

Treibhausgasemissionen in Sachsen-Anhalt

2018 und Schätzungen für die Jahre 2019
und 2020

Stand: 12.05.2021



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für Umweltschutz



Impressum

Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (LAU)

Fachgebiet Klima, Erneuerbare Energie, Nachhaltigkeit, Umweltallianz, Geschäftsstelle AG
Klima

Reideburger Straße 47

06116 Halle

Tel.: +49 345 5704 0

Fax: +49 345 5704 505

E-Mail: poststelle@lau.mlu.sachsen-anhalt.de

Internet: <https://lau.sachsen-anhalt.de>

Titelbild: In den vergangenen Jahren wurden in Sachsen-Anhalt viele Photovoltaikanlagen auf landwirtschaftlichen Gebäuden errichtet. In Kombination mit dem Rückgang der Verstromung von Braunkohle hat die Stromerzeugung in Sachsen-Anhalt weniger Treibhausgasemissionen verursacht. Foto: Helionat e.G.

Inhalt

Zusammenfassung	8
1 Einleitung	12
2 Methodisches Vorgehen.....	13
3 Sozioökonomische Entwicklungen	16
4 Energiebilanz: Energieverwendung in Sachsen-Anhalt.....	18
4.1 Primärenergieverbrauch	19
4.2 Umwandlungsbereich.....	21
4.3 Endenergieverbrauch	22
4.4 Entwicklung in den Jahren 2019 und 2020 sowie Einordnung	27
5 Treibhausgasinventar 2018 für klimarelevante Treibhausgase und Schätzung für die Jahre 2019 und 2020	32
5.1 Energiebedingte Emissionen von Energiewirtschaft und verarbeitendem Gewerbe (CRF-Sektor 1 A 1-2/ B).....	32
5.1.1 Emissionsquellen und verwendete Daten.....	32
5.1.2 Emissionsmengen bis 2018 und Schätzung für die Jahre 2019 und 2020	35
5.1.3 Datenqualität und Einordnung	36
5.2 Energiebedingte Emissionen des Verkehrs und von Gebäuden und sonstigen Feuerungsanlagen (CRF-Sektor 1 A 3-5).....	37
5.2.1 Emissionsquellen und verwendete Daten.....	38
5.2.2 Emissionsmengen bis 2018 und Schätzung für die Jahre 2019 und 2020	39
5.2.3 Datenqualität und Einordnung	41
5.3 Industrieprozesse und Produktanwendung (CRF-Sektor 2).....	41
5.3.1 Emissionsquellen und verwendete Daten.....	42
5.3.2 Emissionsmengen bis 2018 und Schätzung für die Jahre 2019 und 2020	49
5.3.3 Datenqualität und Einordnung	50
5.4 Landwirtschaft (CRF Sektor 3)	50
5.4.1 Emissionsquellen und verwendete Daten.....	50
5.4.2 Emissionsmengen bis 2018 und Schätzung für die Jahre 2019 und 2020	52
5.4.3 Einordnung und Datenqualität	55
5.5 Abfall- und Abwasserwirtschaft (CRF-Sektor 5).....	55
5.5.1 Emissionsquellen und verwendete Daten.....	56
5.5.2 Emissionsmengen bis 2017 und Schätzung für die Jahre 2018 bis 2020	58
5.5.3 Einordnung und Datenqualität	59
5.6 Gesamtbetrachtung.....	60
6 Literaturverzeichnis	65
Anhang 1: Vorgenommene vereinfachte Strukturierung des verarbeitenden Gewerbes	68

Abkürzungsverzeichnis

BIP	Bruttoinlandsprodukt
BWS	Bruttowertschöpfung
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlenstoffdioxid, Kohlendioxid
CO ₂ e	Kohlenstoffdioxid-Äquivalent(e)
CRF	Common Reporting Format
DDR	Deutsche Demokratische Republik
DESTATIS	Statistisches Bundesamt
EE	Erneuerbare Energien
EW	Einwohner
F-Gase	Fluorierte Treibhausgase. Zu diesen Gasen gehören vollhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (FKW), die teilhalogenierten Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW), Schwefelhexafluorid (SF ₆) und Stickstofftrifluorid (NF ₃).
FWL	Feuerungswärmeleistung
Fzkm	Fahrzeugkilometer
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
GWP-Faktor	Global warming potential-Faktor (auch: greenhouse warming potential, dient der Umrechnung von unterschiedlichen Treibhausgasen auf einen einheitlichen Wert an CO ₂ e)
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
IPCC	International Panel on Climate Change
KEK	Klima- und Energiekonzept des Landes Sachsen-Anhalt von 2019
KSK	Klimaschutzkonzept des Landes Sachsen-Anhalt von 2008
Kt	Kilotonne (1000 t)
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LAK	Länderarbeitskreis Energiebilanzen
LAU	Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt
LULUCF	Land Use, Land Use Change and Forestry (Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft)
MBA	Mechanisch-biologische Abfallbehandlung
Mio.	Millionen
MWp	Megawatt (peak)
N ₂ O	Distickstoffoxid, Lachgas
NIR	Nationaler Inventarbericht
NMVOC	Non-Methane Volatile Organic Compounds (flüchtige Nicht-Methan Kohlenwasserstoffe)
NO _x	Stickstoffoxide
ODS	Ozone Depleting Substances, (ozonabbauende Substanzen)

ORC	Organic Rankine Cycle (Verfahren für den Betrieb von Dampfturbinen mit organischen Medien mit anderen Verdampfungstemperaturen als Wasser)
PEV	Primärenergieverbrauch
PJ	Petajoule
ST	Sachsen-Anhalt
THG	Treibhausgas
TJ	Terajoule
UBA	Umweltbundesamt
UGRdL	(Arbeitskreis) Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Sachsen-Anhalt zwischen 2005 und 2020 (vollständige Quellenbilanz ohne LULUCF).	8
Abbildung 2: Zusammensetzung der Bruttostromerzeugung nach Erzeugungspfaden in den Jahren 2005 und 2018 in PJ (links) und Anteile (rechts).	21
Abbildung 3: Endenergieverbrauch der chemischen Industrie 2005 und 2016 in PJ (links) und Anteile (rechts).	24
Abbildung 4: Endenergieverbrauch von Gebäuden und sonstigen Feuerungsanlagen (Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen) 2005 und 2018 in PJ (links) und Anteile (rechts).	25
Abbildung 5: Endenergieverbrauch (Energiebilanz) im Verkehr 2005 und 2018 in PJ (links) und Anteile der unterschiedlichen Endenergieträger (rechts).....	26
Abbildung 6: Endenergieverbrauch aller Sektoren 2005 und 2018 nach Energieträgern in PJ (links). Anteile der unterschiedlichen Endenergieträger (rechts).....	27
Abbildung 7: Endenergieverbrauch aller Sektoren 2005 und 2018 nach Sektoren in PJ (links) und Anteile der Sektoren (rechts).	27
Abbildung 8: Wert der Absatzproduktion und Endenergieverbrauch der energieintensiven Branchen Papier, Chemie, Glas, Keramik, Verarbeitung von Steinen/Erden und Metallerzeugung und -bearbeitung (2020: Vergleich auf Basis der vorliegenden Werte von Januar bis September).....	28
Abbildung 9: Entwicklung des Brennstoffeinsatzes in Kraftwerken der allgemeinen Versorgung	29
Abbildung 10: Entwicklung der energiebedingten Emissionen in der Energiewirtschaft und im verarbeitenden Gewerbe bis 2018 und Schätzprognose für die Jahre 2019 und 2020.....	36
Abbildung 11: Entwicklung der energiebedingten Emissionen von Verkehr, Haushalten, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie sonstiger Feuerungsanlagen bis 2018 und Schätzprognose für die Jahre 2019 und 2020.....	40
Abbildung 12: Entwicklung der Treibhausgasemissionen des Sektors Industrieprozesse und Produktanwendung	50
Abbildung 13: Entwicklung der Emissionen des Sektors Landwirtschaft (in CO ₂ e)	53
Abbildung 14: Entwicklung der Emissionen aus dem Sektor Abfall- und Abwasserwirtschaft untergliedert nach Emissionsquellen (in CO ₂ e).....	59
Abbildung 15: Entwicklung der Emissionen in Sachsen-Anhalt – Gesamte Quellenbilanz (ohne Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft) bis 2018 und Schätzung für die Jahre 2019 und 2020.	61

