG-Höchstmenge eingehalten wird. Die ESR-Emissionen werden wiederum lediglich in zwei Sensitivitäten eingehalten. Dies liegt daran, dass die ESR weitere Emissionen wie die Emissionen aus der Landwirtschaft, Abfallwirtschaft oder diffusen Quellen umfasst, die vom BEHG nicht adressiert werden. Das im Rahmen der aktuellen Beratungen zum Fit-for-55-Paket der EU zu erwartende verschärfte ESR-Ziel wie auch die daraus abgeleitete BEHG-Höchstmenge wird in keiner CO_2-Preissensitivität eingehalten. Daraus kann geschlossen werden, dass zur Einhaltung der ambitionierteren BEHG-Ziele höhere CO_2-Preise als hier analysiert zu erwarten sind bzw. darüberhinausgehende klimapolitische Instrumente erforderlich sind. Zur Einhaltung der ESR-Zielvorgaben sind gleichermaßen zusätzliche Instrumente in den nicht vom BEHG adressierten Bereichen notwendig.

Die Analyse isolierter CO_2-Preisänderungen im BEHG zeigt außerdem, dass die verstärkte Nutzung von Strom und Fernwärme in den Sektoren Industrie, Gebäude und Verkehr zu erheblich höheren Emissionen in der Energiewirtschaft führt. Die zusätzlichen Emissionen in der Energiewirtschaft können bis zur Hälfte der in den Sektoren Industrie, Gebäude und Verkehr eingesparten Emissionen ausmachen. Um die Klimaschutzziele in der Energiewirtschaft zu erreichen, sind aus diesem Grund ebenfalls zusätzliche Maßnahmen notwendig.

Insgesamt weisen die Rechnungen in diesem Gutachten darauf hin, dass der alleinige Fokus auf das Instrument der CO_2-Bepreisung durch das BEHG selbst bei den hier untersuchten, sehr hohen, CO_2-Preisen nicht dazu führt, die Ziele des KSG und der ESR einzuhalten. Damit sind über die bereits bestehende Klimaschutzmaßnahmen und -instrumente (u.a. Klimaschutzprogramm 2030) hinaus zusätzliche klimapolitische Anstrengungen erforderlich.

Mit Blick auf den geplanten Übergang vom Festpreissystem zu einem System fluktuierender, sich am Markt bildender, Zertifikatspreise zeigen die Modellierungen , dass Planungssicherheit ein wesentlicher Faktor für die Höhe der zu erwartenden Treibhausgasminderungen durch das BEHG ist. Findet die CO_2-Bepreisung in einem als stabil wahrgenommenen regulatorischen Rahmen statt, sodass von Investoren und Marktteilnehmern ein stabiler und steigender CO_2-Preispfad erwartet wird, erhöht dies die Lenkungswirkung der CO_2-Bepreisung erheblich. Neben einer nachvollziehbar und gut kommuniziert festgelegten Emissionsobergrenze können dabei auch Mindestpreise oder andere Elemente zur Stärkung der Planungssicherheit eine Rolle spielen. Erfolgt die Minderung der Treibhausgasemissionen wiederum ausschließlich über den Preismechanismus, so ist von stark steigenden Zertifikatspreisen nach Ablauf der Festpreisphase auszugehen.

Damit bestätigt sich mit dieser Modellierungsarbeit auch die wirtschaftstheoretische Herleitung (vgl. Kemfert et al. (2021)), dass zur Erreichung der Klimaschutzziele ein Politik-Mix zielführend ist, welcher die CO_2-Bepreisung mit ordnungsrechtlichen Instrumenten, Förderprogrammen und weiteren Instrumenten (z.B. dem Abbau klimaschädlicher Subventionen) kombiniert. Notwendig sind des Weiteren Infrastrukturmaßnahmen, die den Umstieg auf klimafreundliche Alternativen erleichtern bzw. ermöglichen, z.B. der Ausbau von Ladesäulen oder des öffentlichen Verkehrs. Dadurch kann die Wirksamkeit der preislichen Anreize durch das BEHG erhöht werden. Je stärker das BEHG durch andere Klimaschutzinstrumente flankiert wird und kontraproduktive Anreize

(beispielsweise durch klimaschädliche Subventionen) entfallen, desto niedriger fällt der Zertifikatspreis aus, der für das Erreichen der Klimaschutzziele erforderlich ist" (Öko-Institut et al. 2022).

Quellenverzeichnis

AGEB (2020): Energieverbrauch in Deutschland 2019, Daten für das 1.-4. Quartal 2019, 2020. Online verfügbar unter https://ag-energiebilanzen.de/20-0-Berichte.html, zuletzt geprüft am 11.02.2020.

Agora Energiewende (2020): Die Energiewende im Stromsektor: Stand der Dinge 2019, Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2020, 2020. Online verfügbar unter https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2019/Jahresauswertung_2019/171_A-EW_Jahresauswertung_2019_WEB.pdf, zuletzt geprüft am 11.02.2020.

