

KLIMAGASINVENTUR 2023 FÜR DAS LAND BRANDENBURG

Darstellung und Analyse der Entwicklung der wichtigsten
Treibhausgasemissionen

IMMISSION UND KLIMA



Impressum

Herausgeber

Ministerium für Landwirtschaft,
Umwelt und Klimaschutz (MLUK)
Referat Öffentlichkeitsarbeit
Henning-von-Tresckow-Straße 2 – 13, Haus S, 14467 Potsdam
Telefon: +49 (0) 331 866-7237
E-Mail: bestellung@mluk.brandenburg.de
Internet: mluk.brandenburg.de

Redaktion

Landesamt für Umwelt (LfU)
Abteilung Technischer Umweltschutz 1
Referat T14 – Luftqualität, Klima, Nachhaltigkeit
Seeburger Chaussee 2, 14476 Potsdam
Telefon +49 (0) 33201 – 442-0
E-Mail: infoline@lfu.brandenburg.de
Internet: lfu.brandenburg.de

Fotos

Titel: Das Kraftwerk Jänschwalde mit See im Vordergrund © Geraldine Knopf, Landesamt für Umwelt

Satz

Satzweiss.com Print Web Software GmbH

Diese Veröffentlichung ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf nicht für Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Unabhängig davon, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Broschüre dem Empfänger zugegangen ist, darf sie, auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl, nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner Gruppen verstanden werden könnte.

Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

Potsdam, November 2024

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	6
Kurzfassung	7
1 Einleitung	8
2 Methodik	9
2.1 Datengrundlagen & Systematik	9
3 Entwicklung und aktueller Stand der Gesamtemissionen	10
3.1 In Zukunft Verschiebung des Energieverbrauchs zur Energiewirtschaft	12
4 Treibhausgas-Emissionen in den Sektoren	13
4.1 Energiewirtschaft	13
4.1.1 Methodische Hinweise	13
4.1.2 Ausführliche Betrachtung der Emissionsentwicklung im Energiesektor	14
4.2 Industrie	16
4.2.1 Methodische Hinweise	17
4.2.2 Ausführliche Betrachtung der Emissionsentwicklung im Industriesektor	17
4.3 Gebäude	17
4.3.1 Methodische Hinweise	18
4.3.2 Ausführliche Betrachtung der Emissionsentwicklung im Gebäudesektor	18
4.4 Verkehr	19
4.4.1 Methodische Hinweise	19
4.4.2 Ausführliche Betrachtung der Emissionsentwicklungen im Verkehrssektor	19
4.5 Landwirtschaft	21
4.5.1 Methodische Hinweise	22
4.5.2 Ausführliche Betrachtung der Emissionen im Landwirtschaftssektor	22
4.6 Abfall und Abwasser	23
4.6.1 Methodische Hinweise	23
4.6.2 Ausführliche Betrachtung des Abfall- und Abwassersektors	24
4.7 Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forst (LULUCF)	25
4.7.1 Methodische Hinweise	25
4.7.2 Ausführliche Betrachtung der Emissionen im LULUCF-Sektor	25
5 Weitere Betrachtungen	27
5.1 Folgekosten der Emissionen	27
5.2 CO ₂ -Ausstoß pro Kopf	28
5.3 Klimaneutrales Energieaufkommen und Energieexportanteil	29
Literatur	30
Anhang	33
Anhang 1: Stilllegungspfad Braunkohlekraftwerke Deutschland [12]	33
Anhang 2: THG Emissionen nach dem Common Reporting Format (CRF) in Mt CO ₂ -Äq	34

Abkürzungsverzeichnis

AfS BB	Amt für Statistik Berlin-Brandenburg
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
CCS	Carbon Capture and Storage
CCU	Carbon Capture and Utilization
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO ₂ -Äq	Kohlenstoffdioxid-Äquivalent
CRF	Common Reporting Format
GWP	Global Warming Potential (Treibhausgaspotential)
IKW	Industriekraftwerke
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LEAG	Lausitz Energie Kraftwerke AG
LfU	Landesamt für Umwelt Brandenburg
LULUCF	Land use, Land use change and forestry
Mt	Megatonne
MW	Megawatt
N ₂ O	Lachgas
RWI	Regionaler Wohlfahrtsindex
t	Tonne
UBA	Umweltbundesamt

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Verteilung der THG-Emissionen in Brandenburg im Jahr 2023 in Millionen Tonnen CO ₂ -Äq	7
Abbildung 2:	Entwicklung der Treibhausgasemissionen nach Gasen.	10
Abbildung 3:	Entwicklung der THG-Emissionen nach den Sektoren des Bundes-Klimaschutzgesetzes und Ziele laut Klimaplan	12
Abbildung 4:	Entwicklung der THG-Emissionen im Energiesektor seit 1990 und Ziele laut Klimaplan	13
Abbildung 5:	CO ₂ -Emissionen aus der Braunkohleverstromung [11]	15
Abbildung 6:	Verteilung der diffusen Emissionen aus Brennstoffen nach Emissionsquellen in Millionen Tonnen CO ₂ -Äq.	16
Abbildung 7:	Entwicklung der THG-Emissionen im Industriesektor seit 1990 und Ziele laut Klimaplan. Aufgrund fehlender Datengrundlagen wurden die Emissionen bis 2010 zusammengefasst.	16
Abbildung 8:	Entwicklung der THG-Emissionen im Gebäudesektor seit 1990 und Ziele laut Klimaplan. Die größten Minderungserfolge gelangen Anfang der 1990er Jahre	18
Abbildung 9:	Emissionen des Energieverbrauchs des Gebäudesektors nach Energieträgern im Jahr 2021 in Millionen Tonnen CO ₂ -Äq.	19
Abbildung 10:	Entwicklung der THG-Emissionen im Verkehrssektor seit 1990 und die Ziele laut Klimaplan	20
Abbildung 11:	Verbraucherbilanz des Schienenverkehrs. Die strombedingten Emissionen werden im Sektor Energiewirtschaft bilanziert und sind hier nur zur Veranschaulichung dargestellt	21
Abbildung 12:	Entwicklung der THG-Emissionen im Landwirtschaftssektor seit 1990 und die Ziele laut Klimaplan	22
Abbildung 13:	THG-Emissionen im Landwirtschaftssektor im Jahr 2023 nach Bilanzkategorien des Bundes Klimaschutzgesetzes	23
Abbildung 14:	Entwicklung der THG-Emissionen im Abfall- und Abwassersektor seit 1990 und die Ziele laut Klimaplan.	24
Abbildung 15:	Entwicklung der THG-Emissionen im LULUCF-Sektor seit 1990 und Ziele laut Klimaplan	25
Abbildung 16:	Gesellschaftliche Folgekosten der Treibhausgasemissionen im Land Brandenburg [41].	27
Abbildung 17:	Energiebedingte CO ₂ -Emissionen für Brandenburg und Deutschland	28
Abbildung 18:	Der klimaneutrale Anteil am Energieaufkommen mit Endenergieverbrauch (in Brandenburg) und Export.	29

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht der Sektoren nach dem Bundes-Klimaschutzgesetz mit den Hauptkategorien des Common Reporting Format (CRF)	9
Tabelle 2:	Verteilung der Treibhausgasemissionen im Land Brandenburg 1990–2023 in Megatonnen CO ₂ -Äquivalenten (nach Bundes-Klimaschutzgesetz).	11
Tabelle 3:	Kohleausstiegsplan Brandenburg [12]	15

Kurzfassung

Die Landesregierung bekennt sich zum Ziel der Klimaneutralität bis 2045, was sie mit dem Kabinettsbeschluss zum Klimaplan Brandenburg am 5. März 2024 bekräftigt hat. Mit dieser klimapolitischen Gesamtstrategie wurden erstmals Treibhausgas-Minderungsziele für die Jahre 2030, 2040 und 2045 beschlossen. Diese Minderungsziele setzen sich aus den Zielen der sieben Sektoren zusammen, die auch im Bundes Klimaschutzgesetz Anwendung finden.

Die vorliegende Klimagasinventur des Landes Brandenburg stellt die Treibhausgasentwicklung in den einzelnen Sektoren dar. Im Mittelpunkt stehen dabei die drei wichtigsten Treibhausgase Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Distickstoffoxid (N₂O), auch unter der Bezeichnung Lachgas bekannt. Der Schwerpunkt der Darstellung liegt auf den energiebedingten CO₂-Emissionen, die die Gesamtheit der Treibhausgase dominieren und aus diesem Grund in der Energie- und Klimaschutzstrategie der Landesregierung unter besonderer Beobachtung stehen. Betrachtungszeitraum sind die Jahre von 1990 bis 2023.

Die Berechnungen für 2023 ergeben insgesamt rund 51,5 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente. Dies ist ein Rückgang gegenüber dem Vorjahr um gut 4 Prozent. Damit ist ein historischer Tiefstand erreicht, der sogar die Emissionen im Corona-Jahr 2020 noch deutlich unterschreitet. Die Hauptgründe für diesen Rückgang sind vor allem eine rückläufige Braunkohleverstromung sowie die schwache konjunkturelle Entwicklung. Die weiterhin hohen Energiekosten in Reaktion auf den Krieg in der Ukraine wirken verbrauchs- und produktionsmindernd. Die **Energiewirtschaft** als größter Verursacher von Treibhausgasemissionen hat ihren Ausstoß um gut 3 Prozent reduziert. Sie hatte im Jahr 2023 Emissionen in Höhe von 28,4 Mt CO₂-Äq und ist damit für 55 Prozent aller Emissionen im Land verantwortlich. Entscheidend für die Minderung war ein leichter Rückgang der Kohleverstromung. Die Emissionen der **Industrie** verzeichneten im Jahr 2023, getrieben von der schwachen Konjunktur, ein Minus von insgesamt 6 Prozent und liegen damit bei 7,4 Mt CO₂-Äq. Vor allem die Stahl- und Zementindustrie tragen dazu bei, weil sie einen Großteil der Emissionen im Industriesektor verantworten. Bei ihnen führen die Produktionsrückgänge, die durch die Baukrise zusätzlich verschärft wurden, zu hohen CO₂-Einsparungen. Auch der **Gebäudesektor** verzeichnet einen Rückgang der CO₂-Emissionen um 7,5 Prozent auf 3,5 Mt CO₂-Äq. Dies ist, wie im Vorjahr, auf Einsparungen von Heizenergie in den privaten Haushalten sowie bei Gewerbe, Handel und Dienstleistungen zurückzuführen.

Im **Verkehrssektor** sind die Emissionen erneut gestiegen (+0,9 Prozent) und liegen im aktuellen Berichtszeitraum bei 6,6 Mt CO₂-Äq. Bei leicht gesunkenen Emissionen im Straßen- und Schienenverkehr ist dies ausschließlich auf den deutlichen Anstieg bei den Flugreisen zurückzuführen. In der **Landwirtschaft** gingen vor allem die Methanemissionen aufgrund weiterhin rückläufiger Rinderbestände zurück und sorgten für Einsparungen von 3,6 Prozent. Es verblieben 2,5 Mt CO₂-Äq. In der **Abfall- und Abwasserwirtschaft** gehen die Emissionen um 5 Prozent auf

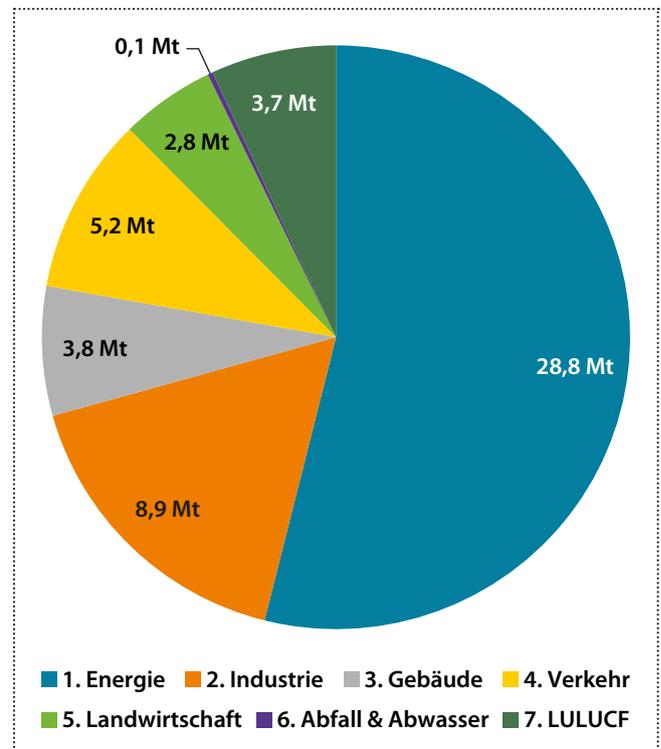


Abbildung 1: Verteilung der THG-Emissionen in Brandenburg im Jahr 2023 in Millionen Tonnen CO₂-Äq

0,1 Mt CO₂-Äq zurück und haben damit weiterhin den kleinsten Anteil an der Treibhausgasbilanz des Landes. Die Emissionen aus Landnutzungen, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (**LULUCF**) gingen mit einem Minus von 8,3 Prozent ebenfalls zurück und liegen damit bei 2,9 Mt CO₂-Äq.

Die Treibhausgas-Emissionen sind seit 1990 um 56,5 Prozent gesunken. Die Reduktion von Kohlendioxid-, Methan- und Lachgas-Emissionen betragen respektive 46 Prozent, 94 Prozent und 27 Prozent. Besonders stark sanken die Emissionen Anfang der 1990er Jahre, stagnierten dann aber weitestgehend bis 2018. Erst in den Jahren 2019 und 2020 sind bedeutende Minderungen zu erkennen, was durch den schrittweisen Kohleausstieg sowie die Corona-Pandemie zu erklären ist. Im Jahr 2021 zeigt sich die wirtschaftliche Erholung nach dem ersten Pandemiejahr in einem Emissionsanstieg. Die erneute Reduktion der Emissionen im Jahr 2022 ist insbesondere von dem Krieg in der Ukraine und die damit einhergehende Verteuerung von Energie getrieben. Im aktuellen Berichtsjahr 2023 gingen die Emissionen dann vor allem aufgrund der gesamtwirtschaftlichen Rezession weiter zurück.

Die energiebedingten Pro-Kopf-Emissionen liegen in Brandenburg aufgrund des hohen Braunkohleanteils im Energiemix mit 16 Tonnen pro Einwohner etwa doppelt so hoch wie im Bundesdurchschnitt. Davon entfallen circa 3,6 Tonnen pro Einwohner allein auf den Strom, der für den Export erzeugt wurde.

1 Einleitung

Der sechste Sachstandsbericht des **Weltklimarats IPCC** zeigt auf, dass es einer sofortigen Trendwende auf globaler Ebene bedarf um das 1,5°C-Ziel zu erreichen. Nur mit sofortigen Maßnahmen weltweit und in allen Sektoren ist es noch möglich irreversible Veränderungen des Klimasystems zu vermeiden. Schäden für die Ökosysteme, die biologische Vielfalt sowie die Gesundheit und das Wohlergehen heutiger und künftiger Generationen wären die Folge, wenn eine sofortige und tiefgreifende Reduktion der Treibhausgasemissionen ausbliebe [1].

Mit dem Europäischen Grünen Deal hat sich die EU das Ziel gesetzt bis 2050 klimaneutral zu werden und bis 2030 mindestens 55 Prozent der Emissionen zu reduzieren.

Auf **Bundesebene** soll Klimaneutralität bereits 2045 erreicht sein. Im Klimaschutzgesetz sind auch Zwischenziele formuliert, die bis 2030 eine Minderung der Treibhausgase um 65 Prozent gegenüber 1990 und bis 2040 um mindestens 88 Prozent vorsehen [2]. Laut Umweltbundesamt sanken die Treibhausgasemissionen in Deutschland im Jahr 2023 um 46,1 Prozent im Vergleich zum

Basisjahr 1990 und um 10,1 Prozent im Vergleich zum Vorjahr. Bemerkenswert ist auch die starke Minderung im Energiesektor um 20,1 Prozent, die sich vor allem auf einen starken Rückgang der Kohleverstromung sowie den Zubau erneuerbarer Energieträger zurückführen lässt. Auch die Industrie verzeichnet eine deutliche Minderung der Treibhausgasemissionen, die sich aber weniger in einer wirksamen Klimapolitik als in der schwachen wirtschaftlichen Entwicklung begründet ist [3].

Das **Land Brandenburg** hat sich das Ziel gesetzt, bis 2030 die Treibhausgasemissionen bereits um 72 Prozent gegenüber 1990 zu senken¹. Bis 2040 sollen 95 Prozent und bis 2045 die Klimaneutralität erreicht sein (Restemission 0,8 Mt). Festgeschrieben sind diese Ziele im Klimaplan Brandenburg [4], der im März 2024 von der Landesregierung verabschiedet wurde. Im Klimaplan sind neben den Gesamtminderungszielen auch Sektorziele für die sieben Sektoren des Bundesklimaschutzgesetzes definiert. Die vorliegende Klimagasinventur greift diese Zielstellungen auf. Ein Monitoringbericht zum Klimaplan Brandenburg wird separat erstellt.

¹ Aufgrund rückwirkender Änderungen der Emissionsbilanz weichen die prozentualen Minderungsraten leicht von den Werten im Klimaplan ab.

2 Methodik

Die vorliegende Betrachtung der Treibhausgase Kohlenstoffdioxid, Methan und Lachgas findet über den Zeitraum von 1990 bis 2023 statt. Die Klimagasinventur wird in diesem Jahr erstmals nach der Systematik des Bundes-Klimaschutzgesetzes untergliedert. Dadurch ist sie methodisch auf das Monitoring des Klimaplan Brandenburg abgestimmt. Die bisher verwandte internationale Systematik, das Common Reporting Format (CRF), wird lediglich tabellarisch im Anhang 2 dargestellt.

Bei der vorliegenden Klimagasinventur handelt es sich um eine Quellenbilanz. Das bedeutet, dass nur solche Emissionen bilanziert werden, die auf den Verbrauch von Primärenergieträgern wie Kohle, Gas und Mineralöl zurückzuführen sind. So wird nicht der verbrauchte Strom einzelner Haushalte erfasst, sondern die Emissionen aus der Verbrennung von Braunkohle in Kraftwerken, die den Strom dann den Verbrauchern bereitstellen. Diesem Prinzip folgend, werden auch Emissionen erfasst, die durch Verbräuche außerhalb Brandenburgs bedingt sind, wenn die Quelle der Emission in Brandenburg liegt. Dies ist insbesondere beim Export von Kohlestrom relevant. In manchen Abschnitten des vorliegenden Berichts wird zur besseren Veranschaulichung bestimmter Zusammenhänge von dieser Betrachtungsweise abgewichen. Dann kommt auch die Verursacherbilanz zur Anwendung, bei welcher sich der Blick auf die Endenergieverbräuche richtet. An den entsprechenden Stellen wird dieser Perspektivwechsel deutlich gekennzeichnet. Von Quellen- und Verursacherbilanzen zu unterscheiden sind sogenannte Ökobilanzen (Life-Cycle-Analysis), welche die Emissionen und Umweltauswirkungen entlang des gesamten Lebenszyklus einer Technologie oder eines Produkts betrachten. Diese Methodik kommt in der Klimagasinventur nicht zur Anwendung.

2.1 Datengrundlagen & Systematik

Die zugrundeliegenden Daten für die Inventarerstellung stammen größtenteils vom Landesamt für Umwelt Brandenburg (LfU), vom Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (Afs BB), vom Länderarbeitskreis (LAK) Energiebilanzen und vom Thünen-Institut. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Erstellung einer konsistenten Zeitreihe der Emissionen seit 1990 nicht gänzlich möglich ist, da zum einen die Methoden zur Berechnung immer wieder geändert wurden und zum anderen für einzelne Parameter Datenlücken bestehen. Für die Berechnung der verbrennungsbedingten Emissionen sowie für die Emissionen der Landwirtschaft liegen derzeit amtliche Daten für 1990 bis 2021 vom Afs BB und vom Thünen-Institut vor. Für den LULUCF-Sektor reichen die Daten bis 2022. Aktuellere Daten liegen dem LfU aufgrund der Berichterstattungspflichten einzelner Betriebe vor, anhand derer auch die Emissionen bis in das Jahr 2023 berechnet werden können. Durch die verschiedenen Quellen, Erstellungs- und Bezugszeiten entstehen Abweichungen zum Klimaplan, dessen gutachterlicher Grundlage und den Basisdaten für den Kabinettsbeschluss vom August 2022.

Neben den drei Haupttreibhausgasen Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) werden im nationalen Inventarbericht auch wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW), perfluorierte Fluorkohlenwasserstoffe (PFC) und Schwefelhexafluorid (SF₆) behandelt. Im Gegensatz zu CO₂, CH₄ und N₂O, welche als unerwünschte Nebenprodukte anfallen, werden HFKW, PFC und SF₆ überwiegend gezielt als chemische Erzeugnisse, z. B. als

Schalldämmgas, Feuerlösch- oder Kältemittel produziert. In der vorliegenden Klimagasinventur Brandenburgs wird aufgrund ihres geringen Anteils auf die Bilanzierung dieser Gase verzichtet.

Tabelle 1 zeigt die sieben Sektoren, deren Emissionen in der vorliegenden Klimagasinventur bilanziert werden. Sie setzen sich aus den Kategorien der internationalen Berichterstattungssystematik (Common Reporting Format) zusammen.

Um den Treibhauseffekt verschiedener Gase miteinander vergleichen zu können, wird das sogenannte Treibhausgaspotential (Global Warming Potential) in CO₂-Äquivalenten (CO₂-Äq.) angegeben. Es gibt an, wie stark der Treibhauseffekt eines Gases im Vergleich zu Kohlendioxid, bezogen auf einen Zeithorizont von 100 Jahren, ist. Im Folgenden wird durchgehend, wie im fünften Sachstandbericht des IPCC (2015), ein Treibhausgaspotential von 28 für Methan und von 265 für Lachgas angenommen.