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Treibhausgasemissionen der unterschiedlichen Sektoren in Sachsen-Anhalt.....	10
Tabelle 2: Verwendete Sektorengliederung der Emissionsberichterstattung.....	13
Tabelle 3: Entwicklung der Bruttowertschöpfung in Sachsen-Anhalt 2005-2018. Die Buchstaben entsprechen der Wirtschaftszweigklassifikation (Ausgabe 2008 – WZ 2008) [8]......	17
Tabelle 4: Primärenergieverbrauch in Sachsen-Anhalt 2005 und 2018	19
Tabelle 5: Beitrag erneuerbarer Energiebereitstellungspfade zum Primärenergieverbrauch 2005 und 2018.....	20
Tabelle 6: Endenergieverbrauch der Unternehmen im verarbeitenden Gewerbe Sachsen-Anhalts in den Jahren 2005-2016.	23
Tabelle 7: Sektorale Veränderungen in den Jahren 2019 und 2020.	30
Tabelle 8: Sektorengliederung des Sektors <i>Energiebedingte Emissionen</i> (Energiewirtschaft und verarbeitendes Gewerbe) und verwendete Datenquellen	33
Tabelle 9: Sektorengliederung des Sektors Prozessemissionen.....	42
Tabelle 10: Sektorengliederung des Sektors Landwirtschaft und verwendete Datenquellen	52
Tabelle 11: Sektorengliederung des Sektors Abfall- und Abwasserwirtschaft und verwendete Datenquellen	56
Tabelle 12: Gesamtübersicht der Treibhausgasbilanz (Quellenbilanz ohne LULUCF) für die Jahre 1990, 2005, 2016, 2017 und 2018.....	63

Zusammenfassung

Der vorliegende Fachbericht enthält ein Gesamtinventar der Treibhausgasemissionen in Sachsen-Anhalt im Jahr 2018. Das Inventar schafft eine Interpretationsbasis für die landesspezifischen Entwicklungen seit 2005 und eine Bezugsbasis für die Einschätzung der Wirksamkeit von Minderungsmaßnahmen. Es orientiert sich an offiziellen, international gültigen Methoden der Emissionsberichterstattung und baut maßgeblich auf Datenerhebungen und Berechnungen des Statistischen Landesamtes auf. Mit der Auswertung zusätzlicher Datenquellen wird zudem die Tendenz der Emissionsentwicklung bis 2020 eingeschätzt.

Ergebnisse: Gesamtentwicklung

Die Treibhausgasemissionen in Sachsen-Anhalt lagen im Jahr 2018 bei 35,1 Mio. t CO₂e und damit etwa 2,1 Mio. t CO₂e unter dem Wert des Jahres 2005. Anhand vorliegender Informationen zu den Jahren 2019 und 2020 zeigt sich eine deutliche Minderung auf geschätzt rund 31,7 Mio. t CO₂e im Jahr 2019 und rund 30,1 Mio. t CO₂e im Jahr 2020.

Rückblickend war die Entwicklung wechselhaft (vgl. Abbildung 1): Zwischen den Jahren 2005 und 2013 gab es nur eine geringe Reduktion des Emissionsniveaus. Erst zwischen den Jahren 2013 und 2017 erfolgte eine deutliche Senkung. Das Inventar des Jahres 2018 zeigt dem entgegen wieder eine deutliche Steigerung der Emissionen. Insbesondere eine steigende Braunkohleverstromung und steigende Prozesswärmebedarfe in der chemischen Industrie führten nahezu zu einem Emissionsniveau, das vor der Phase der deutlichen Minderungen bestand.¹

Die aktuell für die Jahre 2019 und 2020 abgeschätzte Minderung kann erst mit einem Zeitverzug von rund 2 ½ Jahren abschließend bewertet werden, wenn Datengrundlagen in der amtlichen Statistik verfügbar sind. Zum jetzigen Zeitpunkt ist aber bereits erkennbar, dass die Emissionen in diesen Jahren auf den niedrigsten Stand der jüngeren Geschichte gefallen sind.

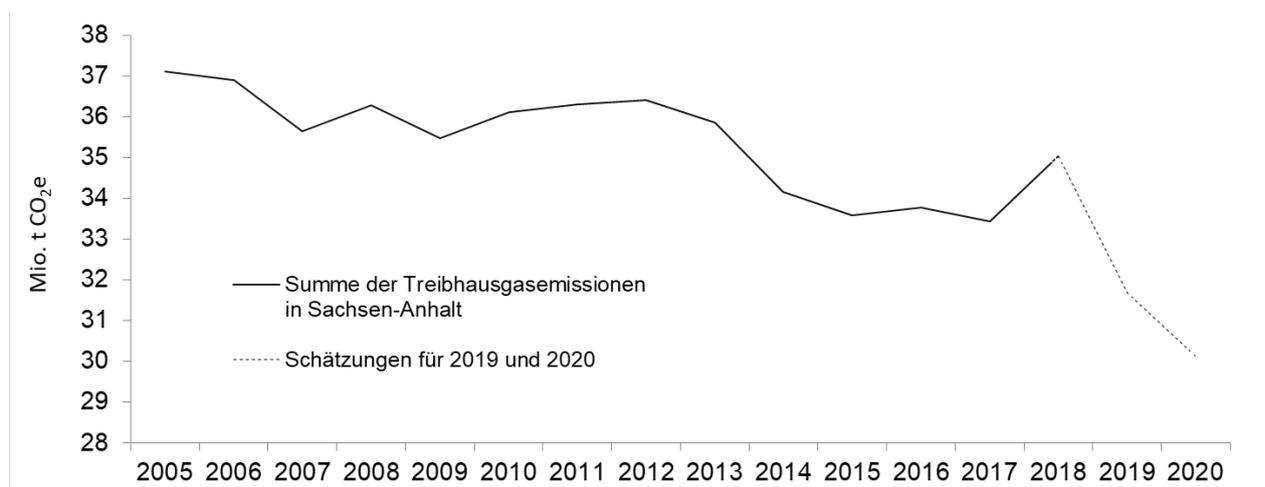


Abbildung 1: Die Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Sachsen-Anhalt zwischen 2005 und 2020 (vollständige Quellenbilanz ohne LULUCF).

¹ Eine vollständige Übersicht der einzelnen Sektoren befindet sich in Abbildung 12 auf Seite 50.