BMUB (2014): Aktionsprogramm Klimaschutz 2020, Kabinettsbeschluss vom 3. Dezember 2014. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2014. Online verfügbar unter http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Aktionsprogramm_Klimaschutz/aktionsprogramm_klimaschutz_2020_broschuere_bf.pdf, zuletzt geprüft am 16.12.2016.

Bundesregierung (2019a): Gesetz zur Einführung eines Bundes-Klimaschutzgesetzes und zur Änderung weiterer Vorschriften. In: *Bundesgesetzblatt (BGBl)* 2019 (Teil I Nr. 48).

Bundesregierung (2019b): Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050, 2019. Online verfügbar unter https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/1679914/e01d6bd855f09bf05cf7498e06d0a3ff/2019-10-09-klima-massnahmen-data.pdf?download=1, zuletzt geprüft am 16.12.2019.

Bundesregierung (2019c): Projektionsbericht 2019 für Deutschland gemäß Verordnung (EU) Nr. 525/2013. Online verfügbar unter https://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art04-13-14_lcds_pams_projections/projections/envxnw7wq/.

Deutscher Bundestag (2019): Gesetz über einen nationalen Zertifikatehandel für Brennstoffemissionen (Brennstoffemissionshandelsgesetz - BEHG), Vom 12. Dezember 2019. In: *Bundesgesetzblatt* 2019 (Teil I Nr. 50).

EC - European Commission (2021): Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, 'Fit for 55': delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality, 2021. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/chapeau_communication.pdf, zuletzt geprüft am 16.08.2021.

EC (2020): Amended proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulation (EU) 2018/1999 (European Climate Law), 2020/0036 (COD), zuletzt geprüft am 10.05.2021.

Harthan; Ralph O.; Repenning, J.; Blanck, R.; Böttcher, H.; Bürger, V.; Cook, V.; Emele, L.; Görz, W. K.; Hennenberg, K.; Jörß, W.; Ludig, S.; Matthes, F. C. et al. (2020): Abschätzung der Treibhausgasminderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung, Teilbericht des Projektes „THG-Projektion: Weiterentwicklung der Methoden und Umsetzung der EU-Effort Sharing Decision im Projektionsbericht 2019 („Politikszenarien IX“)“ (Climate Change, 33/2020). Öko-Institut; Fraunhofer Institut für System und Innovationsforschung; Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien. Umweltbundesamt (Hg.). Dessau-Roßlau, Oktober 2020. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/abschaetzung-der-treibhausgasminderungswirkung-des, zuletzt geprüft am 19.11.2021.

Kemfert, C.; Evert, J.; Holzmann, S.; Priem, M. (2021): Grenzen einer CO2-Bepreisung, Dekarbonisierungsmaßnahmen jenseits eines CO2-Preises. Eine Studie für Greenpeace Deutschland. Greenpeace (Hg.), 2021. Online verfügbar unter https://diw-econ.de/wp-content/uploads/GP-Die-Grenzen-eines-CO2-Preises.pdf, zuletzt geprüft am 07.04.2022.

Öko-Institut; Fraunhofer ISI; IREES (2020): Treibhausgasminderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 (Kurzbericht), Teilbericht des Projektes „THG-Projektion: Weiterentwicklung der Methoden und Umsetzung der EU-Effort Sharing Decision im Projektionsbericht 2019 („Politikszenarien IX“)“. Im Auftrag des

Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) sowie des Umweltbundesamtes (UBA). Unter Mitarbeit von Harthan, R. O.; Repenning, J.; Blanck, R.; Böttcher, H.; Bürger, V. et al. (UBA Climate Change, 12/2020). Öko-Institut; Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung; IREES. Umweltbundesamt (Hg.). Dessau-Roßlau, März 2020. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/treibhausgasminderungswirkung-klimaschutzprogramm-2030, zuletzt geprüft am 19.11.2021.

Öko-Institut; Fraunhofer ISI; IREES (2022): Klimaschutzbeitrag verschiedener CO2-Preispfade in den BEHG-Sektoren Verkehr, Gebäude und Industrie. Unter Mitarbeit von Harthan, R.; Repenning, J.; Blanck, R.; Emele, L.; Görz, W. K. et al. (Climate Change, 19/2022). Umweltbundesamt (Hg.), 2022. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klimaschutzbeitrag-verschiedener-co2-preispfade-in, zuletzt geprüft am 10.06.2022.

UBA - Umweltbundesamt (2020a): Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen, 1990-2018. Stand EU-Submission 15.01.2020, 2020. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen.

UBA (2019): Projektionsbericht 2019 für Deutschland – Zusammenfassung in der Struktur des Klimaschutzplans, Teilbericht des Projektes „THG-Projektion: Weiterentwicklung der Methoden und Umsetzung der EU-Effort Sharing Decision im Projektionsbericht 2019 („Politikszenarien IX“)“. In: *Climate change* (33). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/projektionsbericht-2019-fuer-deutschland, zuletzt geprüft am 03.12.2019.

UBA (2020b): Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten, Kostensätze. Stand 12/2020. Unter Mitarbeit von Matthey, A.; Bünger und Björn, 2020. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/methodenkonvention-umweltkosten, zuletzt geprüft am 17.08.2021.