Tabelle 1: Übersicht der Sektoren nach dem Bundes-Klimaschutzgesetz mit den Hauptkategorien des Common Reporting Format (CRF)

1. Energiewirtschaft
CRF 1.A.1 – Energiegewinnung u. Umwandlung
CRF 1.A.3e – Erdgasverdichter
CRF 1.B – Diffuse Emissionen aus Brennstoffen
2. Industrie
CRF 1.A.2 – Verarbeitendes Gewerbe
CRF 2. – Industrieprozesse
3. Gebäude
CRF 1.A.4.a – Gewerbe, Handel, Dienstleistung
CRF 1.A.4.b – Haushalte
4. Verkehr
CRF 1.A.3.a – nationaler Luftverkehr
CRF 1.A.3.b – Straßenverkehr
CRF 1.A.3.c – Schienenverkehr
CRF 1.A.3.d – Küsten- & Binnenschifffahrt
5. Landwirtschaft
CRF 1.A.4.c – Stationäre & mobile Feuerung
CRF 3.A. – Tierhaltung (Verdauung)
CRF 3.D. – Nutzung landwirtschaftlicher Böden
CRF 3.B. & G-J. – Sonst. landwirtschaftliche Praktiken
6. Abfall und Abwasser
CRF 5.A.-B. – Abfalldeponierung & -behandlung
CRF 5.D.-E. – Abwasser- & sonstige Abfallbehandlung
7. LULUCF
CRF 4.A. – Wälder
CRF 4.B. – Ackerland
CRF 4.C. – Grünland
CRF 4.D. – Feuchtgebiete
CRF 4.E. – Siedlungen

3 Entwicklung und aktueller Stand der Gesamtemissionen

Im Jahr 2023 wurden im Land Brandenburg Treibhausgase in Höhe von 51,5 Mt CO₂-Äq emittiert. Das am stärksten vertretene Treibhausgas war dabei mit rund 95 Prozent Kohlendioxid (CO₂), welches zum Großteil aus der Verbrennung fossiler Energieträger resultiert (siehe Abbildung 2). Methanemissionen entstehen in Brandenburg insbesondere bei der Verteilung flüssiger und gasförmiger Brennstoffe, in der Landwirtschaft und bei der Abfallfalldeponierung. Sie haben einen Anteil von 3 Prozent an den Gesamtemissionen. Lachgasemissionen fallen ebenfalls hauptsächlich in der Landwirtschaft und der Abfalldeponierung an und haben mit 2 Prozent den geringsten Anteil der betrachteten Gase an den Gesamtemissionen.

Wie Abbildung 2 und Tabelle 2 zeigen, sind die Treibhausgas-Emissionen seit 1990 um 56,5 Prozent gesunken. Besonders stark gingen die Emissionen Anfang der 1990er Jahre zurück, stagnierten aber in den 2010er Jahren. Die Jahre 2019 und 2020 zeigen wieder einen deutlichen Rückgang der Emissionen, welcher in 2019 durch die schrittweise Stilllegung der Braunkohlekraftwerke und in 2020 durch die Auswirkungen der Covid-19-Pandemie begründet ist. Der Wiederanstieg in 2021 geht vor allem auf die

wirtschaftliche Erholung nach den pandemiebedingten Lock-downs zurück. Im Jahr 2022 sorgt der Lieferstopp von russischem Gas und damit einhergehende Produktionsrückgänge der energieintensiven Industrie für einen erneuten Rückgang der Emissionen. Durch die starke Inflation und die schwache Konjunktur setzt sich dieser Trend auch in 2023 fort. Die Reduktion von Kohlendioxid-, Methan- und Lachgas-Emissionen betrug im Vergleich zum Basisjahr 1990 demnach 46 Prozent, 94 Prozent und 27 Prozent.

In Abbildung 3 ist die Entwicklung der Emissionen nach den Sektoren des Bundesklimaschutzgesetzes dargestellt. Auffällig ist die massive Minderung im Abfallsektor (99,4 Prozent), der heute deutlich weniger als 1 Prozent der Gesamtemissionen ausmacht. Dieser Erfolg lässt sich auf eine wirksame Klimaschutzpolitik zurückführen, die die Behandlung und Deponierung von Abfall und Abwasser reguliert. Demgegenüber steht der Verkehrssektor, dessen Emissionen sich seit 1990 nahezu verdoppelt haben. Mit dem Ausstieg aus der Kohleverstromung wird sich in Zukunft der Anteil der energiebedingten CO₂-Emissionen voraussichtlich deutlich reduzieren und die anderen Sektoren werden somit prozentual einen größeren Anteil der Gesamtemissionen darstellen.

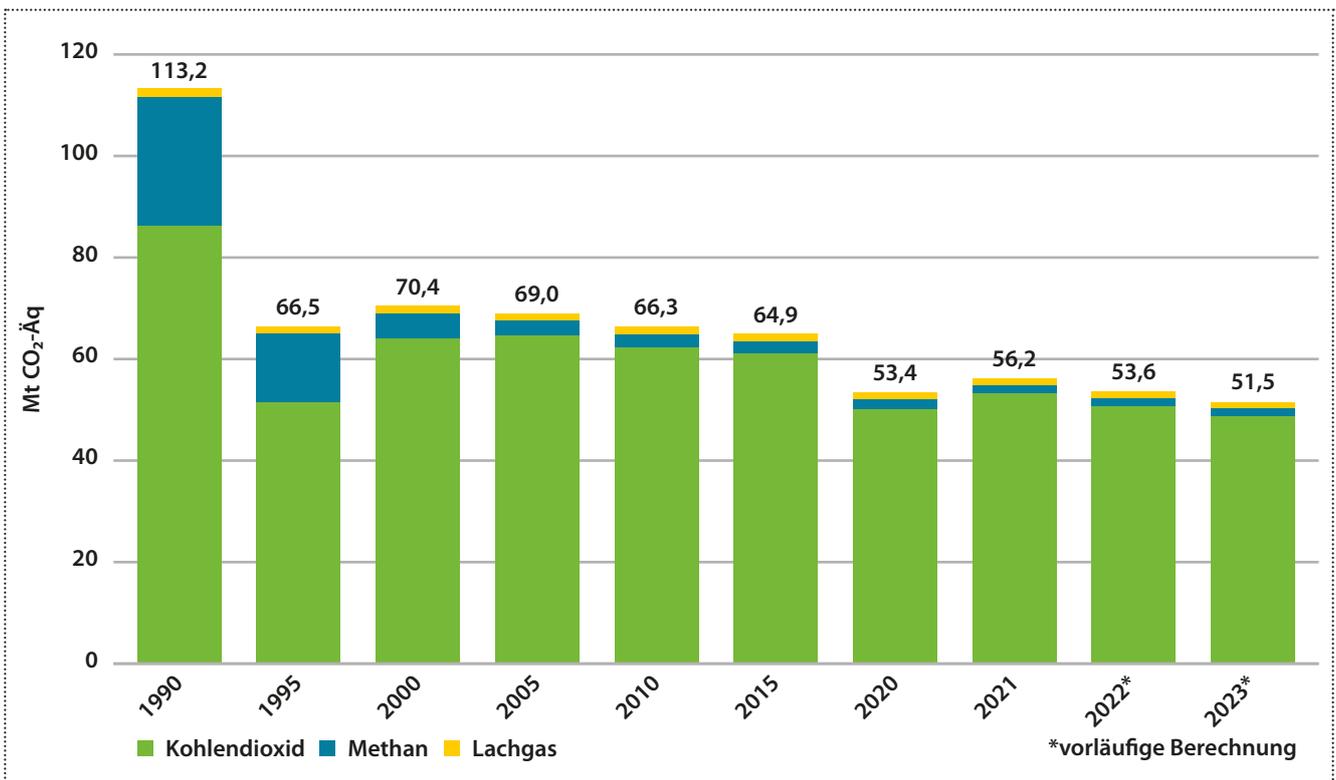


Abbildung 2: Entwicklung der Treibhausgasemissionen nach Gasen

Tabelle 2: Verteilung der Treibhausgasemissionen im Land Brandenburg 1990–2023 in Megatonnen CO₂-Äquivalenten (nach Bundes-Klimaschutzgesetz)

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Gesamtemissionen	113,2	66,5	70,4	69,0	66,3	64,9	64,6	64,6	65,7	58,1	53,4	56,2	53,6	51,5
1. Energiewirtschaft	55,2	35,8	45,6	47,1	40,6	40,8	40,7	39,7	40,2	34,0	28,8	31,7	29,4	28,4
CRF 1.A.1 – Energiegewinnung u. Umwandlung	54,6	35,0	44,8	46,4	40,1	40,3	40,2	39,2	39,6	33,5	28,4	31,4	29,2	28,3
CRF 1.A.3e – Erdgasverdichter	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,0	0,0
CRF 1.B – Diffuse Emissionen aus Brennstoffen	0,7	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
2. Industrie	12,8	7,2	8,2	6,1	9,0	9,6	9,0	9,8	9,7	9,4	8,9	8,6	7,9	7,4
CRF 1.A.2 – Verarbeitendes Gewerbe					6,6	6,5	6,2	6,8	6,8	6,5	6,1	5,5	5,3	5,0
CRF 2. – Industrieprozesse					2,4	3,1	2,8	3,0	2,8	2,9	2,9	3,1	2,6	2,4
3. Gebäude	11,7	4,9	4,6	4,5	4,5	3,6	3,9	3,8	4,0	3,6	3,8	4,0	3,8	3,5
CRF 1.A.4.a – Gewerbe, Handel, Dienstleistung	3,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1
CRF 1.A.4.b – Haushalte	8,2	3,4	3,2	3,1	3,1	2,5	2,7	2,6	2,8	2,5	2,6	2,8	2,6	2,4
4. Verkehr	3,3	5,9	6,1	5,4	5,5	5,6	6,0	6,2	5,9	6,0	5,2	5,9	6,5	6,6
CRF 1.A.3.a – nationaler Luftverkehr	0,4	0,3	0,5	0,3	0,5	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,9	1,6	1,7
CRF 1.A.3.b – Straßenverkehr	2,7	5,4	5,4	5,0	4,8	5,1	5,3	5,5	5,2	5,3	4,8	4,8	4,8	4,8
CRF 1.A.3.c – Schienenverkehr	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
CRF 1.A.3.d – Küsten- & Binnenschifffahrt	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5. Landwirtschaft	4,8	3,3	3,3	3,1	3,1	3,1	3,1	3,0	2,9	2,8	2,8	2,7	2,6	2,5
CRF 1.A.4.c – Stationäre & mobile Feuerung*	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
CRF 3.A. – Tierhaltung (Verdauung)	1,9	1,5	1,5	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0
CRF 3.D. – Nutzung landwirtschaftlicher Böden	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9
CRF 3.B. & G-J. – Sonst. landwirtschaftliche Praktiken	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
6. Abfall und Abwasser	22,2	10,9	2,5	0,9	0,6	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
CRF 5.A.-B. – Abfalldeponierung & -behandlung	22,1	10,9	2,5	0,9	0,6	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
CRF 5.D.-E. – Abwasser- & sonstige Abfallbehandlung	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7. LULUCF	3,2	-1,6	0,2	1,9	3,0	1,7	1,5	1,8	2,7	2,1	3,7	3,2	3,2	2,9
CRF 4.A. – Wälder	-4,2	-9,2	-7,3	-5,6	-3,7	-4,8	-5,1	-4,9	-4,2	-4,8	-3,3	-3,6	-3,7	-3,9
CRF 4.B. – Ackerland	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9
CRF 4.C. – Grünland	4,4	4,6	4,6	4,5	4,0	4,1	4,2	4,2	4,5	4,5	4,4	4,3	4,4	4,3
CRF 4.D. – Feuchtgebiete	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
CRF 4.E. – Siedlungen	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	-0,1	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0	-0,1

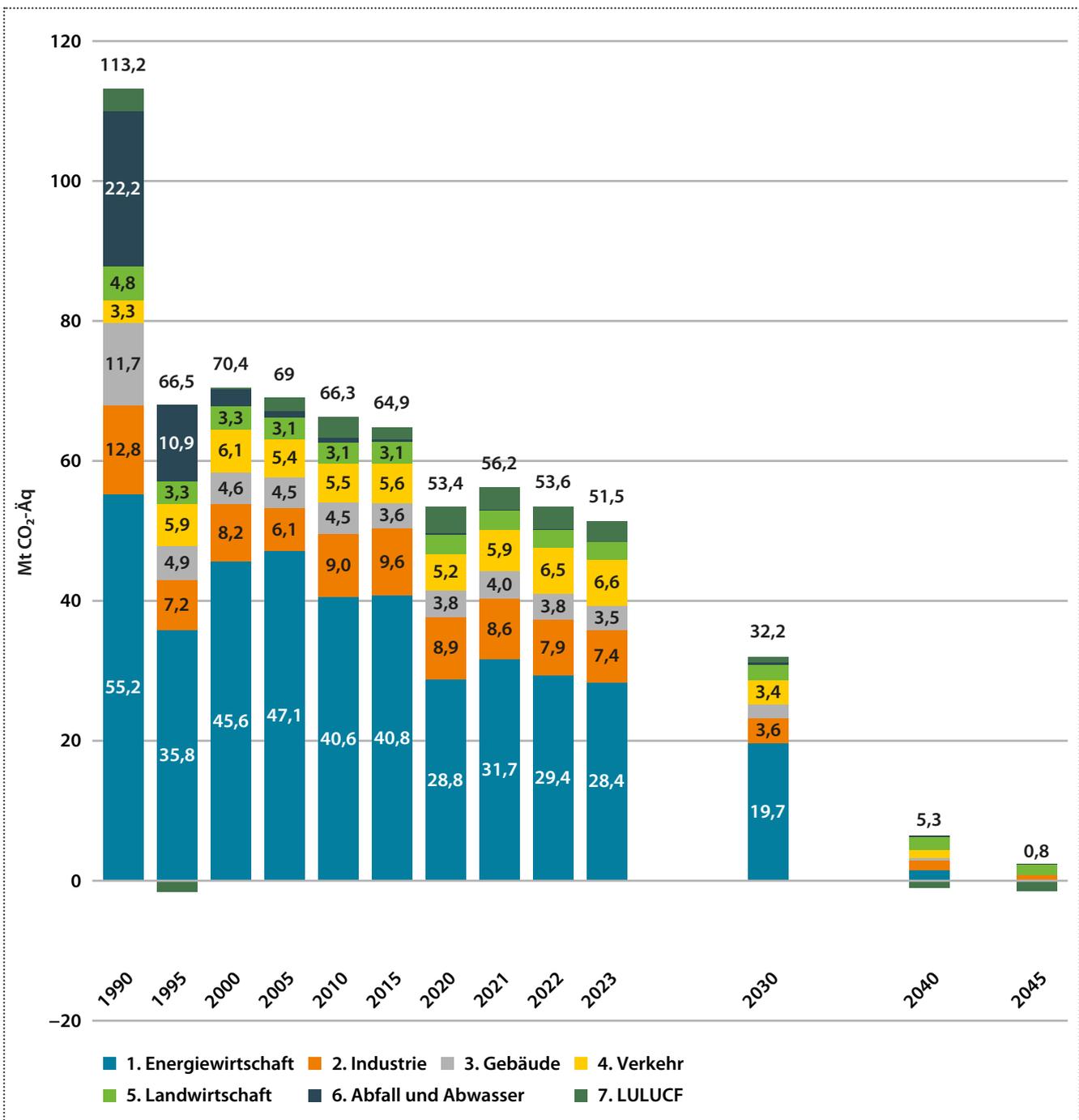


Abbildung 3: Entwicklung der THG-Emissionen nach den Sektoren des Bundes-Klimaschutzgesetzes und Ziele laut Klimaplan

3.1 In Zukunft Verschiebung des Energieverbrauchs zur Energiewirtschaft

Im Rahmen der Sektorenkopplung wird in Zukunft ein Großteil des Energieverbrauchs verschiedener Sektoren zur Energiewirtschaft wechseln. Denn die Verbrennung fossiler Energieträger wird in fast allen Bereichen durch strombasierte Lösungen ersetzt. Noch bevor die Energiewirtschaft diesen Strom CO₂-neutral produziert, wird die Nachfrage z. B. für Elektromobilität oder Wärmepumpen deutlich steigen, weshalb auch die Emissionen dann nicht mehr im Verkehrs- oder Gebäudesektor, sondern bei der Energiewirtschaft anfallen. In welchem Maße dann tatsächlich von einer Emissionsminderung gesprochen werden kann, hängt vom Strommix ab. Kann der wachsende Strombedarf mit erneuerbaren Energieträgern gedeckt werden, sinkt der CO₂-Ausstoß auch

in der Gesamtbilanz. Decken Gas- oder sogar Kohlekraftwerke den höheren Strombedarf, verlagern sich die CO₂-Emissionen anderer Sektoren zur Energiewirtschaft. Dies gilt zumindest für einen Teil der Emissionen, je nach Anteil der Erneuerbaren am Strommix. Diese Emissionsverlagerung gilt auch bei der Nutzung von Wasserstoff und synthetischen Kraftstoffen, die in bestimmten Anwendungsbereichen zum Einsatz kommen werden. Wasserstoff wird z. B. eine Rolle im ÖPNV spielen, wenn die Errichtung von Oberleitungen für einzelne Schienenabschnitte nicht wirtschaftlich oder der batterieelektrische Betrieb von Fahrzeugflotten nicht möglich ist. Synthetische Kraftstoffe, auch eFuels genannt, werden bisher als CO₂-neutrale Alternative im Flugverkehr gehandelt. Für die Herstellung dieser Energieträger ist der Einsatz großer Mengen Strom nötig. Nur wenn dieser aus erneuerbaren Quellen stammt, können auch diese Energieträger als CO₂-neutral gelten. Andernfalls werden auch hier CO₂-Emissionen zu einem gewissen Anteil in den Sektor Energiewirtschaft verschoben.

4 Treibhausgas-Emissionen in den Sektoren

Das Klimaschutzgesetz des Bundes kennt sieben Bilanzsektoren. Dies sind 1. Energiewirtschaft, 2. Industrie, 3. Gebäude, 4. Verkehr, 5. Landwirtschaft, 6. Abfall & Abwasser und 7. Landnutzung, Landnutzungsänderungen & Forstwirtschaft (LULUCF). Die Entwicklungen der Treibhausgase in diesen Sektoren werden nachstehend dargestellt.

4.1 Energiewirtschaft

Den Treibhausgasemissionen der Energiewirtschaft gilt in Brandenburg besondere Aufmerksamkeit. Mit 28,4 Mt CO₂-Äquivalenten haben sie den mit Abstand größten Anteil an der Gesamtbilanz (55 Prozent). Im Vergleich zum Vorjahr ist das ein Minus von 3,4 Prozent, das vor allem auf einen Rückgang bei der Braunkohle-Stromerzeugung zurückgeht. Gegenüber dem Basisjahr 1990 hat sich der CO₂-Ausstoß mit einem Minus von 49 Prozent annähernd halbiert (siehe Abbildung 4). Die Emissionen dieses Sektors entstehen fast ausschließlich während der Energiegewinnung aus fossilen Rohstoffen in Kraftwerken zur öffentlichen Strom- und Wärmeversorgung sowie bei der Energieumwandlung in Raffinerien. Nur ein sehr kleiner Teil (0,4 Prozent) ist auf diffuse (flüchtige) Emissionen zurückzuführen, die beim Abbau und Transport von Kohle, Öl und Gas entstehen.

4.1.1 Methodische Hinweise

In der vorliegenden Klimagasinventur werden bei der Verbrennung von Brennstoffen nur CO₂-Emissionen bilanziert – bei den diffusen Emissionen auch Methan. Brandenburg bilanziert dieses Jahr erstmals nach der Systematik des Bundes-Klimaschutzgesetzes, wodurch der ehemalige Sektor Energie entfällt und durch einen vollständig umstrukturierten Sektor *Energiewirtschaft* ersetzt wird. Dieser umfasst nunmehr ausschließlich Emissionen von Anlagen und Prozessen, die der öffentlichen Energiebereitstellung oder der Erschließung, Aufbereitung und Umwandlung von Energieträgern dienen. Dies sind beispielsweise Kraftwerke, Wärmewerke, Raffinerien, der Braunkohletagebau etc. Emissionen, die in Haushalten und dem Verkehr durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe entstehen (Erdgas, Kraftstoffe) werden mit der neuen Systematik in jeweils eigenen Sektoren betrachtet. Auch Industriekraftwerke (IKW), die zur direkten Stromversorgung industrieller Prozesse betrieben werden, wurden im Zuge der methodischen Änderung dem Sektor Industrie zugeschlagen. Da Emissionsdaten für die IKW isoliert erst ab 2007 vorliegen, sind diese bis einschließlich 2006 noch im Energiesektor unter der Kategorie 1.A.1 enthalten.

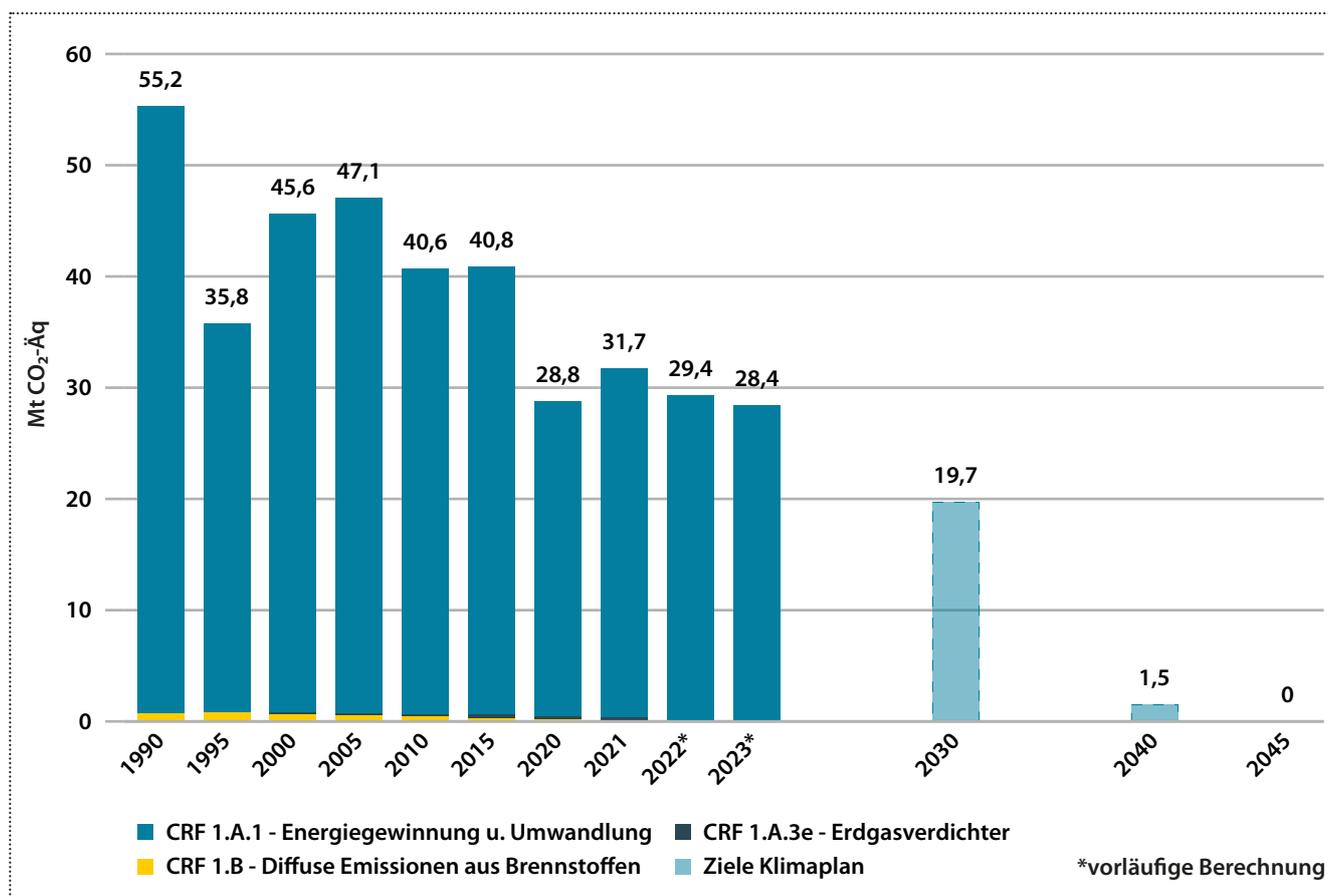


Abbildung 4: Entwicklung der THG-Emissionen im Energiesektor seit 1990 und Ziele laut Klimaplan

Hinweis zur Einordnung der Methanemissionen im Braunkohlebergbau

Derzeit läuft ein Verfahren zur Überarbeitung des Emissionsfaktors für die Methanemissionen im Braunkohlebergbau. Basierend auf einer Studie der Rheinbraun Verkaufsgesellschaft mbH aus dem Jahr 1989 [5] entweichen 0,011 Kilogramm Methan je Tonne Braunkohle. Im nationalen Inventarbericht verweist das Umweltbundesamt auf die Ähnlichkeit der Braunkohle zwischen Deutschland und Polen hinsichtlich Inkohlungsgrad und Methangehalt. Polen nutzt für den nationalen Inventarbericht aber aufgrund fehlender Datengrundlagen seit 2015 den Default-Wert des IPCC. Dieser liegt mit 0,804 Kilogramm Methan je Tonne Braunkohle um das 73-fache über dem aktuellen Wert des deutschen Inventarberichtes. Das Umweltbundesamt (UBA) hat daher eine unabhängige Untersuchung der Methanemissionen im deutschen Braunkohletagebau angestoßen. Der Expertenrat für Klimafragen der Bundesregierung hat die methodische Unsicherheit bei der Überprüfung der deutschen Treibhausgasemissionen des Jahres 2023 bemängelt und begrüßt eine Neubewertung durch das UBA [6].