Entwicklung in den einzelnen Sektoren

Die nähere Betrachtung der einzelnen Sektoren offenbart unterschiedliche Entwicklungsrichtungen in den vergangenen Jahren:

Die **Energiewirtschaft**, als derzeit für das Emissionsgeschehen relevantester Sektor in Sachsen-Anhalt, hatte auch den größten Anteil an den Veränderungen der Gesamtbilanz. Während hier zwischen 2005 und 2017 eine Minderung von rund 2,0 Mio. t CO₂e zu verzeichnen war, stiegen die Emissionen im Jahr 2018 wieder um mehr als 1,4 Mio. t CO₂e an (siehe Tabelle 1). An den Minderungen in den Jahren 2019 und 2020 hat die Energiewirtschaft den größten Anteil. Nach Daten des Emissionshandels ist eine erhebliche Reduktion erkennbar. Allein das Kraftwerk Schkopau verringerte seine Emissionen von 2018 auf 2019 um rund 2,3 Mio. t CO₂e und von 2019 auf 2020 erneut um 0,8 Mio. t CO₂e [7]. Damit zeigen sich nicht zuletzt auch die Erfolge des Ausbaus der erneuerbaren Energien im Strombereich verstärkt auch in der Quellenbilanz. Große Teile des Ausbaus hatten in den Jahren zuvor zu einem Stromexport über die Landesgrenzen geführt und dort zu einer Emissionsreduktion beigetragen.

Im **verarbeitenden Gewerbe** konnten nicht-energiebedingte Prozessemissionen zwischen 2005 und 2018 um rund 0,8 Mio. t CO₂e gemindert werden, vor allem durch technische Minderungsmaßnahmen in der Produktion von Salpetersäure, Adipinsäure und Schäumen sowie durch eine gesunkene Zementproduktion. In dem gleichen Zeitraum hat die dynamische wirtschaftliche Entwicklung einen stark steigenden Energieverbrauch mit sich gebracht. Dies führte zu Mehremissionen von fast 1,1 Mio. t CO₂e. Zusammengenommen stiegen die Emissionen des verarbeitenden Gewerbes insgesamt daher um rund 0,3 Mio. t CO₂e. Für die Jahre 2019 und 2020 zeigen vorliegende Informationen für den Sektor eine Abnahme, die für manche Industriezweige, wie z. B. die mineralische Industrie jedoch vergleichsweise gering ausfällt.

Die Minderungen der Emissionen im **Gebäudebereich** zwischen 2005 und 2018 betragen rund 0,9 Mio. t CO₂e. Gründe sind höhere Standards bei Neubauten, die erfolgreiche Durchführung von energetischen Gebäudesanierungen und Heizungsmodernisierungen bei Bestandsbauten, der Wechsel zu CO₂-ärmeren Energiequellen aber auch vergleichsweise milde winterliche Bedingungen. Für die Jahre 2019 und 2020 wird auf Basis bundesweiter Daten davon ausgegangen, dass der Trend zur weiteren Effizienzsteigerung von anderen Entwicklungen konterkariert wird, also zunächst keine weiteren Minderungen erfolgen.

Im **Verkehrsbereich** konnten Treibhausgasemissionen im Zeitraum von 2005 bis 2018 nur geringfügig um etwa 0,1 Mio. t CO₂e reduziert werden. Alternative Antriebe spielen nach wie vor noch eine untergeordnete Rolle. Zudem hat die Entwicklung, dass höhere Fahrleistungen die höhere Fahrzeugeffizienz fast vollständig kompensieren, vermutlich auch in der Phase zwischen 2005 und 2018 und darüber hinausgehend im Jahr 2019 angehalten. Die besonderen Bedingungen des Jahres 2020 mit seinen pandemie-bedingten Bewegungseinschränkungen hat vermutlich zu einer Minderung von über 10 % gegenüber dem Jahr 2019 geführt.

Im Sektor **Landwirtschaft** machte sich in den Jahren 2005 bis 2017 der Ausbau der Biogasproduktion bemerkbar: Emissionen aus Gülle und Mineraldüngeranwendung sanken, aber gleichzeitig stiegen Emissionen aus der Lagerung und Nutzung organischer Stoffe. Im Jahr 2018 war es vor allem die Dürre, die die landwirtschaftliche Bewirtschaftung beeinträchtigte

und damit auch zu geringeren Emissionen durch geringere Mineraldüngerverwendung führte. Unter dem Strich sanken die Emissionen der Landwirtschaft in dieser Phase um etwa 0,2 Mio. t CO₂e. In den Jahren 2019 und 2020 bleiben die Emissionsmengen (unter anderem durch die Witterungsbedingungen und den Rückgang von Tierbeständen) auf relativ niedrigem Niveau.

Die Emissionen des Sektors **Abfall- und Abwasser** sanken zwischen 2005 und 2018 um 0,7 Mio. t CO₂e. Die Minderung erfolgte vor allem im Bereich diffuser Methanemissionen von Deponien. Seit 2005 ist die Deponierung von biologisch abbaubaren Abfällen nicht mehr zugelassen. Es ist entsprechend auch in der Zukunft von weiteren Minderungen in dem Sektor auszugehen. In den Jahren 2019 und 2020 liegen diese unter 0,1 Mio. t CO₂e.

Tabelle 1: Treibhausgasemissionen der unterschiedlichen Sektoren in Sachsen-Anhalt

Sektor	2005	2016	2017	2018	2019	2020
	[Mio. t CO ₂ e]	(vorläufige Schätzung) [Mio. t CO ₂ e]	(vorläufige Schätzung) [Mio. t CO ₂ e]			
Verkehr	4,1	4,0	4,0	4,0	4,0	3,5
Gebäude (und sonstige Feuerungsanlagen)	5,0	4,2	3,9	4,1	4,3	4,2
Energiewirtschaft ²	14,6	13,0	12,6	14,2	} 16,7	} 15,3
Verarbeitendes Gewerbe						
- Energie	4,1	4,8	4,8	5,2		
- Prozessemissionen	4,2	3,4	3,4	3,6	3,4	3,3
F-Gase und sonstige Prozesse	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Landwirtschaft	2,8	2,8	3,0	2,5	2,3	2,3
Abfall und Abwasser	1,7	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
Summe (ohne LULUCF)	37,1	33,8	33,5	35,1	31,7	30,1

Ausblick

Für das Jahr 2050 streben Europäische Union und Bundesregierung Treibhausgasneutralität an. Konkrete Minderungsschritte für Deutschland sind im Bundesklimaschutzgesetz festgehalten. Mit der bevorstehenden Novellierung wird Treibhausgasneutralität auf Bundesebene voraussichtlich bereits bis zum Jahr 2045 angestrebt. Bis zum Jahr 2040 sollen Treibhaus-

² inkl. diffuse Brennstoffemissionen

gasemissionen um 88 % gegenüber dem Jahr 1990 gemindert werden. Ausgehend von dieser Perspektive ergibt sich für Sachsen-Anhalt die Anforderung, jedes Jahr das Niveau der Emissionen um über 1,13 Mio. t CO₂e zu senken. In den vergangenen 15 Jahren lag die Minderung bei durchschnittlich 0,47 Mio. t CO₂e/ Jahr, in den vergangenen 10 Jahren bei 0,60 Mio. t CO₂e/ Jahr. Das bisherige Minderungstempo reicht also nicht aus, um die Ziele zu erreichen oder gar eine Vorreiterrolle einzunehmen. Für diese anspruchsvolle Aufgabe ist daher eine Mitwirkung aller politischen und gesellschaftlichen Ebenen relevant.