Die vorliegende Klimagasinventur Brandenburg nutzt den Emissionsfaktor, der bisher im nationalen Inventarbericht Deutschlands Verwendung findet. Wird dieser Wert künftig angepasst, werden auch die Emissionen für Brandenburg unter Nutzung des dann gültigen Emissionsfaktors neu berechnet. Nutzt man zur Berechnung der Emissionen aus dem Brandenburger Braunkohletagebau den Default-Faktor des IPCC, ergeben sich für das Jahr 2023 Emissionen in Höhe von 513.273 Tonnen CO₂-Äq. In der aktuellen Bilanz machen die Methanemissionen des Braunkohlebergbaus lediglich 7.022 Tonnen CO₂-Äq aus. In der Gesamtbilanz entspricht diese Änderung weniger als 1 Prozent der Emissionen. Bei den diffusen Emissionen aus Brennstoffen im Sektor Energiewirtschaft verschieben sich die Anteile der verschiedenen Brennstoffe durch diese Änderung aber deutlich. Die Braunkohle hätte statt bisher 6 Prozent durch die Neuberechnung einen Anteil von 81 Prozent.

4.1.2 Ausführliche Betrachtung der Emissionsentwicklung im Energiesektor

Eine starke Reduktion um 17 Prozent der CO₂-Emissionen hat bereits in den 90er Jahren stattgefunden, was hauptsächlich auf den industriellen Zusammenbruch und die Schließung mehrerer Kohlekraftwerke nach dem Ende der DDR zurückzuführen ist. In den darauffolgenden Jahren gab es bis 2019 keine signifikanten Emissionsveränderungen. Erst die Teilabschaltung des Kraftwerks Jänschwalde brachte dann wieder deutliche Rückgänge, sodass sich für die Dekade zwischen 2010 und 2020 eine Minderung um weitere 28 Prozent ergab. Seitdem variiert der Ausstoß in Abhängigkeit von den wirtschaftlichen Einschränkungen aufgrund der Corona Pandemie, der Energiekrise und schwacher konjunktureller Entwicklung. Nimmt das Ausbautempo bei der Photovoltaik und der Windkraftnutzung weiter zu, sind weitere deutliche und langanhaltende Minderungseffekte bis 2030 zu erwarten. Sie werden vor allem in den Jahren der schrittweisen Abschaltung im Braunkohlekraftwerk Jänschwalde zu Buche schlagen. Dieses Kraftwerk allein hatte im Jahr 2020 einen Ausstoß von etwa 13,1 Mt. Geht es vom Netz, ist die nötige Minderungsmenge von 11,8 Mt CO₂-Äq bis 2030 bereits überschritten.

Damit diese Einsparungen aber nicht von anderen fossilen Kraftwerken teilweise zunichtegemacht werden, muss der Anteil **erneuerbarer Energieträger** im Stromnetz steigen. Denn sie

müssen nicht nur die stillgelegten Kapazitäten des Kraftwerks Jänschwalde ausgleichen, sondern auch den Mehrbedarf an Strom decken, der sich aufgrund der vielen Transformationsprozesse ergibt. Dazu zählt die grüne Wasserstoffproduktion für die Dekarbonisierung der Stahlindustrie sowie zur Beimischung in das Erdgasnetz oder als klimaneutralen Treibstoff für bestimmte Bereiche des ÖPNV. Für die gleiche Energieausbeute wird bei elektrolysebasiertem, grünem Wasserstoff etwa das Vierfache an Strom benötigt, wie bei der direkten Nutzung von elektrischer Energie [7]. Auch die Wärmewende im Gebäudesektor und die Antriebswende im Verkehrssektor werden via Sektorenkopplung die Stromnachfrage deutlich in die Höhe treiben [8, p. 45]. Die Minderungsziele des Klimaplan sind nur machbar, wenn der Ausbau der Erneuerbaren diesen erhöhten Strombedarf decken kann.

4.1.2.1 Energiegewinnung und Umwandlung (CRF 1.A.1)

Diese Bilanzkategorie umfasst die öffentliche Elektrizitäts- und Wärmeversorgung, Mineralö Raffinerien, sowie die Herstellung von festen Brennstoffen, wozu in Brandenburg auch der Energiebedarf des Braunkohletagebaus zählt. Die Treibhausgasemissionen werden mit mindestens 77 Prozent von der Braunkohle dominiert². Die CO₂-Emissionen aus ihrer Verbrennung betragen im Jahr 2023 voraussichtlich 23,1 Mt und damit 4 Prozent weniger als im Vorjahr. Verursacht wurden sie hauptsächlich von den beiden Großkraftwerken Schwarze Pumpe und Jänschwalde, die einen Großteil ihrer Kohle aus den Tagebauen in der Lausitz beziehen. Im Zuge des Kohleausstiegs wurde im Oktober 2018 und 2019 jeweils ein Block des Kraftwerks Jänschwalde in die Sicherheitsbereitschaft überführt. Wie Abbildung 5 deutlich zeigt, sind die Emissionen der beiden Kraftwerke daraufhin bis 2020 um über 11 Mt gesunken. Im Jahr 2021 stiegen die Emissionen aus der Braunkohleverstromung um 13 Prozent im Vergleich zum Vorjahr. Dies kann vor allem mit der wirtschaftlichen Erholung nach den Pandemie-Maßnahmen begründet werden. In diesem Jahr stieg auch die Braunkohleförderung in der Brandenburger Lausitz um 9 Prozent an [9]. Im Oktober 2022 wurden die beiden Kraftwerksblöcke (E und F) in Jänschwalde zurück ans Netz gebracht um befürchteten Engpässen bei der Stromerzeugung aufgrund der Gasmangellage vorzubeugen [10].

Dennoch sank die Nutzung der Kohlekraft erneut. Die Rückholung aus der Reserve war also, im Nachgang betrachtet, nicht notwendig. Zum April 2024 wurden die Blöcke E und F dann endgültig abgeschaltet. Mit dem Kohleausstiegsgesetz (2020) wurde auf Bundesebene u. a. der Braunkohleausstiegspfad festgelegt (siehe Tabelle 3 und Anhang 1). Demnach werden die verbliebenen vier Blöcke in Jänschwalde sukzessive 2025, 2027, und 2028 abgeschaltet. Die beiden Blöcke des Kraftwerks Schwarze Pumpe, welches erst 1998 in Betrieb genommen wurde, sollen spätestens Ende 2038 stillgelegt werden. Damit gehen dann weitere 1.600 MW Bruttoleistung vom Netz wodurch etwa die Hälfte der nach 2030 noch verbleibenden Minderungsziele aus dem Klimaplan erreicht werden.

Nach der Braunkohle sind in Brandenburg die Verbrennung von Mineralöl (11 Prozent), Gas (9 Prozent) und die Verbrennung von Abfällen (4 Prozent) die wichtigsten Quellen für Treibhausgasemissionen bei der Energiegewinnung und Umwandlung.

Die **Energiegewinnung aus Mineralöl** geht zu großen Teilen auf die anteilige Mitverbrennung von Heizöl in Heizkraftwerken zurück.

Deutlich diverser ist die Landschaft der **Gaskraftwerke** in Brandenburg. Die Gasturbinenkraftwerke Thyrow (189 MW) und Ahrens-

² Der Braunkohleanteil liegt vermutl. etwas höher. Denn für die Berechnung mussten aus methodischen Gründen auch die Emissionen der Industriekraftwerke berücksichtigt werden, die fast ausschließlich mit Gas und Mineralöl betrieben werden und nicht zur Kategorie 1.A.1 gehören.

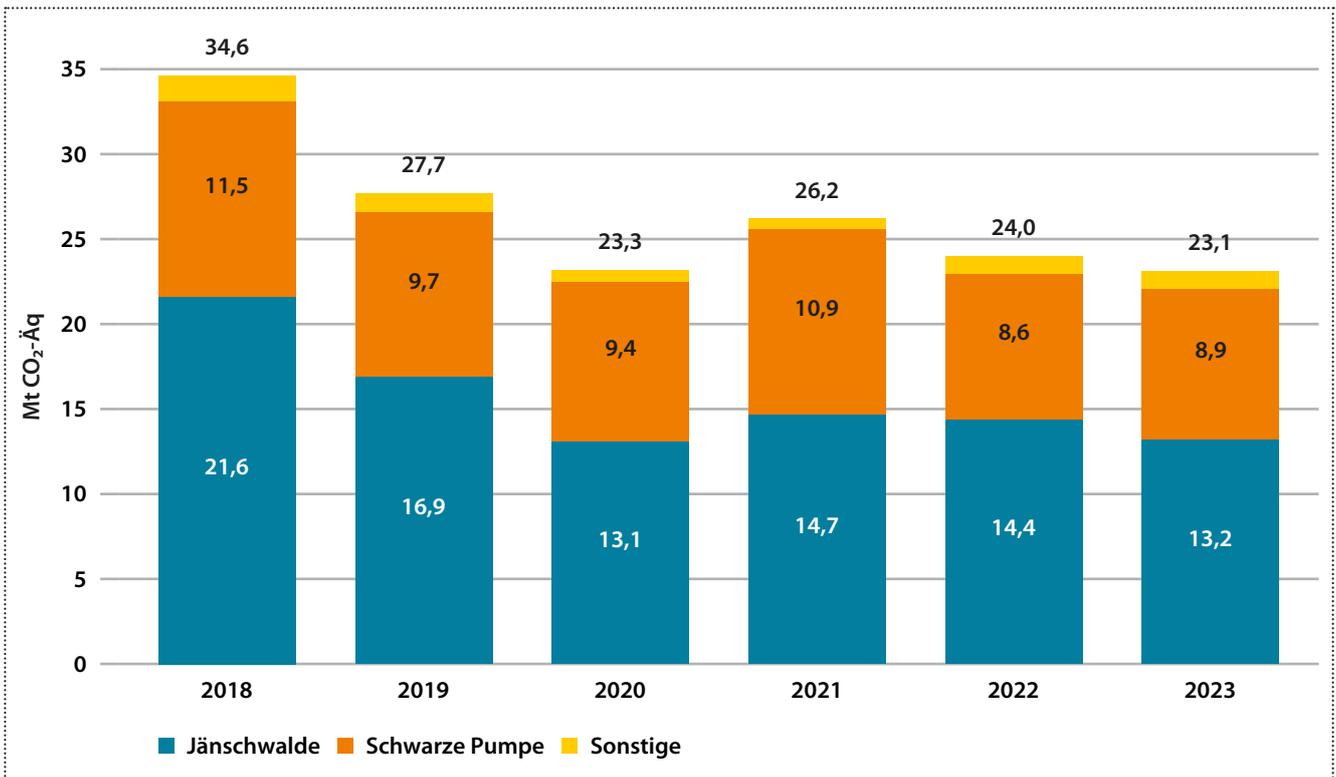


Abbildung 5: CO₂-Emissionen aus der Braunkohleverstromung [11]

Tabelle 3: Kohleausstiegsplan Brandenburg [12]

Block	Revier	Inbetriebnahmejahr	Blockklasse (MW)	Stilllegungsdatum (Sicherheitsbereitschaft)	Emissionseinsparung pro Jahr
bis 2030					
Jänschwalde A	Lausitz	1981	500	31.12.2025 (SB)	4 Mt CO ₂ -Äq
Jänschwalde B	Lausitz	1982	500	31.12.2027 (SB)	4 Mt CO ₂ -Äq
Jänschwalde C	Lausitz	1984	500	31.12.2028	4 Mt CO ₂ -Äq
Jänschwalde D	Lausitz	1985	500	31.12.2028	4 Mt CO ₂ -Äq
nach 2030					
Schwarze Pumpe A	Lausitz	1998	800*	31.12.2038	6 Mt CO ₂ -Äq
Schwarze Pumpe B	Lausitz	1998	800*	31.12.2038	6 Mt CO ₂ -Äq

* abweichend zur Angabe BMWi

felde (153 MW) befinden sich derzeit in der Kapazitätsreserve zur Netzstabilisierung. Sie können angefahren werden, wenn z. B. aufgrund der witterungsbedingten Schwankungen von Wind- und Sonnenenergie zu wenig Strom im Netz ist. Unter den aktiven Kraftwerken zählen das Bahnkraftwerk Kirchmöser (Uniper) (184 MW), die Anlagen der Stadtwerke Cottbus (103 MW), sowie die Heizkraftwerke Potsdam (84 MW) und Frankfurt/Oder (53 MW) zu den größten. **Die Verbrennung von Abfall** verteilt sich mit sehr unterschiedlichen Kapazitäten auf viele Standorte, an denen Abfall oft neben anderen Energieträgern mitverbrannt wird.

4.1.2.2 Diffuse Emissionen aus Brennstoffen (CRF 1.B)

Neben den verbrennungsbedingten Emissionen entweichen schon während der Extraktion, der Aufbereitung und der Verteilung von fossilen Energieträgern Bestandteile als diffuse Emissionen. Sie machten im Jahr 2023 mit 0,13 Mt deutlich unter 1 Prozent der gesamten THG-Emissionen des Sektors aus. Vordergründig handelt es sich um Methan-Emissionen. Kohlenstoffdioxid-Emissionen nehmen einen kleineren Anteil ein. In der

vorliegenden Bilanz werden diffuse Emissionen aus den bergbaulichen Tätigkeiten des Braunkohletagebaus und der Förderung, Verarbeitung, dem Transport und der Verteilung von Erdgas und Erdöl erfasst. Hinzu kommen Emissionen, die in Zusammenhang mit Leckagen und dem Abfackeln und Entlüften von Druckbehältern z. B. bei der Rohölverarbeitung entstehen. Der deutliche Rückgang der Emissionen von 0,66 Mt CO₂-Äq in 1990 zu 0,13 Mt CO₂-Äq in 2023 ist vor allem auf die Erneuerung des Gasnetzes zurückzuführen.

Wie Abbildung 6 zeigt, stehen allein 60 Prozent der Emissionen in Zusammenhang mit der Bereitstellung von Gas, u. A. für den Verbrauch in privaten Haushalten. Bei der Förderung, dem Transport und der Verarbeitung von Öl entstehen 34 Prozent, beim Braunkohletagebau 6 Prozent der diffusen Emissionen. Derzeit wird auf Bundesebene der Emissionsfaktor für Methan beim Abbau von Braunkohle diskutiert. Wie in Abschnitt 4.1.1 beschrieben, könnte es künftig zu einer deutlichen Erhöhung des Emissionsfaktors um das 73-fache kommen. Damit würde der Braunkohletagebau den Löwenanteil an den diffusen THG-Emissionen der Energiewirtschaft

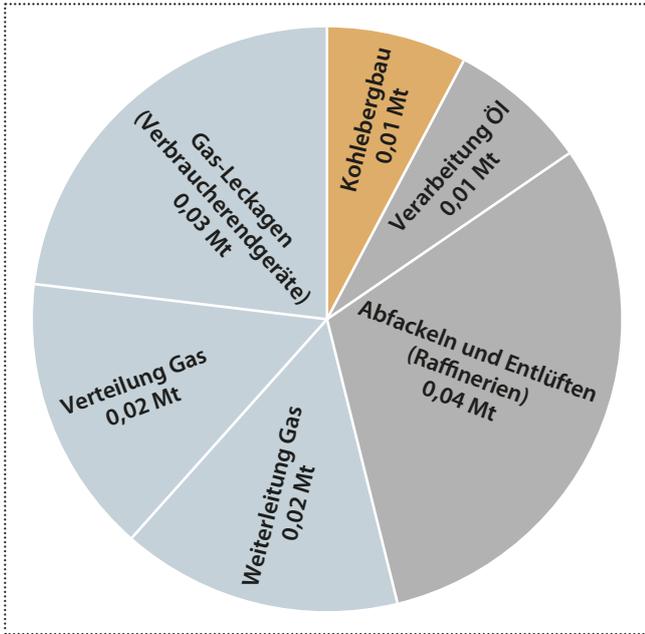


Abbildung 6: Verteilung der diffusen Emissionen aus Brennstoffen nach Emissionsquellen in Millionen Tonnen CO₂-Äq

tragen und das Gas diesbezüglich ablösen. Die Gesamtemissionen dieser Bilanzkategorie würden von derzeit 0,13 Mt auf etwa 0,51 Mt deutlich ansteigen. Bezogen auf den gesamten Sektor blieben die diffusen Emissionen aber unter 2 Prozent.

4.1.2.3 Verbrennungsbedingte Emissionen aus dem Pipelinetransport (CRF 1.A.3.e)

Um Erdgas im Fernleitungsnetz über lange Strecken transportieren zu können, muss der Leitungsdruck an sogenannten Verdichterstationen in regelmäßigen Abständen erhöht werden. Dabei kommen Gasturbinen zum Einsatz, die durch die Verbrennung von Gas CO₂-Emissionen verursachen. Lagen diese bis 2019 noch im Bereich von zeitweise über 0,3 Mt pro Jahr, sind sie mit dem Zusammenbruch der russischen Gaslieferungen zunächst deutlich zurückgegangen bis sie in 2023 auf einen Wert nahe Null abgesunken sind. Die Restemissionen gehen lediglich auf den Wartungs- und Testbetrieb zurück. Da derzeit kein Gas aus Osteuropa mehr geliefert wird, sind alle drei Brandenburger Verdichterstationen (Mallnow, Radeland I und II) nicht mehr in Betrieb.

4.2 Industrie

Der Industriesektor verursachte im Jahr 2023 Treibhausgasemissionen in Höhe von 7,4 Mt CO₂-Äq. Wie Abbildung 7 zeigt, sind die Emissionen gegenüber 2022 um 6,1 Prozent (0,5 Mt) und damit nicht mehr ganz so stark wie im Jahr zuvor gesunken. Deutlich zurück gegangen sind die Industrieprozesse (minus 8,3 Prozent) was vor allem an der energieintensiven Industrie liegt, die aufgrund der allgemeinen konjunkturellen Entwicklung und der anhaltenden Inflation mit geringer Nachfrage zu kämpfen hatte. Der größere Treiber ist aber das verarbeitende Gewerbe, das zwar mit einem Minus von 5 Prozent nicht ganz so stark nachlässt, aber aufgrund seines großen Anteils an den Sektoremissionen

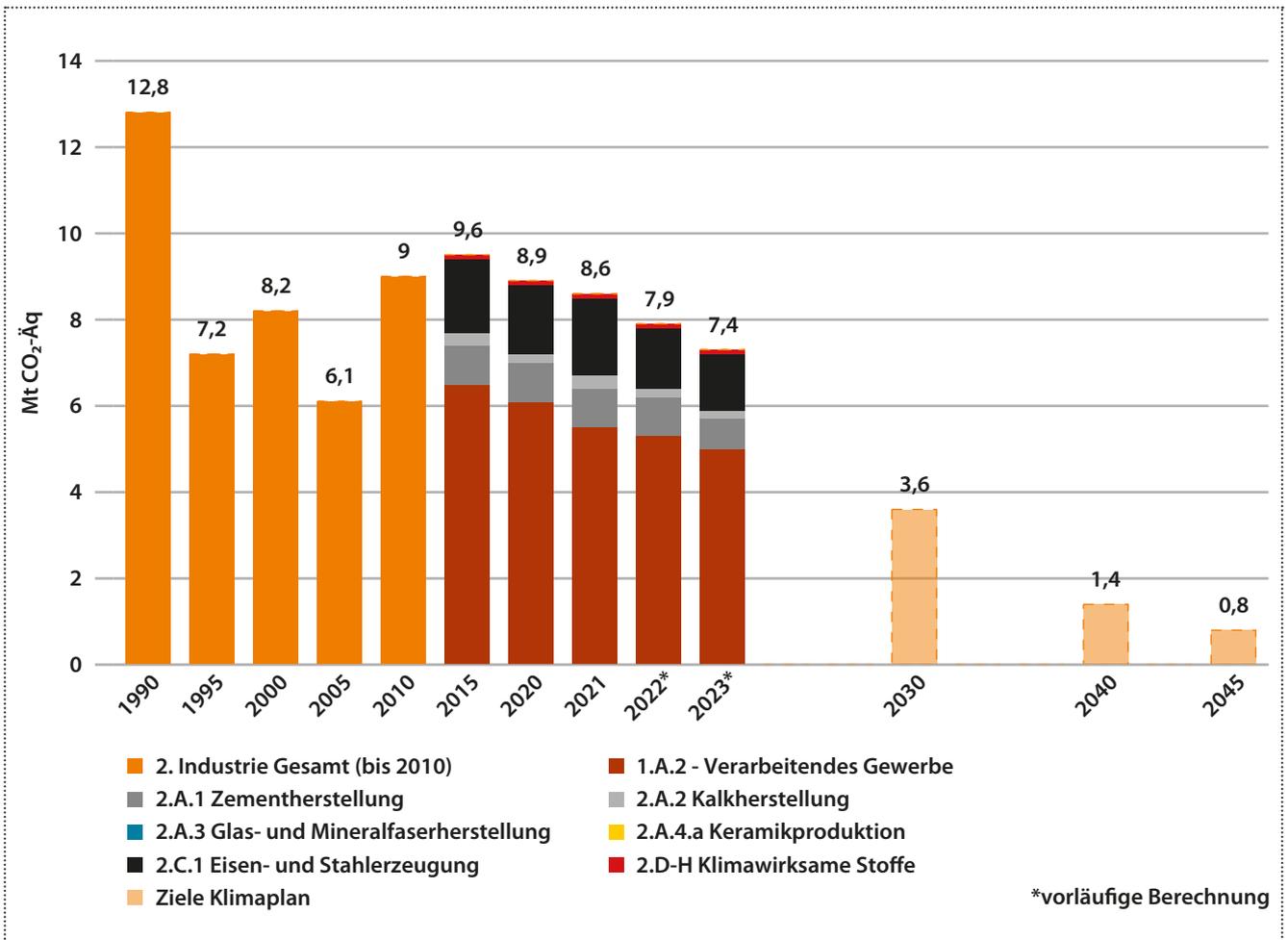


Abbildung 7: Entwicklung der THG-Emissionen im Industriesektor seit 1990 und Ziele laut Klimaplan. Aufgrund fehlender Datengrundlagen wurden die Emissionen bis 2010 zusammengefasst.

(68 Prozent) die Entwicklung bestimmt. Haupttreiber ist hier die schlechte konjunkturelle Entwicklung in Deutschland und Europa.

Der Industriesektor ist in Brandenburg mit über 14 Prozent der zweitgrößte THG-Emittent nach der Energiewirtschaft. Der größte Teil dieser Emissionen geht auf den energiebedingten Einsatz von Brennstoffen im verarbeitenden Gewerbe zurück. Hierunter fallen u. A. Industriekraftwerke (IKW) zur Wärme- und Stromerzeugung. Den kleineren Anteil haben die prozessbedingten Emissionen, die in Brandenburg durch die Stahl- und Zementindustrie geprägt sind.

4.2.1 Methodische Hinweise

Für das verarbeitende Gewerbe liegen getrennt erfasste Emissionsdaten erst ab dem Jahr 2010 vor. Für die prozessbedingten Emissionen gibt es ab dem Jahr 2013 kontinuierliche Datenreihen, die auch eine Untergliederung nach den verschiedenen Industriezweigen zulassen. Diese Daten stammen aus der Berichterstattung zum deutschen Emissionshandel [13]. In Abbildung 7 werden die Emissionen des Sektors daher bis 2010 aggregiert dargestellt. Im vorliegenden Bericht werden die Emissionen der Industriekraftwerke nicht länger bei der Energiewirtschaft, sondern im Industriesektor geführt. Dies entspricht der Systematik der nationalen Berichterstattung und konnte aufgrund verbesserter Datengrundlagen dieses Jahr zum ersten Mal entsprechend bilanziert werden.

4.2.2 Ausführliche Betrachtung der Emissionsentwicklung im Industriesektor

Die größte Emissionsminderung erreichte der Sektor mit dem Zusammenbruch der Brandenburger Industrie nach dem Zerfall der DDR. Seitdem folgte die Emissionsentwicklung keinem klaren Trend. Im Jahr 2007 gab es einen zwischenzeitlichen Höchstwert von 9,8 Mt, der nach einigen Schwankungen zehn Jahre später noch leicht übertroffen wurde. Seitdem gehen die Emissionen kontinuierlich zurück.

4.2.2.1 Verarbeitendes Gewerbe (CRF 1.A.2)

Das verarbeitende Gewerbe ist die Kategorie mit den größten Emissionen im Sektor. Damit spielt sie eine besonders wichtige Rolle für die Minderung des CO₂-Ausstoßes der Industrie. Bilanziert werden hier energiebedingte Emissionen aus Prozessfeuerungen und Industriekraftwerken. Anders als bei den prozessbedingten Emissionen geht der CO₂-Ausstoß also direkt auf die Verbrennung fossiler Energieträger zurück. Hier liegt ein großes Potenzial für die Dekarbonisierung des Sektors. Denn fossile Energieträger lassen sich in vielen Prozessen durch Erneuerbare ersetzen. Dabei spielt grüner Wasserstoff eine wichtige Rolle, der vor allem bei Anlagen Anwendung finden wird, die sich nicht ohne weiteres auf eine direkte Nutzung von Strom zur Erzeugung von Prozesswärme umstellen lassen, wie es beispielsweise bei der konventionellen Stahlherstellung der Fall ist. Wichtige Bausteine sind aber auch Windkraft und Photovoltaik. Denn 37 Prozent der Emissionen des verarbeitenden Gewerbes gehen allein auf die Stromerzeugung in Industriekraftwerken (IKW) zurück. Hier kann Strom aus Sonne und Wind für eine deutliche Reduktion sorgen. Die IKW stellen aber mit der Verbrennung fossiler Energieträger auch große Mengen Wärme bereit. Die Umstellung solcher Anlagen auf erneuerbare Energieträger bedarf daher langfristiger Investitionsplanungen um sowohl den Wärme- als auch den Strombedarf decken zu können. Die drei größten IKW gehören zum Stahlwerk Arcelor Mittal in Eisenhüttenstatt, zur PCK-Raffinerie in Schwedt und zum Chemiekonzern BASF in Schwarzheide. Zusammen sind sie für mehr als 60 Prozent der strombedingten CO₂-Emissionen

der Brandenburger Industriekraftwerke verantwortlich. Deutlich schwieriger als die energiebedingten Emissionen, lassen sich prozessbedingte Emissionen (CRF 2) vermeiden.

4.2.2.2 Industrieprozesse (CRF 2)

Prozessbedingte CO₂-Emissionen werden bei chemischen Reaktionen bestimmter Produktionsprozesse direkt aus den verarbeiteten Materialien freigesetzt. Dies geschieht in großen Mengen beispielsweise bei der Zementherstellung. Als Rohmaterial kommt hier Kalkstein zum Einsatz, der auch Kohlenstoff enthält. Dieser wird beim Brennen zu Zementklinker als CO₂ freigesetzt. Auch in der Stahlindustrie ist der Anteil der prozessbedingten Emissionen sehr hoch. Durch die Zugabe von kohlenstoffhaltigen Reduktionsmitteln (meist Koks) wird Roheisen erzeugt. Dabei verbindet sich der im Eisenerz gebundene Sauerstoff mit dem Kohlenstoff zu CO₂ und wird in die Atmosphäre abgegeben. Ein Teil der Brandenburger Stahlindustrie arbeitet heute bereits mit strombasierten Lichtbogenöfen. Dabei können zwar durch die Nutzung regenerativer Energieträger große Mengen der energiebedingten CO₂-Emissionen eingespart werden (siehe Abschnitt 4.2.2.1), die prozessbedingten Emissionen sind aber auch hier ein schwer zu lösendes Problem. Wie dennoch eine Dekarbonisierung in diesem Bereich gelingen kann ist Inhalt aktueller Forschung. Umstellungen der Produktionsverfahren und Effizienzsteigerungen können zu deutlichen CO₂-Einsparungen führen. Null-Emissionen sind nach derzeitigem Stand der Forschung aber nur durch CO₂-Abscheidung möglich. Dabei wird sowohl die Weiterverwendung (CCU) beispielsweise in Baustoffen diskutiert, als auch das Einlagern des abgeschiedenen CO₂ (CCS) beispielsweise in alten Gaslagerstätten.

Bedeutsam für die Emissionen aus Industrieprozessen sind in Brandenburg neben Stahl und Zement auch die Kalkherstellung (9 Prozent), sowie die Glas- und Karamikproduktion (zusammen 2 Prozent).

Hinzu kommen die klimawirksamen Stoffe, welche die Stoffgruppen H-FKW, FKW, Blends, Tetrachlorkohlenwasserstoff, H-FCKW und FCKW beinhalten und hauptsächlich in Kältemitteln und Treibmitteln enthalten sind.

4.3 Gebäude

Der Gebäudesektor hatte im Jahr 2023 THG-Emissionen in Höhe von 3,5 Mt CO₂-Äq, was einer Minderung um 7,5 Prozent gegenüber dem Vorjahr entspricht (siehe Abbildung 8). Vor allem hohe Gaspreise, aber auch ein besonders milder Winter sind für diesen kurzfristigen Trend verantwortlich [14] [15]. Seit 1990 sind die Emissionen im Sektor um 70 Prozent zurückgegangen. Für diese langfristige Entwicklung sind vor allem der Wechsel auf emissionsärmere Energieträger, strengere Vorgaben zur Wärmedämmung von Neubauten und die energetische Sanierung im Gebäudebestand verantwortlich.

An den Gesamtemissionen des Landes hatte der Gebäudesektor im zurückliegenden Jahr einen Anteil von 7 Prozent. Die Erreichung der Treibhausneutralität des Sektors bis 2045 ist aufgrund der Heterogenität und Vielzahl betroffener Gebäude und Anlagen mit besonderen Hindernissen verbunden. Dies zeigte im vergangenen Jahr u. a. die gesellschaftliche Debatte um das Gebäudeenergiegesetz. Zum Gebäudesektor zählen die THG-Emissionen aus der Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser in privaten Haushalten einerseits und dem Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen andererseits. Gasheizungen machen knapp die Hälfte aller Feuerungsanlagen aus, gefolgt von Anlagen für feste Brennstoffe (z. B. Kaminöfen) und Ölheizungen [16].

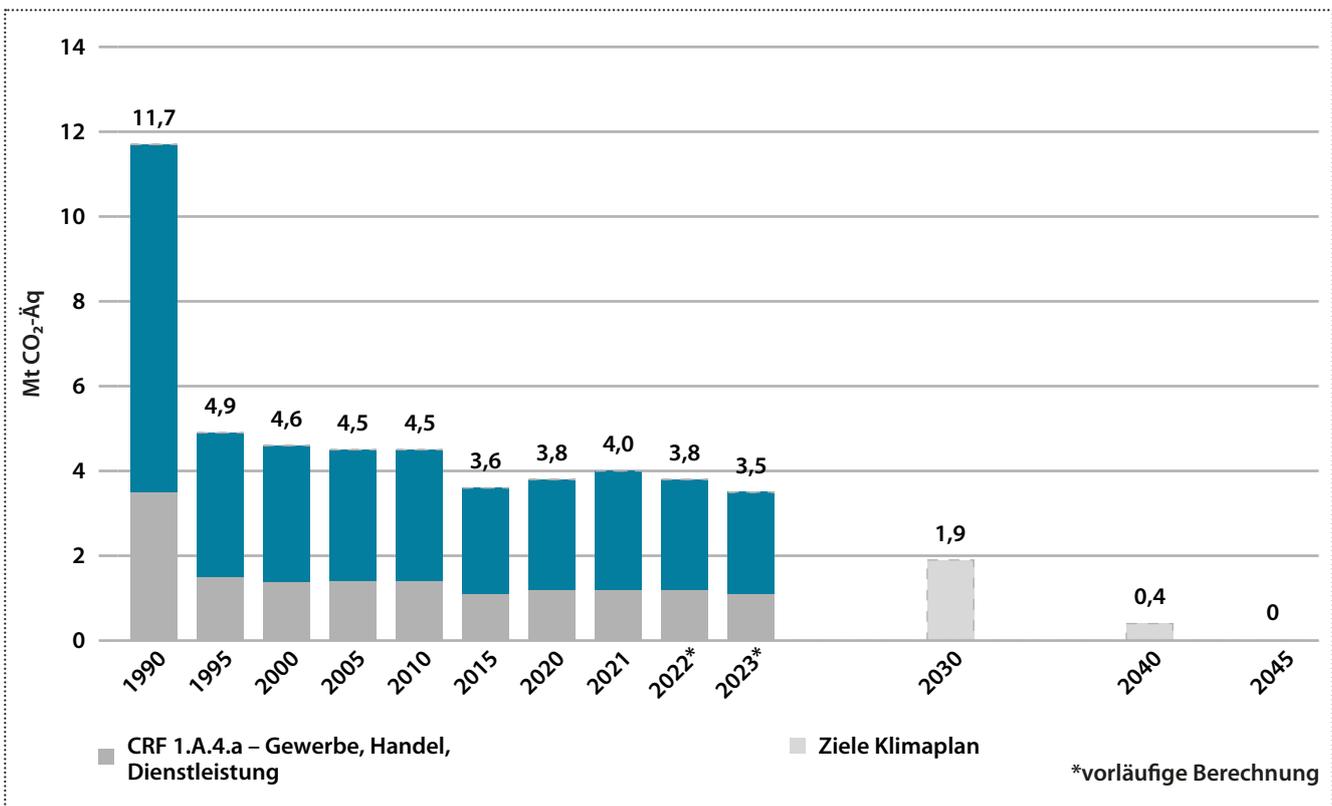


Abbildung 8: Entwicklung der THG-Emissionen im Gebäudesektor seit 1990 und Ziele laut Klimaplan. Die größten Minderungserfolge gelangen Anfang der 1990er Jahre

4.3.1 Methodische Hinweise

Zur Bilanzierung der Treibhausgase des Gebäudesektors werden nur stationäre Feuerungsanlagen zur Verbrennung fossiler Energieträger herangezogen. *Stationär* bezieht sich dabei auf den Standort im jeweiligen Gebäude. Demnach gehören Emissionen aus der Erzeugung von Fernwärme zum Sektor Energiewirtschaft. Gleiches gilt für die Emissionen des Stroms, der in Haushalten zur Wärmeerzeugung verbraucht wird und gemäß den Regeln der Quellenbilanz bereits bei der Herstellung in den Kraftwerken bilanziert wird. Der Gebäudesektor beschränkt sich somit auf die Emissionen von Gasheizungen, Gasherden und Ölheizungen. Holzheizungen werden als CO₂-neutral geführt.

In der Klimagasinventur 2023 werden erstmals auch die Methan- und Lachgasemissionen für den Gebäudesektor berichtet. Das LfU geht davon aus, dass das Verhältnis dieser beiden Gase zum CO₂-Ausstoß des Sektors in Brandenburg dem Verhältnis auf Bundesebene gleicht.

Grundlage für die THG-Emissionen des gesamten Gebäudesektors sind die Energie- und CO₂-Bilanzen des Amtes für Statistik Berlin Brandenburg. Dort werden private Haushalte und der Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) nicht getrennt ausgewiesen. Zur gezielten Analyse dieser beiden Emissionsgruppen erfolgt im vorliegenden Bericht eine Trennung anhand eines bundesweiten Verteilungsschlüssels [16].

4.3.2 Ausführliche Betrachtung der Emissionsentwicklung im Gebäudesektor

Die größten Einsparungen sind im Gebäudesektor unmittelbar nach dem Zusammenbruch der DDR gelungen. Damals haben sich die Emissionen innerhalb von zwei Jahren mehr als halbiert. Haupttreiber war ein massiver Rückgang der Kohlenutzung [17]. Eine wichtige Rolle spielten dabei die privaten Haushalte, von denen binnen kürzester Zeit viele auf Gasheizungen oder Fern-

wärme umgestellt wurden. Auch der Neubau von Blockheizkraftwerken führte zu Effizienzsteigerungen, sodass die Emissionen bis 1994 weiter sanken.

Danach ging die Emissionsminderung deutlich schleppender voran, sodass in den dann folgenden 30 Jahren nur eine Reduktion um weitere 24 Prozent erreicht wurde. Diese langfristige, leicht abnehmende Emissionsentwicklung wird von deutlichen jährlichen Schwankungen überlagert, die aufgrund unterschiedlicher Witterung während der Heizperioden entstehen. Da die Erzeugung von Raumwärme in privaten Haushalten mehr als zwei Drittel des Energiebedarfs ausmacht [18], sorgen kalte Winter für einen deutlich höheren Energieverbrauch. Seit der Energiekrise beeinflussen aber auch die Preisschwankungen von Öl und Gas den Verbrauch und übertreffen dabei sogar die witterungsbedingten Änderungen. So gingen 2023 bei hohen Preisen und milder Witterung die Absätze bundesweit um 5,3 Prozent bei Heizöl und um 5,5 Prozent bei Gas für private Haushalte zurück [19] [20]. Derart starke Einbrüche wurden auch in extrem milden Wintern bisher nicht erreicht, wie der Gasverbrauch in 2020 zeigt. Er lag rund 14 Prozent über dem Wert von 2023, während die Wintertemperaturen damals um 1,3 Grad Celsius höher waren [21] [22]. Der Gasverbrauch in der Industrie hingegen blieb 2023 mit einem Rückgang um nur 1,9 Prozent etwas stabiler, was auch daran liegt, dass die Großhandelspreise sich bereits deutlich früher im Jahr wieder normalisiert hatten [14].

Die Energiewende führt nach und nach zu Veränderungen der Energieflüsse im Gebäudesektor. Durch den Umstieg auf stromgetriebene Wärmepumpen verlagert sich der Energiebedarf allmählich von den fossilen Energieträgern Gas und Öl auf Strom. Dieser wird weiterhin zu großen Teilen in fossilen Kraftwerken hergestellt, die CO₂ ausstoßen. Diese Emissionen werden aber nicht dem Gebäudesektor, sondern der Energiewirtschaft zugeordnet. Mit steigender Zahl an Wärmepumpen, gehen also die CO₂-Emissionen des Gebäudesektors rechnerisch stärker zurück als es tatsächlich der Fall ist. Das gleiche Prinzip gilt für die Umstellung auf Fernwärme.

Abbildung 9 zeigt die Anteile der Energieträger an den CO₂-Emissionen im Gebäudesektor. Während Heizöl nur 35 Prozent des Energiebedarfs deckt, ist es für 42 Prozent des CO₂-Ausstoßes verantwortlich. Denn bei der Verbrennung von Öl wird aufgrund seiner chemischen Struktur mehr CO₂ pro Energieeinheit freigesetzt. Der Anteil von Heizöl an der Gebäudeenergieversorgung hat seit 2021 um 6 Prozent zugenommen, was an der Vertriebsstruktur liegen kann. Gas wird meist über Erdgasleitungen, dem aktuellen Bedarf entsprechend, bezogen. Heizöl hingegen wird für längere Zeiträume eingekauft und in Tanks meist über die gesamte Heizperiode gelagert. Dadurch werden Einsparungen erst mit einem deutlichen Zeitversatz sichtbar. Außerdem können Kauftermine flexibler an die Preissituation angepasst werden, wodurch der Preisdruck insgesamt etwas geringer ist. Die jährlichen Absatzschwankungen sind demnach beim Heizöl deutlich geringer [19].

4.3.2.1 Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (CRF 1.A.4.a)

Den stärksten Einfluss auf die jährliche Veränderung der THG-Emissionen von Gewerbegebäuden hat die Witterung. Sie sorgt für starke Schwankungen zwischen den einzelnen Jahren und überlagert so den langfristigen Trend. Die temperaturbereinigte Entwicklung der Emissionen zeigt leicht abwärts was vor allem durch schärfere energetische Standards beim Neubau und die Sanierung des Bestandes erreicht wurde. Im zwanzigsten Jahrhundert hat vor allem der Umstieg von Kohle auf Fernwärme und Gasheizungen zu beträchtlichen Minderungen geführt. Später sorgte die Umrüstung auf effizientere Blockheizkraftwerke und die Umstellung von Öl auf Gas für weitere, wenn auch weniger deutliche Einsparungen [23].

4.3.2.2 Private Haushalte (CRF 1.A.4.b)

Die Entwicklungen im Bereich privater Haushalte sind denen des Gewerbes recht ähnlich. Emissionssteigernd wirkt sich zusätzlich die steigende Wohnfläche pro Person aus [24]. In Brandenburg wird diese alle vier Jahre erfasst. Zum letzten Termin im Jahr 2022 gab es einen Anstieg um knapp 2 Prozent [25], was zu einem höheren Raumwärmebedarf und letztendlich höheren Emissionen führt.

Auch die Bevölkerungsentwicklung hat einen Einfluss auf die Klimagasemissionen privater Haushalte. Brandenburg wächst seit 2013 und verzeichnete insbesondere im Jahr 2022 ein besonders starkes Wachstum (1,5 Prozent). 2023 nahm die Bevölkerung noch um 0,3 Prozent zu. Damit lag Brandenburg in den vergangenen beiden Jahren in etwa auf dem Bundesniveau.

4.4 Verkehr

Im Verkehrssektor haben sich die CO₂-Emissionen mit einem Plus von 0,9 Prozent gegenüber dem Vorjahr kaum verändert. Möglich war das nur aufgrund der rezessionsbedingten Abnahme der LKW-Fahrleistung für den Warentransport [3]. Wie Abbildung 10 zeigt, haben die Emissionen aus dem Flugverkehr hingegen deutlich zugenommen. Der Verkehr hat gegenüber 1990 als einziger Sektor keine Minderung der CO₂-Emissionen geschafft, sondern hat heute mit einer Steigerung um 98 Prozent einen Ausstoß, der fast doppelt so hoch ist wie damals. Die größte Steigerung passierte bereits Anfang der 1990er Jahre. Seitdem konnten keine Minderungen mehr erreicht werden, weil die Effizienzgewinne der Antriebstechnologien durch immer größere PKW und ein steigendes Verkehrsaufkommen auf den Straßen und in der Luft aufgezehrt wurden [26].

An den Gesamtemissionen hat der Verkehrssektor einen Anteil von knapp 13 Prozent und ist damit nach der Energiewirtschaft und der Industrie der drittgrößte Verursacher von Treibhausgas-

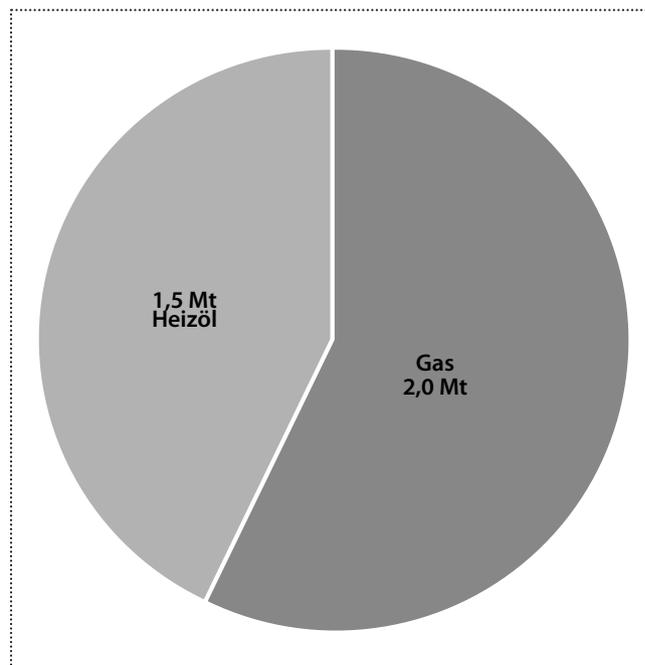


Abbildung 9: Emissionen des Energieverbrauchs des Gebäudesektors nach Energieträgern im Jahr 2021 in Millionen Tonnen CO₂-Äq

emissionen. Bestimmt wird er vom Straßenverkehr, der für mehr als 80 Prozent der Emissionen verantwortlich ist. Danach kommen der Luft-, Schienen- und Schiffsverkehr.