Am 19. Februar 2019 hat das Kabinett des Landes Sachsen-Anhalt ein Klima- und Energiekonzept für Sachsen-Anhalt beschlossen, in dem Maßnahmen aufgezeigt werden, deren Umsetzung zur Erreichung der Klimaschutzziele beitragen sollen.

Die vorliegenden Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit, die Maßnahmen zeitnah umzusetzen, um einen Beitrag zu dieser langfristigen Aufgabe, die alle wirtschaftlichen Sektoren und alle gesellschaftlich-politischen Ebenen betrifft, zu leisten. Besonders relevant sind die fortzusetzenden Umwälzungen im Energiesektor. Dazu gehört die weitere Leistungssteigerung der erneuerbaren Energien in Sachsen-Anhalt.

Bis zum Jahr 2030 soll der weitere Ausbau der Windenergie über ein Viertel des angestrebten Klimaschutzbeitrags liefern [1, S. 207-209].

1 Einleitung

Dieser Bericht soll Auskunft über Entwicklung der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) im Land Sachsen-Anhalt seit dem Jahr 2005 und deren Stand im Jahr 2018 geben. Der Bericht baut auf den Informationen des Statistischen Landesamtes auf. Um eine vollständige, an internationalen Standards orientierte Zusammenstellung der Emissionsquellen in Sachsen-Anhalt zu präsentieren, werden die Bilanzen durch weitere Informationen ergänzt. Mit einer Auswertung zusätzlicher Quellen, die mit geringem Zeitverzug vorliegen, wird zudem die Tendenz der Emissionsentwicklung bis einschließlich 2020 eingeschätzt. Diese Schätzdaten haben eine deutlich geringere Sicherheit als die Daten der amtlichen Statistik, geben aber einen vorläufigen Eindruck der jüngeren Entwicklungen.

Auch in Zukunft ist eine umfassende Information zu der Entwicklung von Treibhausgasemissionen erforderlich: Im Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung ist die Perspektive einer treibhausgasneutralen Gesellschaft für Deutschland verankert und mit dem im Jahr 2019 verabschiedeten und jüngst novellierten Bundes-Klimaschutzgesetz ist der über das Jahr 2020 hinausgehende ambitionierte Weg skizziert. Für das Jahr 2040 gilt entsprechend Bundes-Klimaschutzgesetz eine Treibhausgasminderung von 88 % gegenüber dem Basisjahr 1990. Auf europäischer Ebene wird voraussichtlich in diesem Jahr mit dem europäischen Klimaschutzgesetz eine Anhebung des europäischen Klimaziels beschlossen.

Wird, wie im vergangenen Jahr, bundesweit die im Klimaschutzgesetz für einen Sektor festgelegte Emissionshöchstmenge überschritten, hat das zuständige Ministerium laut Gesetz drei Monate Zeit, ein Sofortprogramm vorzulegen, das Vorschläge für Maßnahmen enthält. In diesem Jahr wird das Bundesbauministerium ein entsprechendes Programm für den Gebäudebereich vorlegen müssen. Damit wird das Gesetz auch für den Gebäudebereich in Sachsen-Anhalt konkrete Folgen haben.

Auch in Sachsen-Anhalt wird es wichtig sein, Entwicklungen frühzeitig zu beobachten. Es ist daher geplant, diesen Bericht in regelmäßigen Abständen fortzuschreiben und damit unter anderem eine Bezugsbasis für die Einschätzung der Wirksamkeit von Minderungsmaßnahmen zu schaffen.

Der vorliegende Bericht gliedert sich nach einer Beschreibung der Methoden in folgende inhaltliche Schwerpunkte:

- Hintergrund: In Kapitel 3 erfolgt ein kurzer Überblick über soziodemographische und ökonomische Entwicklungen im Land Sachsen-Anhalt in dem Betrachtungszeitraum 2005-2018, die relevant für die Entwicklung der Treibhausgasemissionen sind. Darauf folgt in Kapitel 4 eine Darstellung wesentlicher Ergebnisse aus der Energiebilanz Sachsens-Anhalts, mit einem Schwerpunkt auf Änderungen zwischen den Jahren 2005 und 2018. Dieses Vorgehen ist darin begründet, dass der allergrößte Teil von Treibhausgasemissionen auf der energetischen Verwendung fossiler Rohstoffe beruht. Veränderungen im Emissionsgeschehen von Treibhausgasen sind meist direkt auf Veränderungen in der Verwendung von Energierohstoffen zurückzuführen.
- Treibhausgasinventar: Kerninhalt des vorliegenden Berichtes ist die eigentliche Bilanzierung der Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2018 in Kapitel 5. Diese erfolgt in

Anlehnung an die methodischen Vorgaben der internationalen Berichterstattung und baut im Wesentlichen auf Daten des statistischen Landesamtes auf. Für die jeweiligen Sektoren wird dabei auch eine Abschätzung der Emissionsentwicklung der weiteren Entwicklung der Jahre 2019 und 2020 vorgenommen. Dafür werden zusätzliche Datenquellen zugrunde gelegt. Die Genauigkeit der Schätzung ist – da abschließende Daten der amtlichen Statistik erst mit größerem Zeitverzug vorliegen – zwangsläufig geringer als die des Treibhausgasinventars.

2 Methodisches Vorgehen

Bei der Bilanzierung der Treibhausgase für das Jahr 2018 erfolgt eine Anlehnung an den nationalen Inventarbericht 2020 [2] und demzufolge eine methodische Orientierung an den gängigen Bilanzierungsregeln der internationalen Klimaberichterstattung. Die Erstellung der Quellenbilanz orientiert sich am Territorialprinzip (d. h. es werden die Emissionsquellen von Treibhausgasen innerhalb der Landesgrenzen berücksichtigt) und an der spezifischen sektoralen Gliederung, dem Common Reporting Format, CRF (vgl. Tabelle 2)

Zur Ermittlung von Werten wurden zunächst sämtliche vorliegenden Datenquellen für die Quellenbilanz zusammengestellt. In den wenigen Fällen, in denen keine Daten vorlagen, mussten diese auf Basis des nationalen Inventarberichtes 2020 abgeschätzt werden.

Berichtet werden Emissionen von CO₂, CH₄, N₂O und von fluorhaltigen Treibhausgasen (F-Gase). Zur Summenbildung und für Gesamtaussagen wurde die jeweils unterschiedliche Wirkintensität der Treibhausgase berücksichtigt.³ Die Darstellung im Bericht erfolgt daher durchgehend in CO₂-Äquivalenten (CO₂e).

Tabelle 2: Verwendete Sektorengliederung der Emissionsberichterstattung (entspricht der CRF-Gliederung) [1].

Sektor	Bezeichnung
1	Energie
1 A	Verbrennung von Brennstoffen
1 A 1	Energiewirtschaft
1 A 2	Verarbeitendes Gewerbe
1 A 3	Verkehr
1 A 4	Übrige Feuerungsanlagen
1 A 5	Sonstige mobile Quellen / Militär
1 B	Diffuse Emissionen aus Brennstoffen
2	Industrieprozesse und Produktanwendung
2 A	Mineralische Industrie
2 B	Chemische Industrie
2 C	Metallproduktion

³ Umrechnung entsprechend Global Warming Potential-(GWP)-Faktoren - GWP CH₄ = 25, GWP N₂O = 298, F-Gase siehe [1]).