4.4.1 Methodische Hinweise

Der Verkehr gehört zu den Sektoren, deren Emissionen aufgrund der Sektorenkopplung sich künftig zu großen Teilen zur Energiewirtschaft verlagern werden (Siehe Kapitel 3.1). Für die Emissionsentwicklung der Unterkategorien Straßen- und Schienenverkehr wurden nach 2021 ausschließlich bundesweite Daten herangezogen, weil auf Landesebene noch keine Zahlen vorliegen. Wenngleich die Struktur des Brandenburger Verkehrssektors durch eine starke Dominanz des ländlichen Raums vom bundesweiten Verkehrsaufkommen unterscheidet, verlaufen die prozentualen Emissionsänderungen beim Straßenverkehr dennoch parallel zueinander. Daher sind die Berechnungen für 2023 trotz mangelnder aktueller Daten nur mit geringen Unsicherheiten behaftet. Die Emissionsentwicklung des Flugverkehrs unterscheidet sich hingegen deutlich vom Bundestrend. Hier ermöglicht aber die Auswertung der Flugstatistik des BER eine Abschätzung der aktuellen Entwicklungen.

4.4.2 Ausführliche Betrachtung der Emissionsentwicklungen im Verkehrssektor

Die Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor resultieren ausschließlich aus der Verbrennung von Kraftstoffen. Entsprechende Emissionen der Landwirtschaft sind aber ausgenommen und werden im Landwirtschaftssektor bilanziert. Elektrischer Verkehr (sowohl Schienenverkehr als auch Kraftfahrzeuge) wird ebenfalls nicht an dieser Stelle bilanziert, da die Emissionen aus der Stromerzeugung gemäß dem Quellprinzip im Sektor Energiewirtschaft verbucht werden. Dadurch kommt es, ähnlich wie im Gebäudesektor (Wärmewende), mit steigendem Anteil von Elektroautos zu einer immer stärkeren Verlagerung der Verkehrsemissionen hin zur Energiewirtschaft, die den Strom bereitstellt. Gleiches gilt auch, wenn sich der Personen- und Güterverkehr von der Straße auf die Schiene verlagert. Seit 1990 haben sich die Emissionen im Sektor von 3,3 Mt CO₂ auf 6,6 Mt CO₂ verdoppelt (siehe Abbildung 10). Der Anstieg der Emissionen resultiert aus

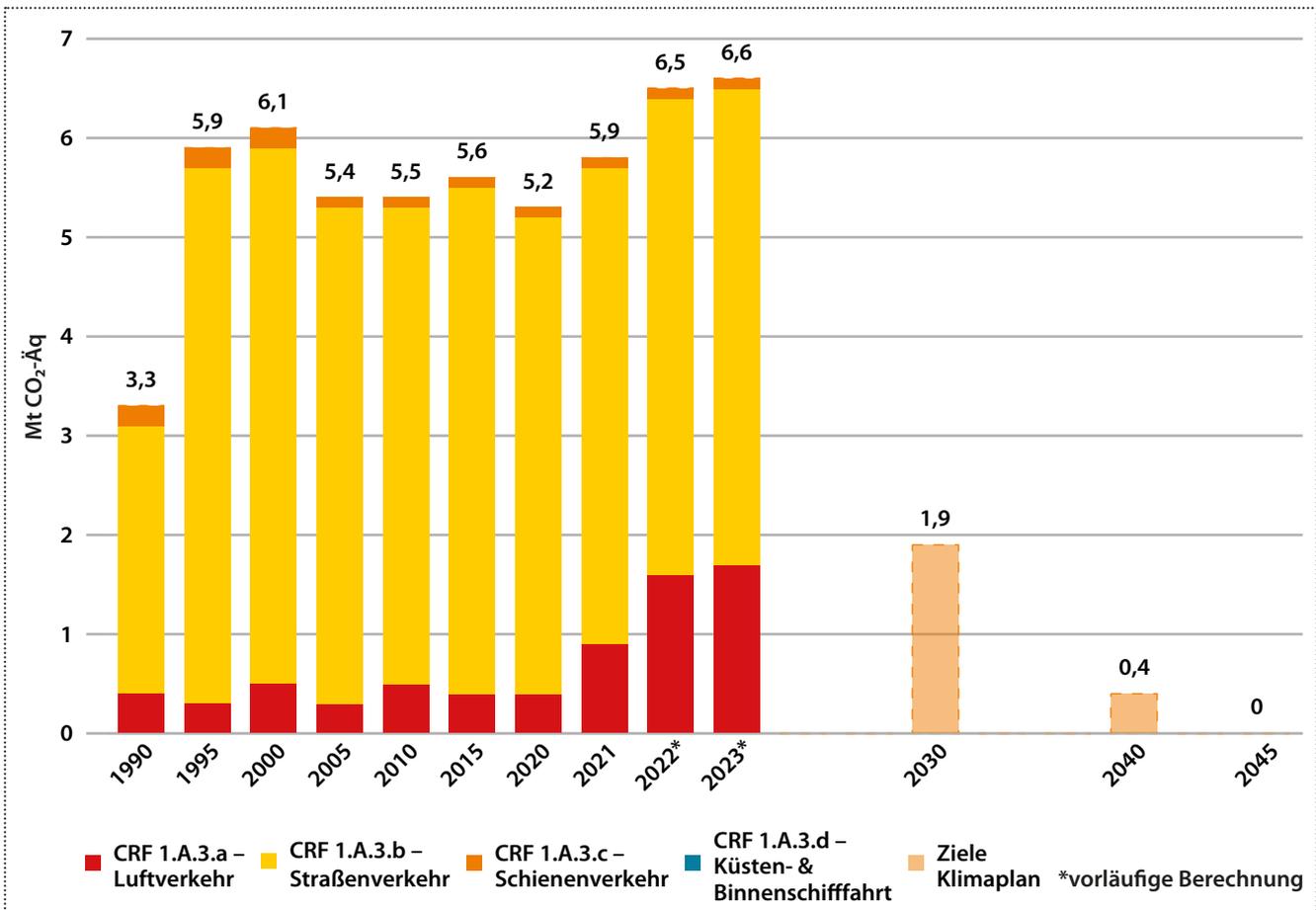


Abbildung 10: Entwicklung der THG-Emissionen im Verkehrssektor seit 1990 und die Ziele laut Klimaplan

der steigenden Anzahl zugelassener Kraftfahrzeuge und der gestiegenen Fahrleistung. Aufgrund der Corona-Pandemie kam es im Jahr 2020 zu einem starken Rückgang um 12 Prozent gegenüber dem Vorjahr. Hier wirkten sich unterbrochene Lieferketten, eine krisenbedingt schwache Wirtschaft und die Ausgangsbeschränkungen im Rahmen der Lock-Downs direkt auf die Fahrleistung im Liefer- und Personenverkehr aus. Im Jahr 2021 stiegen die Emissionen dann fast in gleichem Umfang wieder an und liegen heute über dem Vor-Pandemie-Niveau von 2019.

4.4.2.1 Nationaler Luftverkehr (CRF 1.A.3.a)

Besonders bemerkenswert ist der Anstieg der Treibhausgasemissionen im Luftverkehr. Sie haben im Jahr 2023 um 7,7 Prozent auf einen Rekordwert von 1,8 Mt CO₂ zugelegt. Damit machen sie rund 26 Prozent der Gesamtemissionen des Sektors aus. Im Vergleich zum Jahr 2020 gab es bei den Flugzeugbewegungen einen Anstieg um rund 295 Prozent. Ein Grund dafür: Die Eröffnung des Flughafen Berlin-Brandenburg (BER) am 31. Oktober 2020 führte zusammen mit der Schließung des Flughafen Tegel zu einer Verlagerung des Berliner Flugverkehrs nach Brandenburg. Auch die Erholung der Tourismusbranche nach der Corona-Pandemie hatte einen starken Einfluss auf die enormen Emissionssteigerungen seit 2020. Das Tempo der Zunahme hat sich aber, verglichen mit den Jahren direkt nach der Pandemie, deutlich verlangsamt. Künftig ist mit weiteren Steigerungen der Emissionen im Flugverkehr zu rechnen, weil am BER noch immer nicht das Flugaufkommen erreicht wird, das Berlin und Brandenburg vor der Schließung Tegels gemeinsam hatten.

4.4.2.2 Straßenverkehr (CRF 1.A.3.b)

Der Straßenverkehr trägt mit 72 Prozent (4,8 Mt CO₂) den größten Anteil an den Gesamtemissionen des Verkehrssektors. Mit der Corona-Pandemie ging das Verkehrsaufkommen um 10 Prozent zurück und ist seitdem in etwa auf diesem Niveau verblieben. Im Jahr 2023 sind die Emissionen gegenüber dem Vorjahr Bundesweit noch einmal leicht um 1,2 Prozent zurückgegangen. PKW und LKW emittieren heute zwar etwas weniger Treibhausgase als noch 1995, um die Minderungsziele des Klimaplan zu erreichen muss das Tempo aber deutlich erhöht werden. Wichtige Schritte dabei sind vor allem der Umstieg auf Elektroantriebe (Antriebswende). Inzwischen sind 6 Prozent der zugelassenen Fahrzeuge in Brandenburg E-Autos³. Seit 2017 ist der Bestand an Elektro-Kraftfahrzeugen in Brandenburg von 1.279 auf 31.529 gestiegen [27]. Für eine vollständige Klimaneutralität des Straßenverkehrs bis 2045 müsste das Tempo der Neuzulassungen von KFZ mit elektrischen Antrieben deutlich zulegen. Im Jahr 2023 gingen die Neuzulassungen für E-Autos gegenüber dem Vorjahr aber leicht zurück [11].

Auch die Reduktion des motorisierten Individualverkehrs durch eine Stärkung des Umweltverbundes, also des ÖPNVs sowie des Fuß- und Radverkehrs kann zu einer deutlichen Minderung der Emissionen beitragen. Der Umweltverbund soll gemäß dem Klimaplan bis 2030 einen Anteil von 60 Prozent aller Verkehrswege ausmachen. Für den aktuellen Stand zur Erreichung der Ziele wird auf das regelmäßige Monitoring der Mobilitätsstrategie 2030 des Landes Brandenburg [28] sowie deren Fortschreibung im Fünf-Jahres-Turnus verwiesen. Der Fahrzeugbestand ist seit 1995 um 34 Prozent gestiegen, während die ermittelte Fahrleistung in diesem Zeitraum um 11 Prozent nach oben ging [11].

³ Inkl. Hybride, die sowohl elektrisch, als auch mit konventionellen Kraftstoffen betrieben werden.

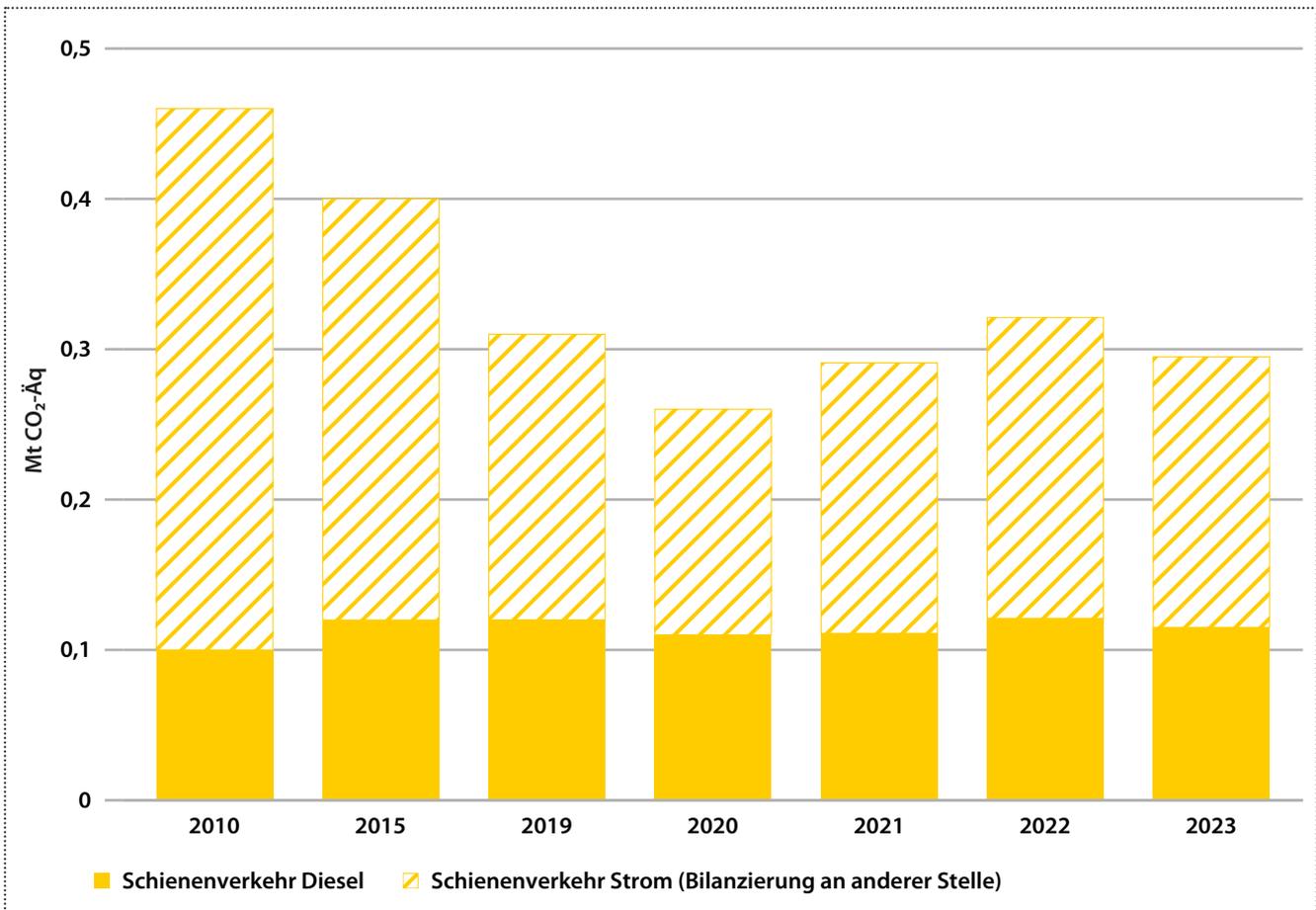


Abbildung 11: Verbraucherbilanz des Schienenverkehrs. Die strombedingten Emissionen werden im Sektor Energiewirtschaft bilanziert und sind hier nur zur Veranschaulichung dargestellt

Mit zunehmendem Anteil elektrischer Antriebe wird ein immer größerer Anteil der CO₂-Emissionen nach der Logik der Quellenbilanz nicht mehr dem Verkehr, sondern der Energiewirtschaft zugeordnet (siehe Kapitel 3.1). Daher gewinnt die Verbraucherbilanz künftig an Bedeutung. Bei ihr werden die Emissionen an der Stelle des Verbrauchs der Energie und nicht bei ihrer Herstellung bilanziert.

4.4.2.3 Schienenverkehr (CRF 1.A.3.c)

Der Schienenverkehr macht mit 0,1 Mt CO₂ nur etwa 2 Prozent der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor aus. Nach dem Prinzip der Quellenbilanz werden auch hier nur solche Emissionen bilanziert, die direkt durch den Betrieb der Züge anfallen. Zu Buche schlägt daher nur die Verbrennung von Dieselmotoren, die auf Strecken eingesetzt wird, die nicht elektrifiziert sind. Möchte man auch die CO₂-Emissionen darstellen, die durch den Verbrauch von Strom anfallen, bietet sich die Betrachtung nach der Verbraucherbilanz an: Abbildung 11 zeigt, dass der Schienenverkehr nach dieser Betrachtung im Jahr 2023 für den Ausstoß von knapp 0,3 Mt CO₂ verantwortlich war. In den beiden Jahren davor sind die Emissionen gestiegen, weil insbesondere der Güterverkehr sich nach der Corona-Pandemie wieder erholt hat. In 2023 gehen die Emissionen nun wieder zurück, weil der Güterverkehr aufgrund der konjunkturellen Flaute erneut einbrach. Der sinkende Anteil des Kohlestroms verstärkt diesen Emissionsrückgang.

Die Bahn ist sowohl im Güter- als auch im Personenverkehr das Verkehrsmittel mit dem geringsten CO₂-Ausstoß und spielt eine wichtige Rolle für die Klimaneutralität im Verkehrssektor. So kann beispielsweise im Schienengüterverkehr schon mit dem heutigen Strommix die gleiche Fracht mit einem Achtel der Emissionen des LKW-Verkehrs transportiert werden [29].

4.4.2.4 Küsten- und Binnenschifffahrt (CRF 1.A.3.d)

Die Emissionen der Binnenschifffahrt stagnieren seit über einem Jahrzehnt auf etwa gleichem Niveau und lagen im Jahr 2023 bei circa 7.000 t CO₂. Damit haben sie einen Anteil von deutlich unter einem Prozent am Verkehrssektor. Dennoch sind auch hier Anstrengungen zur Emissionsreduktion nötig um das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen. Im Bereich der Fahrgastschifffahrt bieten Batterien bereits heute ausreichende Kapazitäten um ganztägig einen Elektromotor zu betreiben. Beim Güterverkehr mit großen Zuladungen, die teilweise gegen die Strömung auf den Wasserstraßen befördert werden muss, sind derzeit Brennstoffzellen die einzige Lösung für einen CO₂-neutralen Betrieb [30].

4.5 Landwirtschaft

Im Landwirtschaftssektor sind die Treibhausgasemissionen im Jahr 2023 mit einem Minus von 3,6 Prozent (0,1 Mt) gegenüber dem Vorjahr erneut gesunken und liegen nun bei 2,5 Mt CO₂-Äq. Haupttreiber dieser Entwicklung sind einerseits eine rückläufige Zahl von Nutztieren, sowie ein vermindertes austreten von Lachgas (N₂O) bei der Nutzung landwirtschaftlicher Böden. Diese beiden Komponenten machen zusammen bereits 78 Prozent der Gesamtemissionen des Sektors aus. Nachdem in den 1990er Jahren Minderungen um mehr als 30 Prozent gelungen sind, setzt sich der Rückgang seit Beginn des 21. Jahrhunderts zwar deutlich langsamer aber kontinuierlich fort (siehe Abbildung 12). Die extremen Einsparungen der 1990er Jahre liegen zu einem guten Teil an der Umstellung vieler Feuerungsanlagen von Kohle auf Gas (Stationäre und mobile Feuerung). Später sind die Minderungen hauptsächlich durch abnehmende Tierbestände gekennzeichnet.

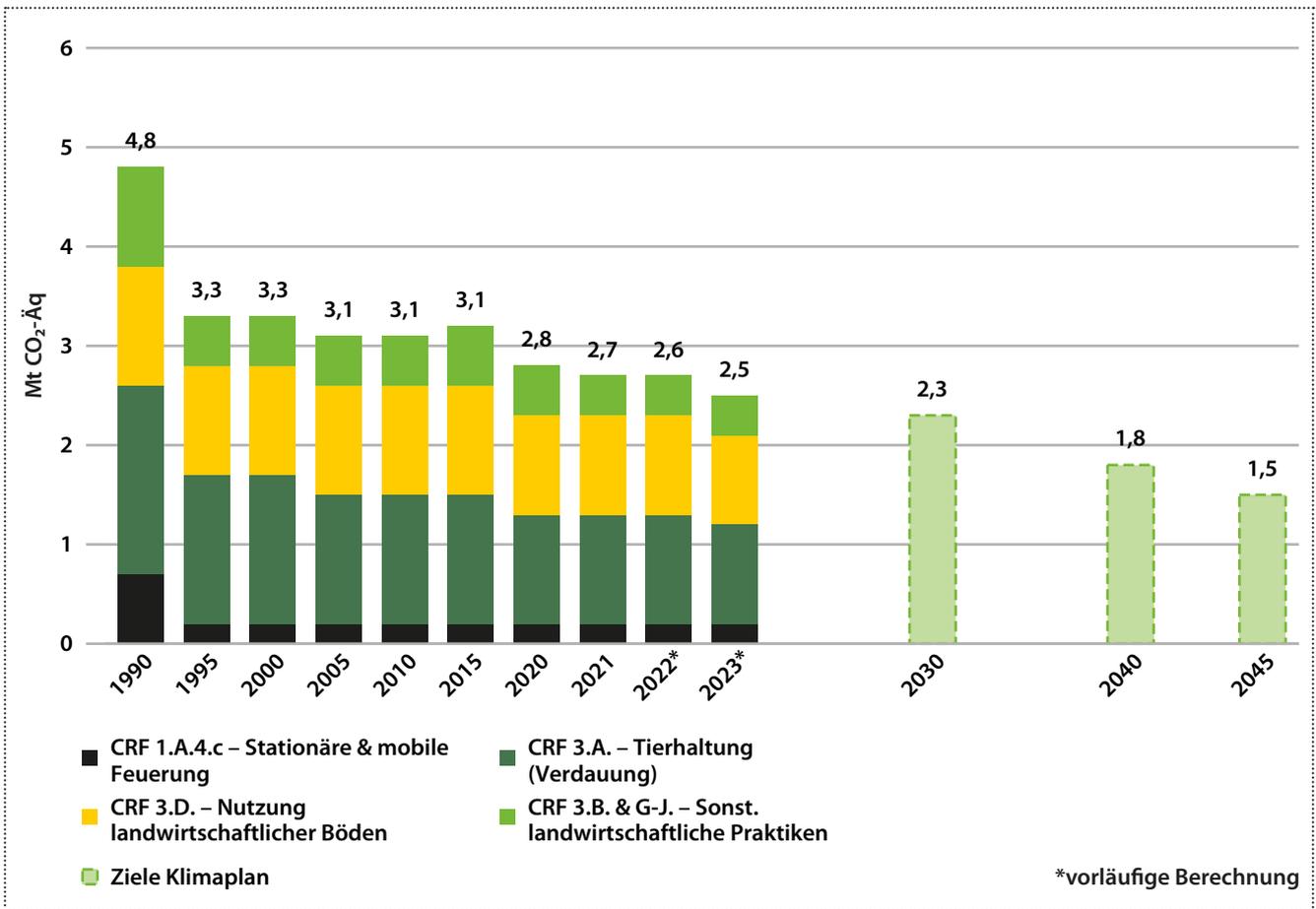


Abbildung 12: Entwicklung der THG-Emissionen im Landwirtschaftssektor seit 1990 und die Ziele laut Klimaplan

4.5.1 Methodische Hinweise

Treibhausgase, die infolge landwirtschaftlicher Praktiken entstehen werden nur zu einem Teil im Sektor Landwirtschaft bilanziert. Ursache dafür ist die international abgestimmte CRF-Methodik, die im Landwirtschaftssektor auch für die Bilanzierung nach dem Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) gilt. Demnach werden die Kohlendioxid- und Methanemissionen, die bei der landwirtschaftlichen Nutzung von organischen Böden entstehen, im Landnutzungssektor (LULUCF) bilanziert. Lediglich das Lachgas, das infolge der Bodennutzung auf solchen Böden (meist entwässerte Niedermoore) entweicht, wird im Sektor Landwirtschaft bilanziert.

Die Emissionsdaten des Sektors werden nach einer bundes einheitlichen Methodik vom Thünen-Institut für Agrarklimaschutz berechnet. In der vorliegenden Klimagasinventur wurden Daten bis einschließlich 2022 berücksichtigt. Die Emissionen für das Jahr 2023 sind mithilfe der Entwicklung der Brandenburger Nutztierbestände und anhand bundesweiter Trends fortgeschrieben.

4.5.2 Ausführliche Betrachtung der Emissionen im Landwirtschaftssektor

Während in der Gesamtbilanz des Landes Brandenburg Kohlendioxid das mit Abstand bedeutendste Treibhausgas ist, nimmt es in der Landwirtschaft mit nur 10 Prozent eine untergeordnete Rolle ein. Bezogen auf das Treibhausgaspotenzial macht Methan (CH_4) etwas mehr als die Hälfte aller Emissionen aus. 93 Prozent davon gehen direkt auf die Tierhaltung oder die Ausbringung tierischer Ausscheidungen als Wirtschaftsdünger zurück. Auch Lachgas (N_2O) hat mit 44 Prozent der CO_2 -Äquivalente einen großen Anteil an den Emissionen des Sektors. Seine Hauptquelle sind orga-

nische Böden, die zur landwirtschaftlichen Nutzung entwässert werden. Abbildung 13 zeigt die Aufteilung der Emissionen nach landwirtschaftlichen Praktiken. Hier wird deutlich, dass die Tierhaltung allein (Verdauung und Wirtschaftsdünger-Management) bereits für fast die Hälfte aller Emissionen verantwortlich ist (47 Prozent). Auch die N_2O -Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Böden haben mit 37 Prozent einen sehr bedeutenden Anteil an der Bilanz des Sektors.

4.5.2.1 Stationäre und mobile Feuerung (CRF 1.A.4.c)

Mit 0,2 Mt CO_2 im Jahr 2023 ist dies die Kategorie mit den geringsten Emissionen im Landwirtschaftssektor. Sie umfasst Feuerungsanlagen die überwiegend zur Beheizung von Ställen und Gewächshäusern, sowie zum Betrieb von Getreidetrocknungsanlagen im Einsatz sind. Als Energieträger kommen Erdgas, Flüssiggas und leichtes Heizöl zum Einsatz. Die Ablösung der Kohlefeuerung durch diese Energieträger, sowie ein gesteigener Einsatz von Biogas waren die Haupttreiber für die deutlichen Einsparungen seit den 1990er Jahren.

4.5.2.2 Fermentation bei der Verdauung in der Tierhaltung (CRF 3.A)

Mit 44 Prozent (1,0 Mt CO_2 -Äq) haben die Methanemissionen aus der Tierhaltung den größten Anteil am THG-Ausstoß des Landwirtschaftssektors. Sie entstehen bei der Verdauung im Magen von Wiederkäuern durch Fermentation und in geringen Mengen auch bei Schweinen. Rinder sind mit 96 Prozent für den weitaus größten Teil dieser Emissionen verantwortlich. Der Rest kommt aus der Haltung von Schafen, Ziegen, Pferden und Schweinen. Seit 2014 sind die Emissionen konstant rückläufig, was auf eine kontinuierliche Abnahme der Tierbestände zurückzuführen ist.

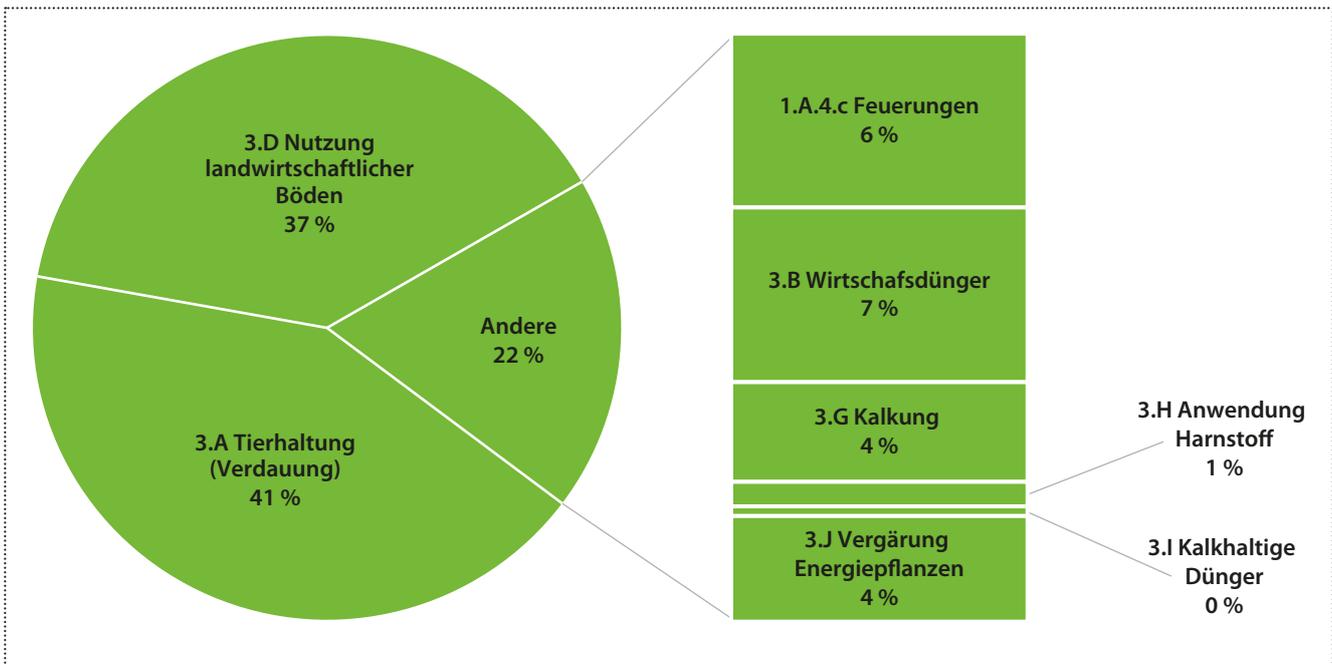


Abbildung 13: THG-Emissionen im Landwirtschaftssektor im Jahr 2023 nach Bilanzkategorien des Bundes Klimaschutzgesetzes

Gründe dafür sind einerseits Probleme mit der Futtermittellieferung der Tiere nach klimawandelbedingten Dürren wie in 2018 aber auch die schwierige wirtschaftliche Lage vieler Betriebe in Folge gestiegener Produktionskosten [31].

4.5.2.3 Nutzung landwirtschaftlicher Böden (CRF 3.D)

Mit 37 Prozent Anteil (0,9 Mt CO₂-Äq) an der Treibhausgasbilanz des Sektors Landwirtschaft ist die Nutzung landwirtschaftlicher Böden die zweitgrößte Kategorie. Hier werden allerdings lediglich die Emissionen von Lachgas angerechnet, die nur einen geringen Anteil des gesamten Treibhausgasausstoßes aus landwirtschaftlichen Böden ausmachen. Den weitaus größeren Anteil hat Kohlendioxid, das ebenfalls aufgrund der landwirtschaftlichen Bodennutzung in die Atmosphäre gelangt: Auf entwässerten Niedermooren fielen 2023 in Brandenburg 6,1 Mt CO₂ an. Diese werden aber nach der international abgestimmten Bilanzmethodik unter LULUCF angerechnet (siehe Abschnitt 4.7.2), obwohl sie auf landwirtschaftliche Aktivität zurückzuführen sind.

Lachgasemissionen entstehen im Boden aufgrund von chemischen Umwandlungsprozessen des Pflanzennährstoffes Stickstoff (N). Stickstoffdüngung kann daher den Lachgasausstoß verstärken, ist aber nicht der einzige Faktor. Die Bewirtschaftung von organischen Böden (meist Niedermoore) macht über 50 Prozent der Lachgasemissionen aus. Sie werden für eine bessere landwirtschaftliche Nutzbarkeit entwässert, wodurch es zur Freisetzung von natürlichem Stickstoff kommt, der dann teilweise als Lachgas entweicht. Auch die hohen Kohlendioxidemissionen aus den Brandenburger Niedermooren (unter LULUCF angerechnet) gehen auf die Entwässerung der Moore zurück.

4.5.2.4 Sonstige Landwirtschaftliche Praktiken (CRF 3.B, 3.G, 3.H, 3.I, 3.J)

Zu dieser Kategorie zählen:

- Wirtschaftsdünger-Management
- Kalkung
- Anwendung von Harnstoff
- Anwendung anderer kalkhaltiger Dünger
- Vergärung von Energiepflanzen

Zusammen sind sie für 16 Prozent (0,4 Mt CO₂-Äq) des Treibhausgasausstoßes im Landwirtschaftssektor verantwortlich. Den größten Anteil hat dabei das Wirtschaftsdünger-Management (42 Prozent). Bei der Lagerung von Gülle und Festmist kommt es zum mikrobiellen Abbau der organischen Substanz, wodurch u. A. Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) freigesetzt werden. Die Vergärung von Energiepflanzen macht 25 Prozent und die Kalkung und Anwendung anderer kalkhaltiger Dünger 24 Prozent der Emissionen in dieser Quellgruppe aus. Die Anwendung von Harnstoff ist mit 6 Prozent die kleinste Kategorie.

4.6 Abfall und Abwasser

Im Abfall und Abwassersektor sind im Jahr 2023 Emissionen in Höhe von 123.000 t CO₂-Äq angefallen. Das entspricht einer Minderung gegenüber dem Vorjahr um 5 Prozent, was hauptsächlich auf die Methanemissionen bei der Deponierung organischer Abfälle zurückzuführen ist. Sie sind mit über der Hälfte der THG-Emissionen die größte Quelle im Sektor. Wie Abbildung 14 verdeutlicht, sind die Emissionen seit 1990 um 99,4 Prozent zurückgegangen, was an diversen gesetzlichen Regelungen liegt, die seitdem erlassen wurden. Dazu gehören vor allem Vorgaben zur getrennten Sammlung von Wertstoffen und Bioabfällen, Verbrennung von Siedlungsabfällen und mechanisch-biologischer Behandlung von Restabfällen.

4.6.1 Methodische Hinweise

Die Bilanzkategorie Abfallverbrennung (CRF 5.C) findet nicht in diesem Sektor statt, weil in Deutschland jegliche Verbrennung von Abfällen mit der Gewinnung von Energie verbunden ist. Die entsprechenden Emissionen werden daher im Sektor Energiewirtschaft bilanziert. Da die Abfallverbrennung seit den 1990er Jahren ausgeweitet wurde, gelang ein Teil der Emissionsreduktion in der Abfallwirtschaft durch die Verschiebung zur Energiewirtschaft [16, p. 724].

Eine Methodische Änderung im Jahr 2024 führt zu einer deutlichen Korrektur der Emissionen aus der Abfalldeponierung. Diese gilt auch rückwirkend und ergibt im Jahr 2020 (Basisjahr im Klimaplan) Gesamtemissionen des Sektors von 0,15 Mt CO₂-Äq anstelle von ursprünglich 0,6 Mt CO₂-Äq. Grund sind neue Erkenntnisse über die Menge ungenutzter Deponiegase. Es wird deutlich mehr

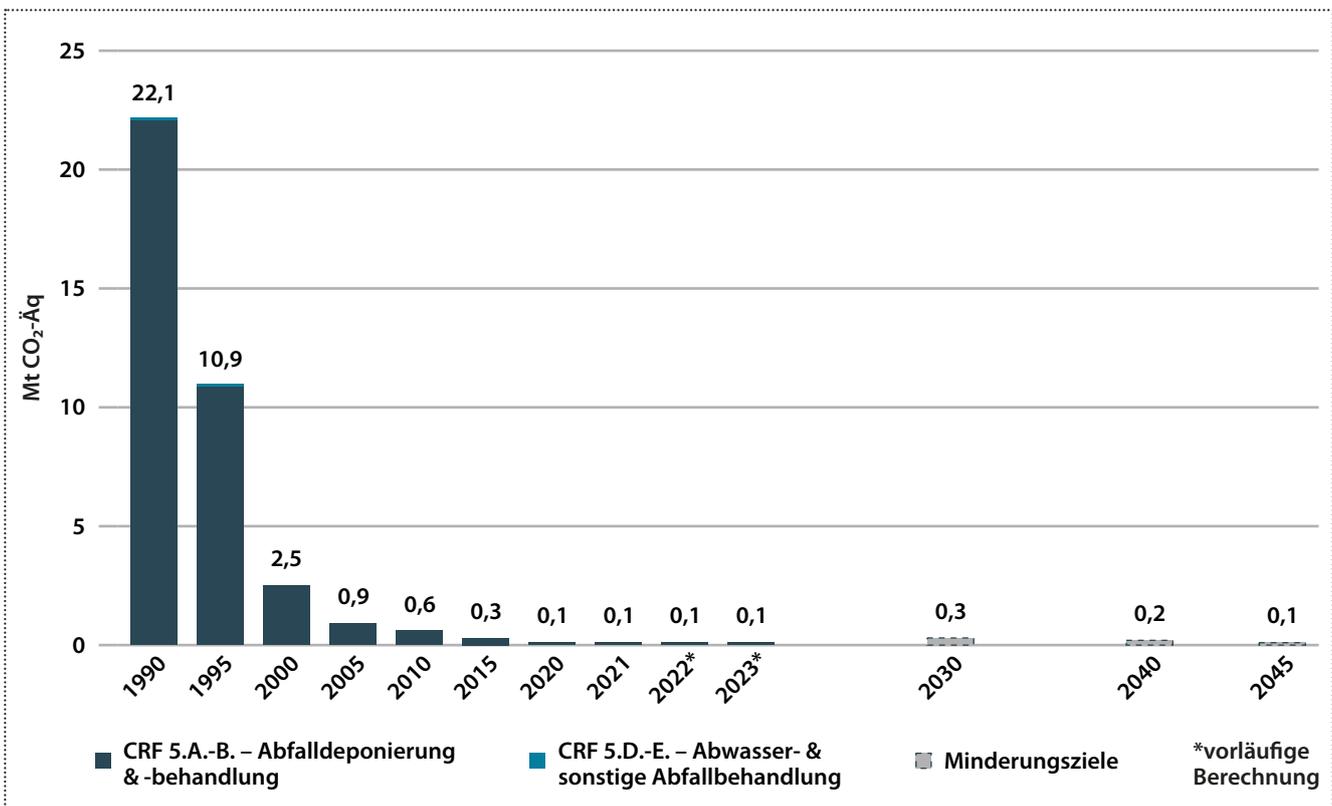


Abbildung 14: Entwicklung der THG-Emissionen im Abfall- und Abwassersektor seit 1990 und die Ziele laut Klimaplan

Kohlendioxid und Methan zur weiteren Behandlung aufgefangen, als bisher angenommen [32].

4.6.2 Ausführliche Betrachtung des Abfall- und Abwassersektors

4.6.2.1 Abfalldeponierung (CRF 5.A)

Die Ablagerung von Abfällen auf Deponien war im Jahr 2023 für 55 Prozent der Emissionen dieses Sektors verantwortlich und ist damit die größte THG-Quelle. Da ein großer Teil dieser Emissionen aber auf Abfälle zurückgeht, die heute zumindest vorbehandelt – häufig aber überhaupt nicht mehr deponiert werden – verringert sich dieser Anteil im Verlauf der Zeit kontinuierlich. Hauptbestandteil der Emissionen ist Methan, das bei der Zersetzung organischer Verbindungen entsteht. Durch die Ausweitung der getrennten Bioabfallsammlung konnte der Anteil organischer Abfälle auf den Deponien deutlich verringert werden. Die rechtlich vorgeschriebene mechanisch-biologische Vorbehandlung verringert das Potenzial für die Methanbildung auf Deponien zusätzlich. Dabei wird nach verschiedenen Sortier- und Abtrennprozessen die organikhaltige Feinfraktion einer kontrollierten Rotte unterzogen bis das Potenzial für weitere Emissionen auf ein Minimum reduziert ist [33, p. 46 f.]. Erst danach gelangt das Material zur Ablagerung auf die Deponien. Durch diese Maßnahmen ist der Methanausstoß seit 1990 bereits um 99,7 Prozent zurückgegangen und sinkt weiter. In Zukunft wird der Anteil der Abfalldeponierung an den Gesamtemissionen des Sektors noch kleiner, weil der Methan- und Kohlendioxidausstoß der Altlasten weiter zurückgeht.

4.6.2.2 Biologische Abfallbehandlung (5.B)

22 Prozent der Sektoremissionen entfallen auf die biologische Abfallbehandlung. Hierunter wird die Behandlung von Küchen- und Grünabfällen in Kompostieranlagen sowie deren Vergärung in Biogasanlagen berichtet. Dabei entstehen überwiegend Methan-

und zu kleinen Teilen auch Lachgasemissionen, die zusammen seit 2003 um 8 Prozent gesunken sind. Die Abfallmengen die zur Vergärung in Biogasanlagen gelangen, nehmen stetig ab, während die Behandlung in Kompostieranlagen hinzugewinnt. [34]. Die entstehenden Substrate eignen sich zur Ausbringung im Gartenbau und der Landwirtschaft und sind wertvolle Humuslieferanten. Emissionen aus privater Kompostierung werden aufgrund mangelnder Datengrundlage nicht erfasst.

4.6.2.3 Abwasserbehandlung (CRF 5.D)

Die Emissionen aus der Abwasserbehandlung hatten im Jahr 2023 einen Anteil von 20 Prozent an den gesamten Emissionen des Sektors. Gegenüber dem Vorjahr haben sie sich kaum verändert, weisen jedoch einen über viele Jahre stetig sinkenden Trend auf. So liegen die Emissionen heute 55 Prozent niedriger als im Jahr 1990. Grund dafür ist ein stetig steigender Anteil von Haushalten, die an die Kanalisation angeschlossen sind. In Brandenburg sind das aktuell ca. 90 Prozent der Haushalte. Alle kommunalen Kläranlagen Brandenburgs führen eine kontrollierte, geschlossene Faulung der anfallenden Klärschlämme durch [35, p. 24]. Dadurch können Treibhausgasemissionen bei der Weiterverwertung der Rückstände deutlich reduziert werden [16]. Die offene Schlammfäulung, bei der deutlich höhere Methanemissionen entstehen, wurde bis 1994 eingestellt.

4.6.2.4 Mechanisch-Biologische Abfallbehandlung (5.E)

Mit einem Anteil von 3 Prozent an den Emissionen des Abfall- und Abwassersektors ist die Mechanisch-Biologische Abfallbehandlung nach den Treibhausgasemissionen die kleinste Subkategorie. Auch hier sind die Emissionen im langjährigen Trend leicht rückläufig. Gegenüber dem Vorjahr ist keine signifikante Veränderung zu erkennen. Bilanziert wird hier die Behandlung organischer Bestandteile von zuvor sortierten Siedlungsabfällen bevor diese deponiert oder energetisch verwertet werden. Zum Einsatz kommt nach der Sortierung in der Regel eine kontrollierte Rotte.