Sektor	Bezeichnung
2 D	Verwendung von nichtenergetischen Produkten aus Brennstoffen und Lösemitteln
2 E	Elektronik-Industrie
2 F	Anwendung als ODS-Ersatzstoff
2 G	Sonstige, Anwendung von Holzkohle, Lachgas aus Sprengstoffen
2 H	Andere Produktionen
3	Landwirtschaft
3 A	Fermentation bei der Verdauung
3 B	Wirtschaftsdünger-Management
3 D	Nutzung landwirtschaftlicher Böden
3 G	Kalkung (Carbonate)
3 H	Anwendung von Harnstoff
3 I	Anwendung sonstiger kalkhaltiger Dünger
3 J	Emissionen aus Vergärung von Energiepflanzen (Fermenter und Gärrestelager)
4	Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft
5	Abfall- und Abwasserwirtschaft
5 A	Abfalldeponierung
5 B	Bioabfallbehandlung
5 D	Abwasserbehandlung
5 E	Mechanisch-biologische Abfallbehandlung

Der Sektor der übrigen Feuerungsanlagen (1 A 4) wird maßgeblich bestimmt durch den Raumwärmebedarf der privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD), umfasst aber auch Emissionen von Feuerungsanlagen der landwirtschaftlichen Betriebe. In den Übersichten wird daher zum Teil die Bezeichnung Gebäude (und sonstige Feuerungsanlagen) gewählt. Damit entspricht der Sektor nicht genau dem Gebäudesektor gemäß Klimaschutzgesetz. Dieser ordnet abweichend die Brennstoffeinsätze in Land- und Forstwirtschaft und Fischerei dem Sektor Landwirtschaft zu.

Bei der Ermittlung der Emissionshöhe der berichteten Gase werden Emissionspfade entsprechend der Richtlinien des *International Panel on Climate Change* (IPCC) berücksichtigt. Sogenannte indirekte Treibhausgase (z. B. NO_x oder über Methan hinausgehende flüchtige organische Substanzen (NMVOC), d. h. Gase, die selbst keine Treibhauswirkung haben, aber die Bildung anderer Treibhausgase beeinflussen), sind derzeit nicht berichtspflichtig und werden im vorliegenden Bericht nicht aufgeführt. In Biomasse gebundener und als CO₂ wieder freigesetzter Kohlenstoff wird bilanziell ebenfalls nicht erfasst (z. B. CO₂-Ausstoß von Anlagen, die Holz verbrennen).

Der Bereich Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft ist im vorliegenden Inventar nicht berücksichtigt, soll aber in einer zukünftigen Fassung aufgenommen werden. Auch im Rahmen der amtlichen Statistik wurde dieser Bereich bislang nur nachrichtlich erfasst. Mit der Verordnung 2018/841 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Umsetzung des Paris-Abkommens sind diese Emissionen in den nationalen Inventarberichten in

Zukunft verpflichtend mit zu berichten [3]. Mit der Verabschiedung des EU-Klimaschutzgesetzes wird der Sektor wahrscheinlich auch Teil des angepassten EU-Klimaziels.

Die Schätzung der Emissionsentwicklung in den Jahren 2019 und 2020 baut auf den Werten des Inventars 2018 auf und nutzt jeweils prozentuale Änderungen bereits vorliegender Datensätze als Schätzgrundlage.

Für die Bereiche, deren Emissionen dem europäischen Emissionshandel unterliegen (CRF 1 A 1, 1 A 2 und 2 A-B), können große Teile der Emissionsentwicklung mit hoher Sicherheit abgeschätzt werden. Eine moderate Sicherheit kann für die Emissionen im Sektor Landwirtschaft (CRF 3) angenommen werden, da sich die amtlichen Werte zu größten Teilen direkt aus bereits vorliegenden Agrarstatistiken zum Jahr 2020 herleiten.

Geringere Sicherheiten ergeben sich für die restlichen Bereiche, die jedoch nur etwa ein Drittel der Gesamtemissionen Sachsen-Anhalts ausmachen. Da für diese Bereiche keine landesspezifischen Daten für das Jahr 2020 vorliegen, wurden die Emissionen anhand des Bundestrends abgeschätzt.

Datenquellen

Bei den Emissionsdaten bis zum Jahr 2018 handelt es sich um eine Zusammenstellung bereits vorliegender Daten. Die wichtigste Quelle ist das Statistische Landesamt Sachsen-Anhalt mit

- statistischen Daten, die nach Umwelt- und Energiestatistikgesetz erhoben wurden und in der Internetpräsenz des Amtes laufend veröffentlicht werden [3]
- gemeinsam nach einheitlicher Methode berechnete und bereitgestellte Daten des Länderarbeitskreises Energiebilanzen (LAK) [5] und
- gemeinsam veröffentlichte Daten des Arbeitskreises umweltökonomische Gesamtrechnung (UGRdL) [6].

Zur Erstellung einer vollständigen und an den Richtlinien des IPCC orientierten Treibhausgasbilanz für 2018 (vgl. Kasten) sowie für die Schätzung des Inventars in den Jahren 2019 und 2020 wurde zusätzlich auf weitere Datenquellen Bezug genommen:

- Nationaler Inventarbericht (NIR) – Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll – Umweltbundesamt sowie Thünen Institut (Berechnungen zu THG-Emissionen aus der Landwirtschaft (betrifft Kapitel 5.4) [1].
- Daten von Anlagen in Sachsen-Anhalt, die nach Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz emissionshandelspflichtig sind [7]
- Daten des Arbeitskreises Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder [8].
- Agrarstatistische Daten: Viehbestand – Fachserie 3 Reihe 4.1, Düngemittelversorgung – Fachserie 4 Reihe 8.2 sowie Wachstum und Ernte – Feldfrüchte - Fachserie 3 Reihe 3.2.1 ([9], [10], [11]) sowie
- Vorjahresschätzung der Treibhausgasemissionen Deutschlands [12]

Hinweis: Die präsentierten Ergebnisse des THG-Inventars 2018 beruhen zum größten Teil auf statistischen Daten und entsprechen den in den Datenplattformen des Statistischen Landesamtes Sachsen-Anhalt, des Länderarbeitskreises Energiebilanzen bzw. der „Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder“ veröffentlichten Werten.

Abweichungen betreffen:

- Ergänzung der Emissionen von F-Gasen und der CO₂-Emissionen aus der Landwirtschaft
- Nutzung von Daten aus der Emissionsberichterstattung zur Bestimmung von Prozessemissionen

Die vorliegende Arbeit zielt auf die Erstellung einer vollständigen, an den nationalen Inventarbericht angelehnten Quellenbilanz. Offizielle Zahlen des Statistischen Landesamtes für F-Gas-Emissionen sowie Prozessemissionen für das Jahr 2018 existieren derzeit nicht.

Auch Informationen für Lachgas- und Methanemissionen im Rahmen der UGRdL existieren für das Jahr 2018 derzeit noch nicht. Wie auch die präsentierten Schätzwerte für die Jahre 2019 und 2020 werden die vorläufig geschätzten Werte im nächsten Bericht durch vorliegende amtliche Informationen ersetzt.

Der Länderarbeitskreis Energiebilanzen überarbeitet rückwirkend bei wesentlichen methodischen Umstellungen auch bereits veröffentlichte Energiebilanzen der Vorjahre. Im Jahr 2021 steht eine solche große Revision an. Dies wird in zukünftigen Fassungen dieses Inventars berücksichtigt. Die rückwirkende Anpassung von Datenreihen an den jeweils aktuellsten Stand der Erkenntnisse ist den Daten Grundlagen zu Emissionsinventarisierung ein übliches Vorgehen.

3 Sozioökonomische Entwicklungen

Sachsen-Anhalt zählte im Jahr 2018 rund 2,2 Millionen Einwohner und somit etwa 10 % weniger als 2005. Damit ist der Bevölkerungsrückgang etwas geringer ausgefallen als beispielsweise in der 4. regionalisierten Bevölkerungsprognose des Statistischen Landesamtes erwartet wurde: In dieser Prognose von 2007, die dem damaligen Klimaschutzkonzept zugrunde lag, war von einem um etwa 50.000 Personen höheren Rückgang ausgegangen worden [1].

Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) Sachsens-Anhalts betrug im Jahr 2018 rund 62,0 Mrd. €. Seit dem Jahr 2005 ist es um ca. 36,0 % gestiegen (nicht preisbereinigt). Diese Steigerung lag unter dem Wert für Gesamt-Deutschland (+46,7 %). Die Bruttowertschöpfung (BWS) entwickelte sich mit einer etwas geringeren Steigerungsrate auf rund 55,9 Mrd. €. In Summe ist der Anteil Sachsens-Anhalts am deutschen BIP gesunken und lag 2018 bei 1,8 %.

Das BIP hat sich in der Zeitspanne von 2005 bis 2018 mit einer Pro-Kopf-Steigerung von 50,7% gegenüber dem bundesdeutschen Durchschnitt von +43,9 % etwas besser entwickelt (nicht preisbereinigt). Auch wenn eine leichte Angleichung des Pro-Einwohner-Wertes erreicht werden konnte, lag das BIP im Jahr 2018 mit 27.997 €/EW insgesamt noch deutlich unter dem Bundesdurchschnitt von 40.485 €/EW.

Tabelle 3: Entwicklung der Bruttowertschöpfung in Sachsen-Anhalt 2005-2018. Die Buchstaben entsprechen der Wirtschaftszweigklassifikation (Ausgabe 2008 – WZ 2008) [8].

	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	Produzierendes Gewerbe			Dienstleistungsbereiche	Volkswirtschaft insgesamt
	A	B-F	C	F	G-T	A-T
[Mrd. €]		insgesamt	davon: Verarbeitendes Gewerbe	davon: Baugewerbe		
2005	0,7	12,3	7,7	2,4	28,3	41,2
2006	0,7	13,3	8,5	2,4	29,2	43,1
2007	0,9	14,6	9,3	2,6	29,3	44,8
2008	1,1	14,7	9,6	2,7	29,7	45,5
2009	0,8	12,9	7,6	2,8	29,6	43,3
2010	1,0	14,7	9,2	3,0	30,2	46,0
2011	1,3	14,5	8,8	3,2	30,9	46,7
2012	1,3	15,8	9,4	3,4	31,5	48,6
2013	1,4	15,9	9,8	3,2	32,3	49,5
2014	1,4	16,1	9,9	3,4	33,2	50,7
2015	0,9	16,7	10,3	3,5	34,0	51,6
2016	1,1	17,3	10,7	3,6	34,7	53,1
2017	1,3	17,7	10,7	3,7	35,7	54,8
2018	1,0	18,2	10,6	4,0	36,7	55,9
2019	1,1	18,8	10,7	4,6	37,8	57,7
2020	1,0	18,4	10,0	4,9	37,2	56,7
Veränderung 2005-2018						
Delta [%]	46	49	37	68	30	36
Delta [Mrd. €]	0,3	5,9	2,9	1,6	8,4	14,7

Den höchsten Anteil an der Gesamtwirtschaft von Sachsen-Anhalt hatte 2018 der Dienstleistungsbereich mit 66 %, die BWS nahm dort seit 2005 um 8,4 Mrd. € bzw. 30 % zu. Die BWS im produzierenden Gewerbe⁴ stieg um 5,9 Mrd. € bzw. 49 % gegenüber dem Jahr 2005 und entwickelte sich damit gegenüber der Gesamtwirtschaft überdurchschnittlich (vgl. Tabelle 3). Das produzierende Gewerbe hat damit einen Anteil von 33 % an der Bruttowertschöpfung. Dieser Wert liegt leicht über dem Bundesdurchschnitt, wobei besonders der Anteil des Baugewerbes⁵ von Bedeutung ist, dessen Bruttowertschöpfung von 2005 bis 2018 um 1,6 Mrd. € gestiegen ist.

⁴ Bereiche B-F der Wirtschaftszweiggliederung (WZ 2008).

⁵ Bereich F der Wirtschaftszweiggliederung (WZ 2008).

Innerhalb des verarbeitenden Gewerbes⁶ war die Entwicklung durch energieintensive Bereiche dominiert. Ein besonders hohes Umsatzwachstum hatten die chemisch-pharmazeutische Industrie (ca. 2,8 Mrd. €/a), Gummi- und Kunststoffwaren (ca. 0,9 Mrd. €/a) der Ernährungssektor (ca. 0,9 Mrd. €/a)⁷, sowie die Bereiche, die der statistischen Geheimhaltung unterliegen (>2 Mrd. €/a), zu denen maßgeblich die Mineralölraffination beiträgt.

4 Energiebilanz: Energieverwendung in Sachsen-Anhalt

Das Statistische Landesamt führt als Teil seiner Aufgaben unterschiedliche Erhebungen zum Energiebereich in Sachsen-Anhalt durch. Eine der jährlichen Veröffentlichungen ist die Energiebilanz, die als weitgehend lückenlose und detaillierte Darstellung des Aufkommens und der Verwendung von Energieträgern in Sachsen-Anhalt charakterisiert werden kann. Die Energiebilanz bietet eine Übersicht über die energiewirtschaftlichen Verflechtungen und ist wichtigste Grundlage für die Abschätzung von energiebedingten Treibhausgasemissionen. Aus diesem Grund werden im Folgenden wesentliche Ergebnisse dargestellt.

Im vorliegenden Bericht wird auf den Primärenergieverbrauch, den Umwandlungsbereich und die unterschiedlichen Bereiche des Endenergieverbrauchs eingegangen. Der Fokus liegt dabei auf emissionsrelevanten Veränderungen zwischen 2005 und 2018. Abschließend wird anhand vorliegender Kennziffern bereits ein Ausblick auf die Jahre 2019 und 2020 gegeben und eine Einordnung vorgenommen.

Der Primärenergieverbrauch (PEV) bezeichnet den Energiegehalt aller im Land eingesetzten Energieträger. Der Begriff umfasst Primärenergieträger, wie zum Beispiel Braunkohlen, Mineralöl oder Erdgas, die entweder direkt genutzt oder in Sekundärenergieträger, wie zum Beispiel Kohlebriketts, Kraftstoffe, Strom oder Fernwärme, umgewandelt werden. Berechnet wird der PEV als Summe aller im Inland gewonnenen Energieträger zuzüglich des Saldos der importierten/exportierten Mengen sowie der Bestandsveränderungen.

In der Umwandlungsbilanz werden Einsatz und Ausstoß der verschiedenen Umwandlungsprozesse erfasst. Zudem werden der Verbrauch an Energieträgern in der Energiegewinnung und im Umwandlungsbereich sowie Fackel- und Leitungsverluste berücksichtigt. Unter Umwandlung wird die Änderung der chemischen und/oder physikalischen Struktur von Energieträgern verstanden. Als Umwandlungsprodukte fallen Sekundärenergieträger und nicht-energetisch verwendbare Produkte (Nichtenergieträger) an.