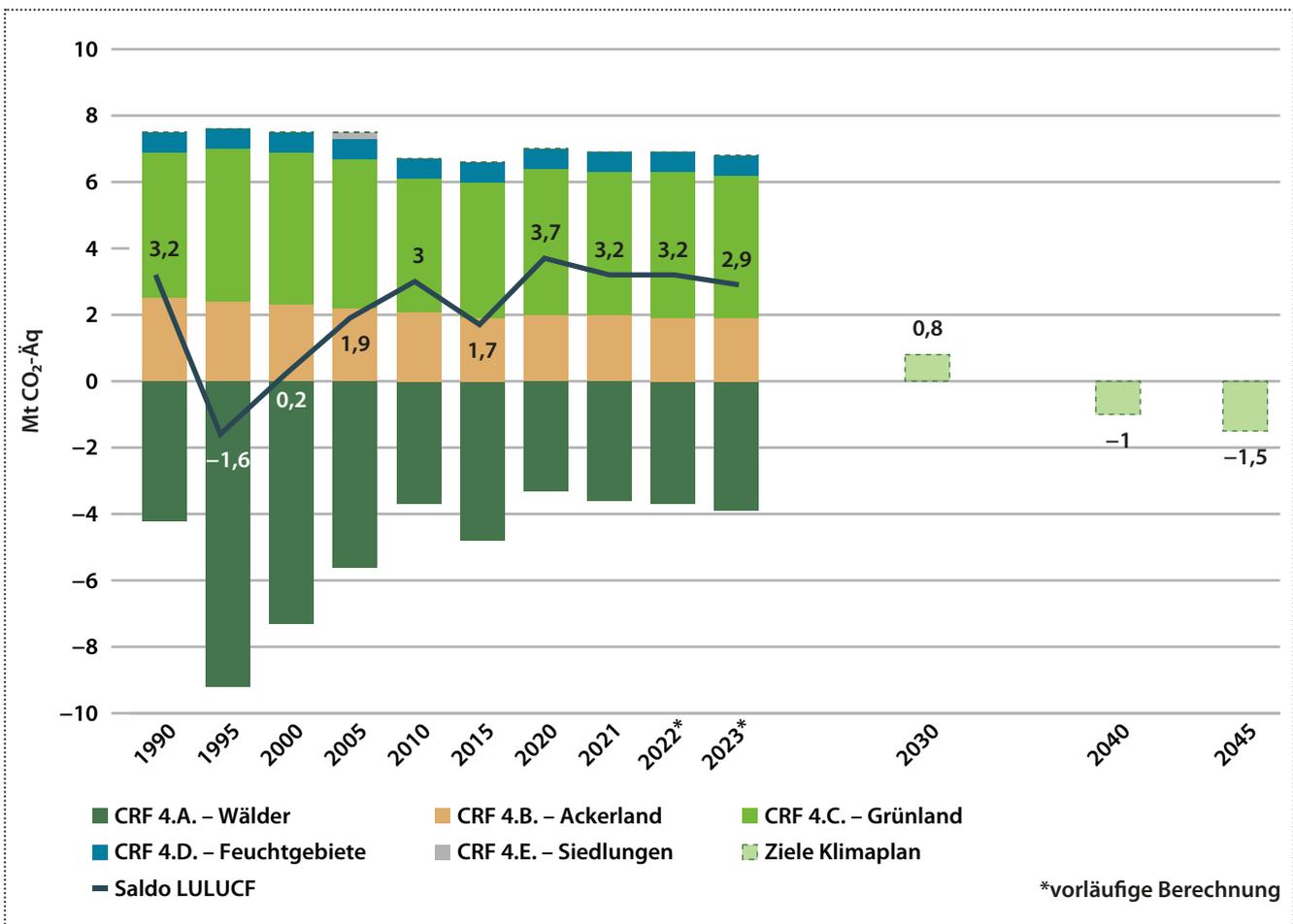


Abbildung 15: Entwicklung der THG-Emissionen im LULUCF-Sektor seit 1990 und Ziele laut Klimaplan

4.7 Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forst (LULUCF)

Der Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forst (LULUCF) ist derzeit in Brandenburg mit 2,9 Mt CO₂-Äq eine Quelle für Treibhausgasemissionen. Diese sind gegenüber dem Vorjahr um 8 Prozent bzw. 0,3 Mt zurückgegangen. Haupttreiber für den Rückgang ist der Wald, der als einzige CO₂-Senke im Sektor leicht an Speichervermögen zugelegt hat. Bei der größten Quelle, dem Grünland, ist hingegen keine signifikante Reduktion zu verzeichnen. Wie Abbildung 15 zeigt, ist die langjährige Entwicklung der Emissionen im Sektor sehr volatil und wird stark von der Fähigkeit des Waldes beeinflusst, CO₂ aus der Atmosphäre zu binden. Eine stabile Phase, in der Brandenburger Wälder über mehrere Jahre hinweg so viel CO₂ einlagerten, sodass die Emissionen der anderen Kategorien innerhalb des Sektors ausgeglichen wurden, gab es zuletzt in den 1990er Jahren. Seitdem hat das Speichervermögen der Wälder stark abgenommen. Die leichte Erholung der letzten Jahre ist im Zusammenhang mit den starken Verlusten nach den extremen Trockenjahren 2018 und 2019 nur als kurzfristige Erholung zu verstehen.

4.7.1 Methodische Hinweise

Die Emissionsdaten des LULUCF-Sektors werden nach einer bundeseinheitlichen Methodik vom Thünen-Institut für Agrarklimaschutz [36] berechnet und für das Land Brandenburg nach Flächenanteil dargestellt. Emissionsdaten, die im Kapitel LULUCF nicht anders gekennzeichnet sind, beziehen sich auf Daten aus dem entsprechenden Bericht des Thünen-Instituts. Darin werden bundesweit erfasste Daten nach Fläche auf die Länder heruntergebrochen, wobei es zu statistischen Verzerrungen kommen

kann, die regionale Effekte womöglich unterschätzen. In der vorliegenden Klimagasinventur wurden Daten bis einschließlich 2022 berücksichtigt. Für das aktuelle Berichtsjahr 2023 wurden Trends der vergangenen Jahre ausgewertet. Bei der Emissionsberechnung für den Wald wurden außerdem die aktuellen Brandenburger Holzeinschlags- und Waldbrandstatistiken [37] [38], sowie die Altersklassenentwicklung [39] des Brandenburger Waldes analysiert.

Es werden auch die Emissionen aus landwirtschaftlicher Bodennutzung, mit Ausnahme von Lachgas, im LULUCF-Sektor und nicht im Landwirtschaftssektor erfasst. Emissionen bzw. die Senkenfunktion von Holzprodukten wird nicht erfasst, da keine länderspezifischen Daten vorliegen. Die Kohlenstoffmenge, die dem Wald mit der Holzernte entzogen wird, wird bei der Waldbiomasse in Abzug gebracht. Die Emissionen aus Waldbränden werden erst ab 2010 berücksichtigt.

4.7.2 Ausführliche Betrachtung der Emissionen im LULUCF-Sektor

Im Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) wird über positive Quellen und negative Senken für Treibhausgas-Emissionen berichtet. Kohlenstoff wird in ober- und unterirdischer pflanzlicher Biomasse, Totholz, Streu und in organischen und mineralischen Böden gebunden und kann infolge unterschiedlicher Zersetzungsprozesse wieder entweichen. Dabei kommt es zu klimaschädlichen Emissionen von Kohlendioxid, Methan und Lachgas. In natürlichen Ökosystemen befinden sich Kohlenstoffbindung und Emissionen in Balance oder führen sogar zum Entzug von Kohlenstoff aus der Atmosphäre. Eine angepasste nachhaltige Bewirtschaftung kann auch

in der Kulturlandschaft die Emissionen deutlich reduzieren oder sogar vollständig vermeiden. Der Wald ist derzeit in Brandenburg die einzige Landnutzungsform, die eine signifikante Senkenleistung erbringt, also negative Emissionen aufweist. Grünland und Ackerland hingegen haben trotz ihrer potenziellen Senkenwirkung derzeit die größten Emissionen im Sektor. Dabei spielen die Niedermoore eine herausragende Rolle, denn sie werden zur landwirtschaftlichen Nutzung entwässert, wodurch der in ihnen gespeicherte Kohlenstoff in die Atmosphäre entweicht.

Das Thünen-Institut schlüsselt alle Landnutzungskategorien auch nach der Bodenart auf, sodass eine gezielte Betrachtung der Klimawirkung von Mooren im Vergleich zu anderen (mineralischen) Böden über alle Landnutzungskategorien hinweg möglich wird. Die Gesamtheit der mineralischen Böden bindet Kohlenstoff, hat also eine positive Klimawirkung. Die organischen Böden hingegen (Niedermoore), sind in Brandenburg für knapp 6,8 Mt THG-Emissionen verantwortlich. Der größte Teil davon durch landwirtschaftliche Entwässerung im Grünland.

4.7.2.1 Wälder (CRF 4.A)

Brandenburger Wälder haben im Jahr 2023 so viel Kohlenstoff gebunden, dass der Atmosphäre dadurch 3,9 Mt-CO₂ entzogen wurden. Gegenüber dem Vorjahr ist das eine Verbesserung der Senkenwirkung um 5 Prozent. Vor den massiven Kalamitäten infolge der Trockenjahre 2018 und 2019 lag die Kohlenstoffbindung des Waldes aber noch um 22 Prozent, bzw. knapp 1 Mt darüber. Da solche extrem heißen und niederschlagsarmen Jahre durch den Klimawandel immer häufiger auftreten, ist mittelfristig eine weitere Abnahme der Senkenwirkung des Waldes zu befürchten.

Wälder entziehen der Atmosphäre durch Photosynthese große Mengen Kohlenstoff, den sie in der ober- und unterirdischen Biomasse speichern. In einem natürlichen Wald befinden sich die Aufbauprozesse – bei denen Kohlenstoff gespeichert wird – und Abbauprozesse – bei denen Kohlenstoff wieder zurück in die Atmosphäre gelangt – in einem Gleichgewicht. Aufgrund der spezifischen Altersklassenstruktur des Brandenburger Waldes überwiegen derzeit die Aufbauprozesse, weshalb der Kohlenstoffspeicher im Wald jedes Jahr wächst. Daher hat der Biomasseaufwuchs allein derzeit bereits eine positive Klimawirkung (negative Emissionen) und ist für 75 Prozent des jährlich gebundenen Kohlenstoffs verantwortlich [11]. Der Waldboden und das Totholz machen gemeinsam das übrige Viertel aus. Emissionen entstehen im Wald hauptsächlich durch die Entwässerung organischer Böden (88 Prozent) und in kleinem Umfang durch Lachgasemissionen auf mineralischen Böden (8 Prozent) sowie durch Waldbrände (4 Prozent)⁴.

4.7.2.2 Ackerland (CRF 4.B)

Ackerland ist mit 1,9 Mt CO₂-Äq nach dem Grünland die Landnutzung mit den zweitgrößten Treibhausgasemissionen im LULUCF-Sektor. Davon ist mit 44 Prozent ein erheblicher Teil auf Landnutzungsänderung von Grünland zu Ackerland zurückzuführen. Grünlandumbruch zu Ackerland ist heute in der Regel stark reglementiert und daher im vergangenen Jahrzehnt stark zurückgegangen. Die Emissionen zurückliegender Umbrüche

dauern aber bis heute an [16, p. 533]. Unabhängig davon, ob eine Landnutzung geändert oder fortgeführt wurde, ist im Ackerland die Nutzung entwässerter organischer Böden (z. B. Moore) mit knapp 80 Prozent der Emissionen der Haupttreiber für den Ausstoß von Treibhausgasen [36]. Wird der Grundwasserstand auf solchen Böden soweit angehoben, dass sich der Treibhausgasausstoß verringert, ist eine ackerbauliche Nutzung in der Regel nicht mehr möglich. Durch Paludikultur können aber auch solche wiedervernässten Ackerflächen weiter genutzt werden. Bei der *nassen Bewirtschaftung* werden Pflanzen angebaut, die an dauerhaft hohe Wasserstände angepasst sind. So kommt z. B. eine stoffliche Verwertung von Schilf, Rohrkolben und Seggen als Dämmmaterial im Bau in Frage [40].

4.7.2.3 Grünland (CRF 4.C)

Grünland steht in der Rangfolge klimaschädlicher Landnutzungen in Brandenburg an oberster Position. Es verursachte im Jahr 2023 mit 4,3 Mt CO₂-Äq gut 63 Prozent der Emissionen des LULUCF-Sektors⁵. Grund dafür ist nicht die Heu- oder Weidewirtschaft per se, sondern die Wahl der Standorte: Nur auf organischen Böden hat Grünland in Brandenburg eine klimaschädliche Wirkung. Auf Mineralboden-Standorten, in denen von Natur aus deutlich weniger Kohlenstoff gespeichert ist, wirkt Grünland als Kohlenstoffsenke. Moor- und andere organische Böden hingegen sind natürlicherweise wassergesättigt, wodurch absterbende Pflanzenbestandteile inklusive des von ihnen gebundenen Kohlenstoffs konserviert werden. Erst die landwirtschaftliche Entwässerung bringt den Zersetzungsprozess dieser organischen Masse in Gang und sorgt so für die Treibhausgasemissionen. Eine seichtere Entwässerung kann auf diesen Flächen zu deutlichen CO₂-Einsparungen führen und dabei weiterhin eine – dann extensive – Bewirtschaftung ermöglichen.

4.7.2.4 Feuchtgebiete (CRF 4.D)

Feuchtgebiete gehören in Brandenburg ebenfalls zu den Landnutzungstypen, die Treibhausgase emittieren und haben mit 0,6 Mt CO₂-Äq einen Anteil von 9 Prozent am Gesamtausstoß des Sektors. Davon entfallen 85 Prozent allein auf Methanemissionen aus künstlichen Standgewässern, zu denen u. a. Fischzuchtteiche, Tagebauseen und Wasserreservoirs zählen. Die übrigen Emissionen verteilen sich auf künstliche Fließgewässer, terrestrische Feuchtgebiete, natürliche Gewässer und in sehr geringem Umfang den Torfabbau. In den terrestrischen Feuchtgebieten werden auch natürliche Lebensräume bilanziert, die an einen ganzjährigen Wasserüberschuss angepasst sind. Dazu gehören zum Beispiel auch Moore, wenn diese nicht aufgrund ihrer Nutzung bereits einer anderen Landnutzungskategorie (Grünland oder Acker) zugeordnet sind.

4.7.2.5 Siedlung (CRF 4.E)

Siedlungen waren im Jahr 2023 mit etwas mehr als einer halben Millionen Tonnen CO₂-Äq bilanziell eine Kohlenstoffsenke. Die Emissionen aus der Bewegung von organischen und mineralischen Böden im Rahmen baulicher Aktivität konnte durch den Gehölaufwuchs im Siedlungsbereich überkompensiert werden.

⁴ Nur die Waldbrand-Emissionen von Methan und Lachgas wurden einbezogen. Der entwichene Kohlenstoff wird bereits beim Biomasseaufwuchs in Abzug gebracht und kann hier nicht gesondert ausgewiesen werden.

⁵ Berücksichtigt wurden nur die positiven Emissionen, also die THG-Quellen.

5 Weitere Betrachtungen

5.1 Folgekosten der Emissionen

Der Ausstoß von Treibhausgasen verursacht erhebliche Kosten für die Gesellschaft. So führt das häufigere Auftreten von extremen Hitzetagen aufgrund der Erderwärmung zu vorzeitigen Todesfällen und erheblichen gesundheitlichen Belastungen für ältere und kranke Menschen. Extremwetterereignisse wie das Oderhochwasser von 2010 oder die Flutkatastrophe im Ahrtal von 2021 verursachen verheerende Sach- und Personenschäden. Auch Waldbrände und landwirtschaftliche Dürren werden durch den Ausstoß von Treibhausgasen und den dadurch verursachten Klimawandel immer häufiger und extremer. Zur Abmilderung der Folgen sind schon heute umfangreiche Anpassungsmaßnahmen der öffentlichen und privaten Infrastruktur nötig. Sowohl die Schäden, als auch die Anpassung verursachen Kosten für die Gesellschaft. Diese wurden für Brandenburg erstmals im Regionalen Wohlfahrtsindex (RWI) [41] berechnet und werden im Folgenden dargestellt.

Im aktuellen Berichtszeitraum 2023 lagen die Folgekosten des Treibhausgasausstoßes Brandenburgs bei 9,8 Milliarden Euro und sinken damit leicht um 1,0 Prozent gegenüber dem Vorjahr. Zu Beginn des 21. Jahrhunderts gab es eine längere Phase ohne klaren Trend. Ab dem Jahr 2003 stiegen die Folgekosten dann stetig auf den bisherigen Höchstwert von 11,7 Mrd. Euro an (mit Ausnahme

des Jahres der Bankenkrise 2009). Die schrittweise Stilllegung der Blöcke E und F im Braunkohlekraftwerk Jänschwalde führte im Jahr 2019 erstmals zu einem erheblichen Rückgang der THG-Emissionen und somit der Kosten auf 10,4 Mrd. Euro. Ein weiterer starker Rückgang im Jahr 2020 lässt sich auf die Beschränkungen infolge der Corona-Pandemie zurückführen. Ein Jahr später liegen die Kosten aber wieder knapp unter dem Niveau von 2019. In 2022 sinken die Kosten aufgrund der Sanktionen in Folge des russischen Angriffskriegs auf die Ukraine erneut auf 9,9 Mrd. Euro ab, da auch die Wirtschaft des Landes Brandenburg zurückging.

Auch wenn der Ausstoß von Treibhausgasen zurückgeht, ist damit nicht zwangsläufig ein Sinken der Schadenskosten verbunden. Denn die Kosten pro ausgestoßener Tonne CO₂-Äquivalente steigen jährlich. Lagen sie laut RWI im Jahr 1999 noch bei 137 € pro Tonne CO₂-Äquivalente, steigen sie im Jahr 2022 bereits auf 188 € an. Der Grund dafür sind einerseits steigende Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre, die zu überproportional zunehmenden Schäden durch weitere Emissionen führen. Andererseits steigen auch durch den höheren Lebensstandard von immer mehr Menschen die Schadenskosten weiter an. Werden die Schadenskosten künftiger Generationen genauso stark gewichtet, wie die Heutigen, lägen die Folgekosten der Brandenburger Treibhausgasemissionen im Jahr 2023 mit knapp 34 Mrd. € mehr als dreimal so hoch [41].

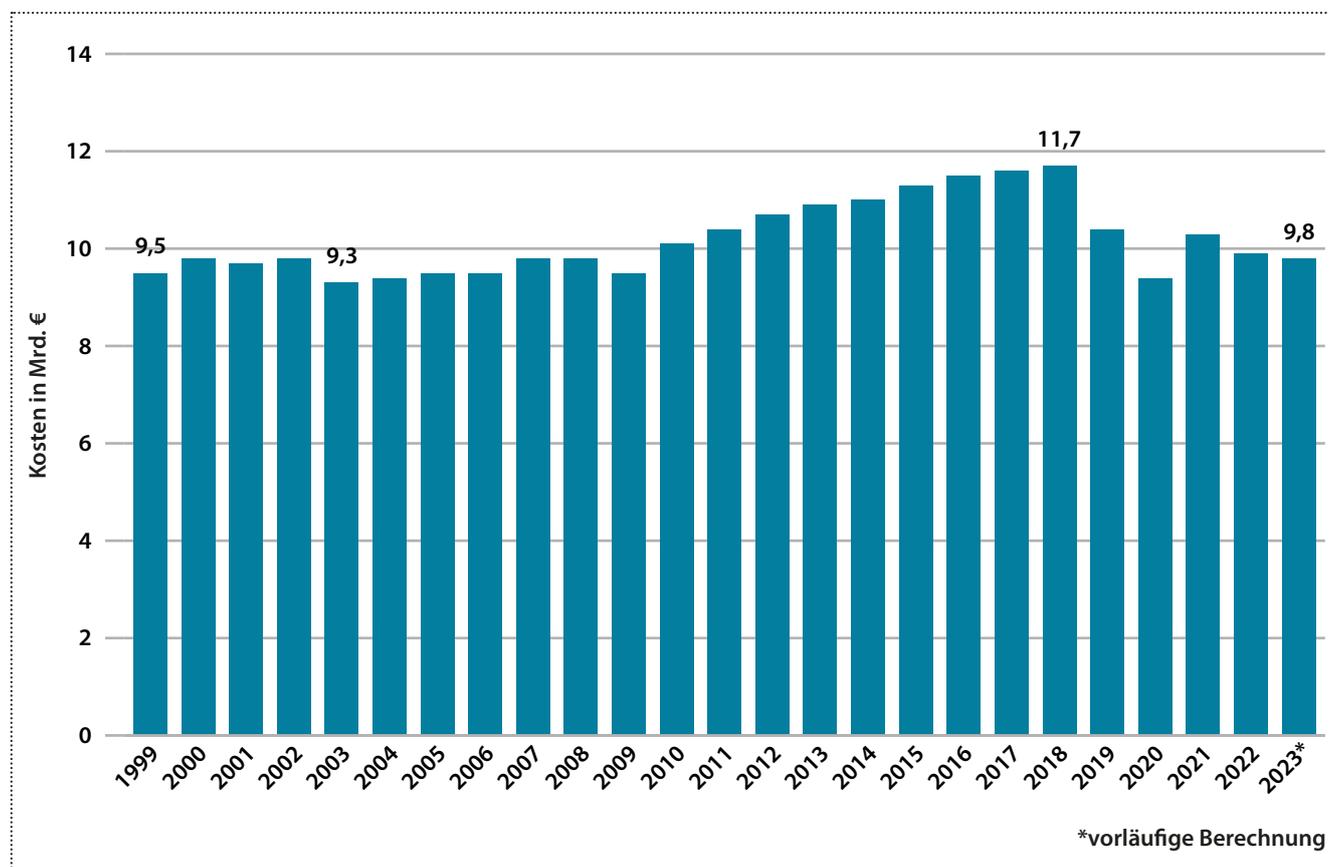


Abbildung 16: Gesellschaftliche Folgekosten der Treibhausgasemissionen im Land Brandenburg [41]

5.2 CO₂-Ausstoß pro Kopf

Um die energiebedingten Emissionen Brandenburgs im bundesweiten Kontext bewerten zu können, werden die CO₂-Emissionen je Einwohner betrachtet (siehe Abbildung 17).

In Brandenburg lagen die Emissionen im Jahr 2023 bei 16,5 Tonnen CO₂ je Einwohner und somit mehr als doppelt so hoch wie

im Bundesdurchschnitt. Ein Grund für diese starke Diskrepanz ist der hohe Stromexport. Wird das Stromauslastungsaldo, also alle Stromexporte abzüglich der Stromimporte, abgezogen, bleiben noch 12,9 Tonnen CO₂ je Einwohner. Dass dieser Wert noch immer deutlich über dem Bundesschnitt liegt, ist durch den brandenburgischen Energiemix, der von der Braunkohleverstromung dominiert ist, begründet.

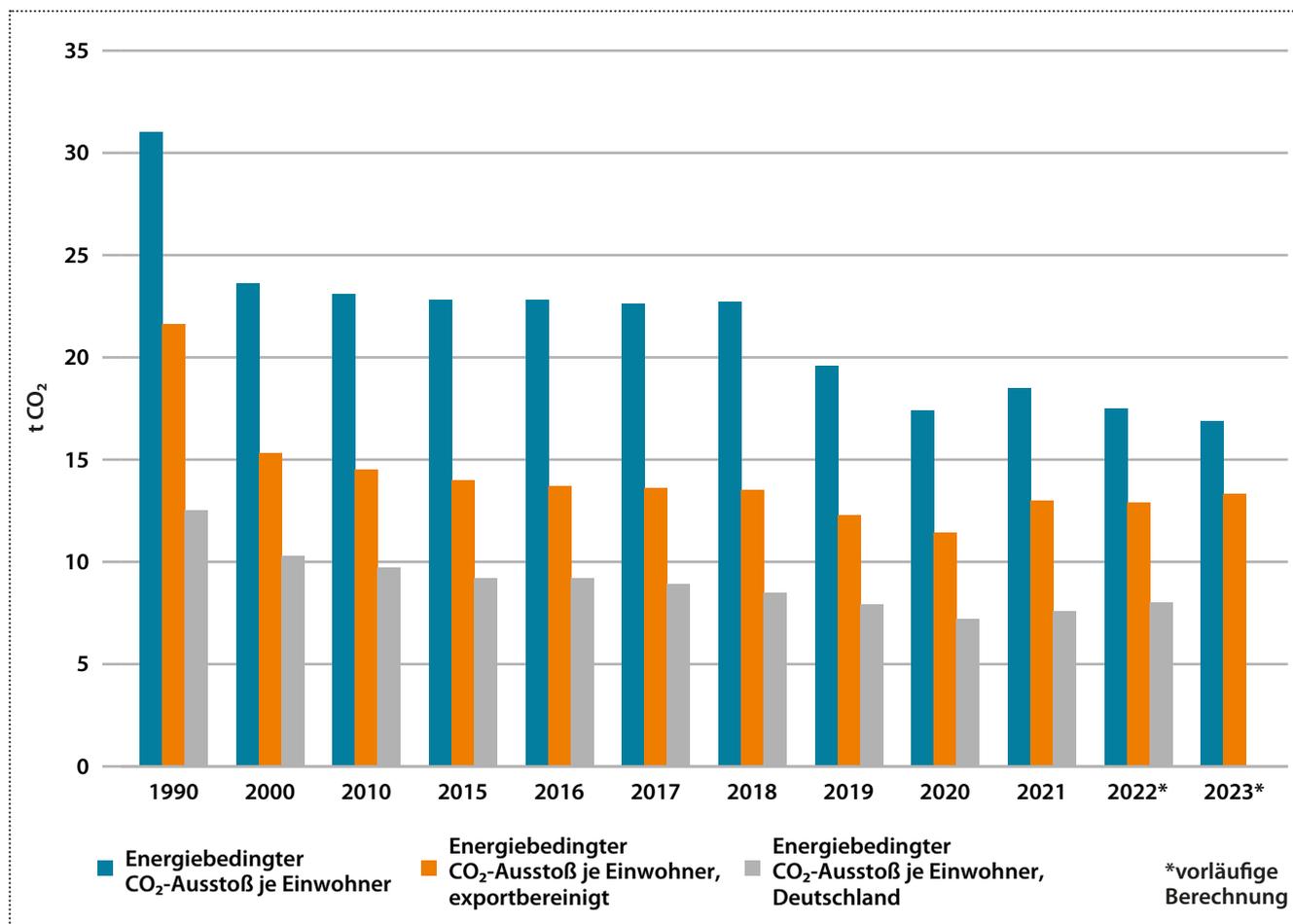


Abbildung 17: Energiebedingte CO₂-Emissionen für Brandenburg und Deutschland

5.3 Klimaneutrales Energieaufkommen und Energieexportanteil

Im Jahr 2021 lag der Anteil erneuerbarer Energieträger an der gesamten Energieerzeugung bei knapp 14 Prozent. Wie Abbildung 18 zeigt, stieg dieser Anteil seit 2005 deutlich an, stag-

niert aber in den letzten Jahren. Der kleinere Teil des Energieaufkommens verbleibt als Endenergieverbrauch im Land, während ein Großteil exportiert wird. Den größten Teil dieser Lieferungen machen Mineralölprodukte – vor allem Kraftstoffe – und Stromexporte aus.