Als Endenergieverbrauch wird die Verwendung von Energieträgern in den einzelnen Verbrauchergruppen ausgewiesen, soweit sie unmittelbar der Erzeugung von Nutzenergie dienen. Der Endenergieverbrauch ist energetisch und energieökonomisch somit noch nicht die letzte Stufe der Energieverwendung. Es folgen noch die Nutzenergiestufe und die Energiedienstleistung, die in der Energiebilanz jedoch nicht abgebildet werden.

⁶ Bereich C der Wirtschaftszweiggliederung (WZ 2008).

⁷ Werte gerundet, die Angabe detaillierter Werte ist aufgrund der 2008 erfolgten Umgliederung der Wirtschaftszweige und einer z. T. erfolgten veränderten Zuordnung nicht möglich (vgl. auch Anhang 1)

4.1 Primärenergieverbrauch

Der Primärenergieverbrauch (PEV) in Sachsen-Anhalt lag im Jahr 2018 bei 543 PJ. Gegenüber dem Wert des Jahres 2005 ist er, trotz Einwohnerrückgangs um etwa 10 % gestiegen⁸. Die Steigerung erfolgte nahezu vollständig auf der steigenden Nutzung erneuerbarer Energiequellen, deren Primärenergieverbrauch sich seit dem Jahr 2005 auf fast 104 PJ mehr als verdreifacht hat (vgl. Tabelle 4). Der PEV von Mineralölen und Gasen liegt auf dem gleichen Niveau, nur der PEV von Braunkohle war in dem Zeitraum nennenswert rückläufig.

Tabelle 4: Primärenergieverbrauch in Sachsen-Anhalt 2005 und 2018

Primärenergieverbrauch nach Energieträgern	2005 [PJ]	2018 [PJ]	2005 [Anteil]	2018 [Anteil]
Steinkohle	5,0	4,4	1 %	1 %
Braunkohle	94,2	85,4	19 %	16 %
Mineralölprodukte (Saldo)	163,9	171,7	33 %	32 %
Gase	186,5	183,1	38 %	34 %
Erneuerbare Energien	30,4	103,9	6 %	19 %
Abfälle und Andere	10,7	18,1	2 %	3 %
Strom: Nettoimporte (+) bzw. -exporte (-)	0,7	-23,6	0 %	-4 %
Primärenergieverbrauch gesamt	490,8	543,0	100 %	100 %

Biomasse stellt den größten Anteil der erneuerbaren Primärenergie (60,3 %), gefolgt von Wind- und Solarenergie (vgl. Tabelle 5). Bei der Solarenergiegewinnung (maßgeblich Photovoltaik) waren vor allem in den vergangenen Jahren große Zuwächse zu verzeichnen. Während diese im Jahr 2005 einen nur sehr geringen Anteil von 0,3 % des PEV der erneuerbaren Energien lieferte, stellte sie im Jahr 2018 mit ca. 9,3 PJ etwa 9 % des gesamten PEV-Beitrags aus erneuerbaren Energiequellen. Die Nutzung anderer erneuerbarer Energiequellen (Wasserkraft, Deponie- und Klärgas, Umweltwärme in Wärmepumpen) nahm insgesamt zwar zu (+0,5 PJ), ihr Anteil ist dennoch leicht gesunken.

⁸ Damit ergibt sich ein – gegenüber 2005/2006 ansteigender Pro-Kopf-Trend. Vgl. auch <https://www.la-nuv.nrw.de/liki/index.php?liki=A3>

Tabelle 5: Beitrag erneuerbarer Energiebereitstellungspfade zum Primärenergieverbrauch 2005 und 2018

Primärenergieverbrauch aus erneuerbaren Energieträgern nach Energieträgern	2005 [PJ]	2018 [PJ]	2005 [Anteil]	2018 [Anteil]
Wasserkraft	0,2	0,3	1 %	0 %
Windkraft	8,5	30,1	28 %	29 %
Solarenergie	0,1	9,3	0 %	9 %
Biomasse ⁹	20,5	62,6	67 %	60 %
Sonstige Erneuerbare (inkl. Klär- und Deponiegas)	1,0	1,6	3 %	2 %
Primärenergieverbrauch aus erneuerbaren Quellen gesamt	30,4	103,9	100 %	100 %

Der Selbstversorgungsgrad ist trotz sinkender Bedeutung der Braunkohle durch die gestiegene Nutzung erneuerbarer Energiequellen deutlich gestiegen. Der Anteil der wichtigsten Importrohstoffe Erdöl und Erdgas ist seit dem Jahr 2005 von 71,4 % auf 65,3 % gesunken.

⁹ In der kommenden Revision des LAK wird eine neue Methode zur Abschätzung des Brennholzverbrauchs in privaten Haushalten verwendet, was eine verbrauchsgenaue Länderzuordnung ermöglicht. Die Revision wird rückwirkend bis 2003 durchgeführt. Für Sachsen-Anhalt ergibt sich dann eine Absenkung des Verbrauchs fester Biomasse im Sektor private Haushalte. Wegen der Emissionsneutralität der Biomasse ergeben sich keine Veränderungen bei den Treibhausgasergebnissen.

4.2 Umwandlungsbereich

Im Bereich der Stromproduktion haben seit dem Jahr 2005 umfassende Veränderungen stattgefunden. Der Wandel ist insgesamt durch stark steigende Strommengen, bei rückläufigen fossilen Anteilen und einem steilen Anstieg der Strombereitstellung aus Windkraft, Photovoltaik und auch Biomasse charakterisiert. Seit 2005 hat sich die Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien mehr als vervierfacht. Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Bruttostromerzeugung lag beginnend im Jahr 2015 jedes Jahr über dem aus fossilen Quellen. Die Stromproduktion aus Braunkohle und Erdgas ist im Zeitraum 2005-2018 gegenüber dem Ausbau der erneuerbaren Energiegewinnung weniger deutlich zurückgegangen (vgl. Abbildung 2).

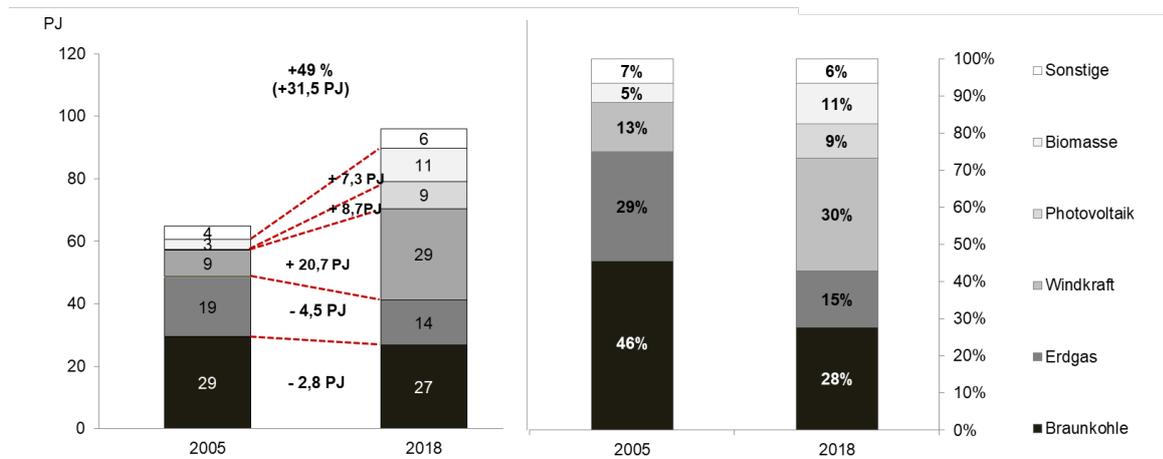


Abbildung 2: Zusammensetzung der Bruttostromerzeugung nach Erzeugungspfad in den Jahren 2005 und 2018 in PJ (links) und Anteile (rechts).