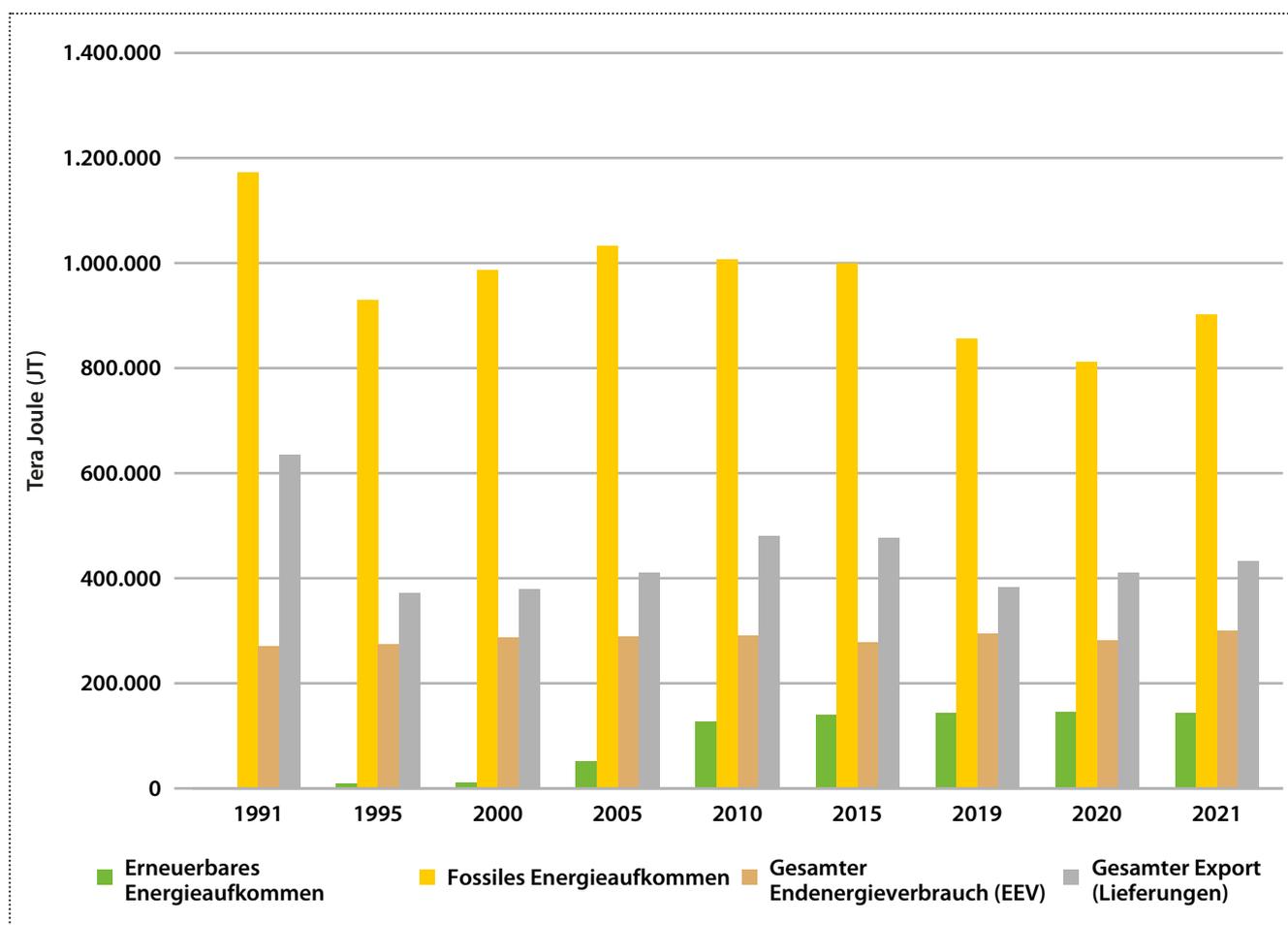


Abbildung 18: Der klimaneutrale Anteil am Energieaufkommen mit Endenergieverbrauch (in Brandenburg) und Export

Literatur

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), „Synthesis Report of the IPCC sixth Assessment Report (AR6),“ 2023.
- [2] Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG), § 3 Abs. 1 und 2.
- [3] Umweltbundesamt (UBA), „Klimaemissionen sinken 2023 um 10,1 Prozent – größter Rückgang seit 1990,“ 15.03.2024. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/klimaemissionen-sinken-2023-um-101-prozent>. [Zugriff am 16.04.2024].
- [4] Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK) des Landes Brandenburg, „Klimaplan Brandenburg,“ Potsdam, 2024.
- [5] Rheinbraun Verkaufsgesellschaft mbH, „Methan-Emissionen bei Gewinnung, Veredelung und Verwendung Rheinischer Braunkohle – Zusammenfassung neuer Untersuchungen und Analyseergebnisse,“ Rheinische Braunkohlenwerke, Abt. B4, VK 1, Köln, 1989.
- [6] Expertenrat für Klimafragen, „Prüfbericht zur Berechnung der Treibhausgasemissionen für das Jahr 2023. Prüfung und Bewertung der Emissionsdaten gemäß § 12 Abs. 1 Bundes-Klimaschutzgesetz,“ Geschäftsstelle Expertenrat für Klimafragen (ERK), Berlin, 2024.
- [7] U. Bossel, „Wasserstoff löst keine Energieprobleme,“ Leibnitz Institut LIFIS, 2010.
- [8] Ministerium für Wirtschafts, Arbeit und Energie (MWAE) des Landes Brandenburg, „Energiestrategie 2040,“ Potsdam, 2022.
- [9] Lausitz Energie und Bergbau AG (LEAG), „Geschäftsfeld Bergbau,“ 2023. [Online]. Available: <https://www.leag.de/de/geschaeftsfelder/bergbau/>. [Zugriff am 21.02.2023].
- [10] Lausitz Energie und Bergbau AG (LEAG), „Jänschwalder Kraftwerksblöcke E und F gehen endgültig vom Netz,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.leag.de/de/news/details/jaenschwalder-kraftwerksbloecke-e-und-f-gehen-endgueltig-vom-netz/>. [Zugriff am 22.05.2024].
- [11] Landesamt für Umwelt (LfU) Brandenburg, „Eigene Berechnungen,“ Potsdam, 2024.
- [12] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) , „Stilllegungspfad Braunkohle,“ 15.01.2020. [Online]. Available: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/S-T/stilllegungspfad-braunkohle.html>. [Zugriff am 28.07.2023].
- [13] Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt), „Aggregierte Emissionsdaten für das Land Brandenburg,“ Berlin, 2024.
- [14] Statistisches Bundesamt, „Dashboard Deutschland – Energiepreisveränderung,“ April 2024. [Online]. Available: https://www.dashboard-deutschland.de/indicator/tile_1667826504852. [Zugriff am 11.06.2024].
- [15] Landesamt für Umwelt (LfU) des Landes Brandenburg, „Klima Jahresrückblick 2023,“ 2024. [Online]. Available: <https://lfu.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/klimawandel-jahresueckblick-2023.pdf>.
- [16] Umweltbundesamt (UBA), „Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2023 – Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2021,“ Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2023.
- [17] Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik, „Energiebilanz des Landes Brandenburg,“ Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik, Potsdam, 1991 – 1993.
- [18] Umweltbundesamt (UBA), „Energieverbrauch privater Haushalte,“ 19.03.2024. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/energieverbrauch-privater-haushalte#endenergieverbrauch-der-privaten-haushalte>. [Zugriff am 07.06.2024].
- [19] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), „MineralölinFO Dezember 2023 (Mineralölabsatz),“ 2024. [Online]. Available: https://www.bafa.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/DE/Energie/Mineraloel/2023_12_mineraloelinfo.html. [Zugriff am 07.06.2024].
- [20] Bundesnetzagentur, „Gasverbrauch Haushalts- und Gewerbekunden, monatlicher Mittelwert,“ 2024. [Online]. Available: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Gasversorgung/aktuelle_gasversorgung/svg/GasverbrauchSLP_monatlich/Gasverbrauch_SLP_M_2023_2.html?nn=1077982. [Zugriff am 07.06.2024].

- [21] Bundesnetzagentur, „Aktuelle Lage Gasversorgung“ 2024. [Online]. Available: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Gasversorgung/aktuelle_gasversorgung/svg/GasverbrauchSLP_monatlich/Gasverbrauch_SLP_M_2023_2.html?nn=1077982. [Zugriff am 10.06.2024].
- [22] Umweltbundesamt (UBA), „Mittlere Tagesmitteltemperatur im Winter in Deutschland 1881 bis 2022/2023“ 2024. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/bild/mittlere-tagesmitteltemperatur-im-winter-in>. [Zugriff am 10.06.2024].
- [23] Umweltbundesamt (UBA), „Komponentenzerlegung: Treiber energiebedingter THG-Emissionen“ [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen/komponentenzerlegung-treiber-energiebedingter-thg/1000#Haushalte>. [Zugriff am 17.06.2024].
- [24] Umweltbundesamt (UBA), „Komponentenzerlegung: Treiber energiebedingter THG-Emissionen“ 2024. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen/komponentenzerlegung-treiber-energiebedingter-thg#Haushalte>. [Zugriff am 19.06.2024].
- [25] Amt für Statistik Berlin Brandenburg, „Fläche je Person in Haushalten im Land Brandenburg“ Unveröffentlicht, Potsdam, 2024.
- [26] Umweltbundesamt (UBA), „Rebound-Effekte: Wie können sie effektiv begrenzt werden?“ 2016. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/rebound-effekte-wie-koennen-sie-effektiv-begrenzt>. [Zugriff am 06.08.2024].
- [27] Kraftfahrtbundesamt (KBA), „Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Bundesländern, Fahrzeugklassen und ausgewählten Merkmalen. 1. April 2024“ Flensburg, 2024.
- [28] Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung des Landes Brandenburg (MIL), „Mobilitätsstrategie des Landes Brandenburg 2030“ Potsdam, 2023.
- [29] Allianz pro Schiene, „Umwelt, Daten und Fakten“ 2024. [Online]. Available: <https://www.allianz-pro-schiene.de/themen/umwelt/daten-fakten/>. [Zugriff am 21.06.2024].
- [30] Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, „Story: Klimaneutrale Binnenschifffahrt made in NRW. Mit grünem Strom, Wasserstoff und Sektorenkopplung zum ganzheitlichen Wandel“ 2023. [Online]. Available: <https://www.energieforschung.nrw/erfolge-und-stories-aus-nrw/klimaneutrale-schifffahrt>. [Zugriff am 24.06.2024].
- [31] Umweltbundesamt (UBA), „Beitrag der Landwirtschaft zu den Treibhausgasemissionen“ 2024. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/beitrag-der-landwirtschaft-zu-den-treibhausgas#klimagase-aus-landwirtschaftlich-genutzten-boden>. [Zugriff am 26.06.2024].
- [32] Landesamt für Umwelt (LfU) Brandenburg, Interne Beurteilung im Referat T16 (Abfallwirtschaft), Groß Glienicke, 2024.
- [33] K. & B. G. Ketelsen, „Weiterentwicklung der mechanisch- biologischen Abfallbehandlung (MBA) mit den Zielen der Ressourceneffizienz und der Minderung von Treibhausgasen“ Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2023.
- [34] Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK) des Landes Brandenburg, „Siedlungsabfallbilanz“ Potsdam, 2003 – 2020.
- [35] Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK) des Landes Brandenburg, „Eine Planungshilfe. Klärschlamm Entsorgung und Phosphorrückgewinnung im Land Brandenburg“ 2023. [Online]. Available: <https://mluk.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Bericht-Klaerschlammentorgung-Phosphorrueckgewinnung-BB.pdf>. [Zugriff am 04.07.2024].
- [36] J. H. v. Thünen-Institut, „Emissionsinventar für den Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forst (LULUCF) für das Berichtsjahr 2022“ Braunschweig, 2024.
- [37] Amt für Statistik Berlin Brandenburg, „Holzeinschlag im Land Brandenburg 2023“ Potsdam, 2024.
- [38] Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK) des Landes Brandenburg, „Waldbrandmedaille 2022 und Waldbrandbilanz 2023: Minister Vogel verleiht „Einsatzmedaille Waldbrände 2022“ an 11 Förster und bewertet das Waldbrandgeschehen dieses Jahres“ 2023. [Online]. Available: <https://mluk.brandenburg.de/mluk/de/aktuelles/presseinformationen/detail/~02-11-2023-waldbrandmedaille-2022-und-waldbrandbilanz-2023#>. [Zugriff am 28.06.2024].
- [39] Johann Heinrich von Thünen-Institut, „Waldentwicklungs- und Holzaufkommensentwicklung (2012)“ [Online]. Available: <https://bwi.info/inhalt1.3.aspx?Text=2.4%20Land&prRolle=public&prInv=WEHAM2012&prKapitel=2.4>. [Zugriff am 28.06.2024].
- [40] Umweltbundesamt, „Paludikultur: Wiedervernässte Moore für mehr Klimaschutz“ 01.03.2023. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/paludikultur-wiedervernaesste-moore-fuer-mehr>. [Zugriff am 12.08.2023].
- [41] B. Held, D. Rodenhäuser und H. Diefenbacher, „Regionaler Wohlfahrtsindex für Brandenburg 2022“ Heidelberg, 2023.

- [42] Uniper SE, „Kirchmöser,“ [Online]. Available: <https://www.uniper.energy/de/deutschland/kraftwerke-deutschland/kirchmoeser>. [Zugriff am 24.05.2024].
- [43] Bundesnetzagentur, „SMARD,“ 2024. [Online]. Available: <https://www.smard.de/>. [Zugriff am 29.05.2024].
- [44] B. Hirschl, L. Torliene, U. Schwarz, E. Dunkelberg, J. Weiß, J. Katner, R. Hirschberg, J. Schirok, G. Weyer, K. Wagner, H. Kenneweg, H. Bluhm und A. Bode, „Gutachten zum Klimaplan Brandenburg – Endbericht,“ Im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg, Berlin, Potsdam, Cottbus, 2022.
- [45] C. Böttcher, „Aktualisierung der Emissionsfaktoren für Methan für die Erdgasbereitstellung – Gegenüberstellung der bisherigen Methoden unter der Treibhausgasberichterstattung mit neuen Erkenntnissen aus Emissionsmessungen in Deutschland,“ Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau, 2022.
- [46] Energieagentur des Landes Brandenburg, „Energieportal Brandenburg,“ 2024. [Online]. Available: <https://energieportal-brandenburg.de/cms/inhalte/ausbaustand/monitoring-energiestrategie/energierelevante-kennziffern/endenergieverbrauch-eev/eev-nach-sektoren>. [Zugriff am 10.06.2024].
- [47] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) e. V., „Umsetzung eines Verfahrens zur regelmäßigen und aktuellen Ermittlung des Energieverbrauchs in nicht von der amtlichen Statistik erfassten Bereichen,“ Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Münster, Stuttgart, 2016.
- [48] Bundesnetzagentur, „Marktstammdatenregister,“ 2024. [Online]. Available: <http://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Einheit/Einheiten/OeffentlicheEinheitenuebersicht?filter=Inbetriebnahmedatum%20der%20Einheit~lt~%2701.01.2024%27~and~Energietr%C3%A4ger~eq~%272497%27~and~Bundesland~eq~%271400%27>. [Zugriff am 23.05.2024].
- [49] Amt für Statistik Berlin Brandenburg, „Energie- und CO2-Bilanz im Land Brandenburg 2020,“ Potsdam, 2023.
- [50] Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, „Bruttoinlandsprodukt und Bruttowertschöpfung im Land Brandenburg nach Wirtschaftsbereichen 1991 bis 2023,“ Potsdam, 2024.

Anhang

Anhang 1: Stilllegungspfad Braunkohlekraftwerke Deutschland [12]

Betreiber	Block	Revier	Inbetrieb- nahmehjahr	Blockklasse (MW)	Stilllegungsdatum (mit Sicherheitsbereitschaft)
kurze Frist					
RWE	Nord-Süd-Bahn	Rheinland	1959 – 1976	300	31.12.2020
RWE	Nord-Süd-Bahn	Rheinland		300	31.12.2021
RWE	Nord-Süd-Bahn	Rheinland		300	
RWE	Nord-Süd-Bahn	Rheinland		300	
RWE	Nord-Süd-Bahn	Rheinland		300	01.04.2022
RWE	Brikettierung	Rheinland		120	31.12.2022
RWE	Nord-Süd-Bahn	Rheinland		600	
RWE	Nord-Süd-Bahn	Rheinland		600	
Bis 2030					
RWE	Weisweiler F	Rheinland	1967	300	01.01.2025
LEAG (EPH)	Jänschwalde A	Lausitz (BB)	1981	500	31.12.2025*
LEAG (EPH)	Jänschwalde B	Lausitz (BB)	1982	500	31.12.2027*
RWE	Weisweiler G	Rheinland	1974	600	01.04.2028
LEAG (EPH)	Jänschwalde C	Lausitz (BB)	1984	500	31.12.2028
LEAG (EPH)	Jänschwalde D	Lausitz (BB)	1985	500	31.12.2028
RWE	Weisweiler H	Rheinland	1975	600	01.04.2029
LEAG (EPH)	Boxberg N	Lausitz (BB)	1979	500	31.12.2029
LEAG (EPH)	Boxberg P	Lausitz (BB)	1980	500	31.12.2029
RWE	Niederaußem G	Rheinland	1974	600	31.12.2029
RWE	Niederaußem H	Rheinland	1974	600	31.12.2029*
nach 2030					
Uniper (EPH)	Schkopau A	Mitteldeutschland (ST)	1996	450	31.12.2034
Uniper (EPH)	Schkopau B	Mitteldeutschland (ST)	1996	450	31.12.2034
LEAG (EPH)	Lippendorf R	Mitteldeutschland (SN)	2000	875	31.12.2035
EnBW	Lippendorf S	Mitteldeutschland (SN)	1999	875	31.12.2035
RWE	Niederaußem K	Rheinland	2002	1000	31.12.2038
RWE	Neurath F	Rheinland	2012	1000	31.12.2038
RWE	Neurath G	Rheinland	2012	1000	31.12.2038
LEAG (EPH)	Schwarze Pumpe A	Lausitz (BB)	1998	800**	31.12.2038
LEAG (EPH)	Schwarze Pumpe B	Lausitz (BB)	1998	800**	31.12.2038
LEAG (EPH)	Boxberg R	Lausitz (SN)	2012	640	31.12.2038
LEAG (EPH)	Boxberg Q	Lausitz (SN)	2000	860	31.12.2038

* anschließende Sicherheitsbereitschaft

** abweichend zur Angabe BMWK

Anhang 2: THG Emissionen nach dem Common Reporting Format (CRF) in Mt CO₂-Äq

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023
Gesamtemissionen	113,2	66,5	70,4	69,0	66,3	64,9	53,4	56,2	53,6	49,3
1. Energie	81,2	51,3	61,5	60,4	57,4	56,8	44,1	47,3	45,2	41,5
1.A Verbrennung von Brennstoffen	80,5	50,6	60,9	59,9	57,0	56,5	43,9	47,1	45,1	41,3
1.A.1 Energiegewinnung und Umwandlung	54,6	35,0	44,8	46,4	40,1	40,3	28,4	31,4	29,2	26,0
1.A.2 Verarbeitendes Gewerbe	10,2	4,5	5,0	3,2	6,6	6,6	6,1	5,5	5,3	5,0
1.A.3 Transport	3,3	5,9	6,3	5,6	5,6	5,9	5,4	6,0	6,6	6,6
1.A.4 Sonstige (pHH, GHD)	12,4	5,1	4,8	4,7	4,7	3,8	4,0	4,2	4,0	3,7
1.B Diffuse Emissionen aus Brennstoffen	0,7	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1
2. Industrieprozesse	2,6	2,8	3,1	2,9	2,4	3,1	2,9	3,1	2,6	2,4
3. Landwirtschaft	4,1	3,1	3,1	2,9	2,9	3,0	2,6	2,5	2,4	2,4
4. LULUCF	3,2	-1,6	0,2	1,9	3,0	1,7	3,7	3,2	3,2	2,9
5. Abfall und Abwasser	22,2	10,9	2,5	0,9	0,6	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1

**Ministerium für Landwirtschaft,
Umwelt und Klimaschutz
des Landes Brandenburg**

Referat Öffentlichkeitsarbeit
Henning-von-Tresckow-Straße 2 – 13, Haus S
14467 Potsdam

Telefon: 0331 866-7237
E-Mail: bestellung@mluk.brandenburg.de



mluk.brandenburg.de
agrar-umwelt.brandenburg.de
vimeo.com/mlukbrandenburg
x.com/MLUKBrandenburg