Gleichzeitig wurden in den Heizkraftwerken der allgemeinen Versorgung im Jahr 2018 19,7 PJ Fernwärme in Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) erzeugt. Dieser Wert ist gegenüber dem Jahr 2005 leicht rückläufig (-2,0 PJ), obwohl die Fernwärmeerzeugung insgesamt von 31,8 auf 35,1 PJ gestiegen ist. Damit ist der KWK-Anteil an der Fernwärmeerzeugung von rund 68 % auf rund 57 % gesunken.

In der Fernwärmeerzeugung lieferte Erdgas den größten Beitrag [15]. Die aus erneuerbaren Quellen und Abfällen erzeugte Fernwärme hat deutlich an Bedeutung gewonnen. In den Heizkraftwerken und Heizwerken der allgemeinen Versorgung ist ihr Anteil von 1,5 % auf 14,3 % gestiegen.

Ein weiterer, für die Treibhausgasbilanz Sachsen-Anhalts hoch relevanter Teil des Umwandlungsbereiches, ist die Erzeugung von Mineralölprodukten. So wurden in Raffinerien im Jahr 2018 rund 489 PJ, maßgeblich Rohöl, eingesetzt und 451 PJ an Umwandlungsprodukten hergestellt.

4.3 Endenergieverbrauch

Der Endenergieverbrauch wird untergliedert in die Bereiche Bergbau/Gewinnung von Steinen und Erden/verarbeitendes Gewerbe¹⁰, Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen und Verkehr.

Verarbeitendes Gewerbe

Der Endenergieverbrauch des verarbeitenden Gewerbes lag im Jahr 2016 bei 151,4 PJ. Er hat in der Zeitspanne von 2005 bis 2018 um 36,4 PJ zugenommen. Den mit weitem Abstand größten Anteil an dieser Entwicklung hatte die wirtschaftliche Dynamik in der chemischen Industrie, deren jährlicher Energiebedarf zwischen den Jahren 2005 und 2011 und dann erneut in den Jahren 2016 bis 2018 stark anstieg (+26,6 PJ). Aufgrund der vergleichsweise hohen Bedeutung sind zudem der Sektor Glas, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden und der Sektor Papierverarbeitung zu nennen (+ 4,3 bzw. +3,9 PJ).

Bemerkenswert ist, dass die Sektoren Ernährung und Herstellung von Gummi und Kunststoffen trotz vergleichsweise hoher Umsatzsteigerungen (vgl. Kapitel 3) relativ geringere Veränderungen des Energiebedarfs zeigten. Die Steigerungen waren vor allem auf einen steigenden Einsatz von Erdgas (+19,4 PJ), Fernwärme (+11,2 PJ) und Strom (+7,8 PJ) zurückzuführen.

Der größte Teil der Energieverwendung im verarbeitenden Gewerbe erfolgte zur Wärmeerzeugung (2015: ca. 80 %, davon wiederum >80 % Prozesswärme), gefolgt von mechanischer Energie (ca. 16 %). Kälteanwendungen, Informations- und Kommunikationstechnologie und Beleuchtung machen jeweils nur etwa ein Prozent des Endenergiebedarfs aus ([12], [13]).

¹⁰ Wirtschaftszweige B und C, im Folgenden wird dafür verkürzend der Begriff „verarbeitendes Gewerbe“ genutzt.

Tabelle 6: Endenergieverbrauch der Unternehmen im verarbeitenden Gewerbe Sachsens-Anhalts in den Jahren 2005-2016. Datenquelle: Energiebilanz Sachsen-Anhalt [3].

Graue gedruckte Werte enthalten einzelne, auf Basis der Vor- bzw. nachfolgenden Jahre geschätzte Zahlen. Kursiv gedruckte Werte (2005-2007) sind mit den Daten der nachfolgenden Jahre aufgrund der unterschiedlichen Gliederung der Wirtschaftszweige nicht exakt vergleichbar (für die vorgenommene Zusammenstellung vgl. Anhang 3)

[PJ]	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2005-2018 [%]	2005-2018 [PJ]
Ernährung	13,7	14,4	12,3	11,7	12,1	12,6	12,9	12,7	11,1	12,5	12,4	12,9	13,2	16,0	17%	2,3
Holzgewerbe	2,9	3,2	3,4	3,1	4,8	4,8	3,9	3,4	4,5	4,5	4,8	4,1	4,5	3,6	25%	0,7
Papier	11,3	12,4	13,4	13,1	14,1	14,1	13,7	14,0	13,6	13,3	13,0	12,4	13,9	15,2	34%	3,9
Chemie	46,1	50,6	56,0	51,5	52,3	55,8	66,3	68,5	68,6	69,4	67,0	67,5	70,3	72,7	58%	26,6
Gummi- und Kunststoffwaren	2,6	2,5	2,6	2,5	2,5	2,8	2,7	3,3	2,8	3,0	2,9	3,0	3,0	2,8	7%	0,2
Glas, Keramik, Verarbeitung von Steinen/Erden	20,7	21,0	24,4	22,9	20,9	22,3	23,5	23,6	23,5	24,1	23,9	23,2	24,1	25,0	21%	4,3
Metallerzeugung u. -bearbeitung	6,3	6,7	7,1	7,1	5,5	6,4	6,6	6,5	6,4	6,5	7,9	8,2	8,2	8,2	29%	1,9
Metallerzeugnisse	1,8	1,9	2,0	2,1	2,0	2,4	2,4	2,2	2,3	2,2	2,2	2,2	2,3	n.v.	n.v.	n.v.
Fahrzeugbau	1,0	1,0	1,1	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	-30%	-0,3
Sonstige Wirtschaftszweige	8,7	8,8	9,6	9,5	8,7	9,7	6,7	6,4	5,3	6,1	6,0	6,2	7,8	4,9	-43%	-3,8
Summe Verarbeitendes Gewerbe	115,0	122,5	131,9	124,2	123,6	131,5	139,4	141,2	138,8	142,2	140,7	140,4	148,0	151,4	32%	36,4

Für die chemische Industrie¹¹ zeigt Abbildung 3 eine Untergliederung der Energieverbräuche für die Jahre 2005 und 2018. Es lässt sich demnach ein großer Teil des gestiegenen Energieverbrauchs auf einen höheren Prozesswärmebedarf zurückführen. Dieser wurde durch einen höheren Einsatz von Erdgas (+13,5 PJ) sowie einen gestiegenen Verbrauch von Fernwärme (+ 8,5 PJ) gedeckt. Nennenswert sind hier zudem die Steigerungen des Stromverbrauchs (+3,3 PJ) und des Verbrauchs von Braunkohle (+3,0 PJ, Steigerung durch die Inbetriebnahme neuerer Braunkohleanlagen bereits vor 2007). Trotz der Zunahme hat Strom mit einem Anteil von 21 % eine im Vergleich der Verbrauchsanteile geringere Bedeutung als im Jahr 2005.

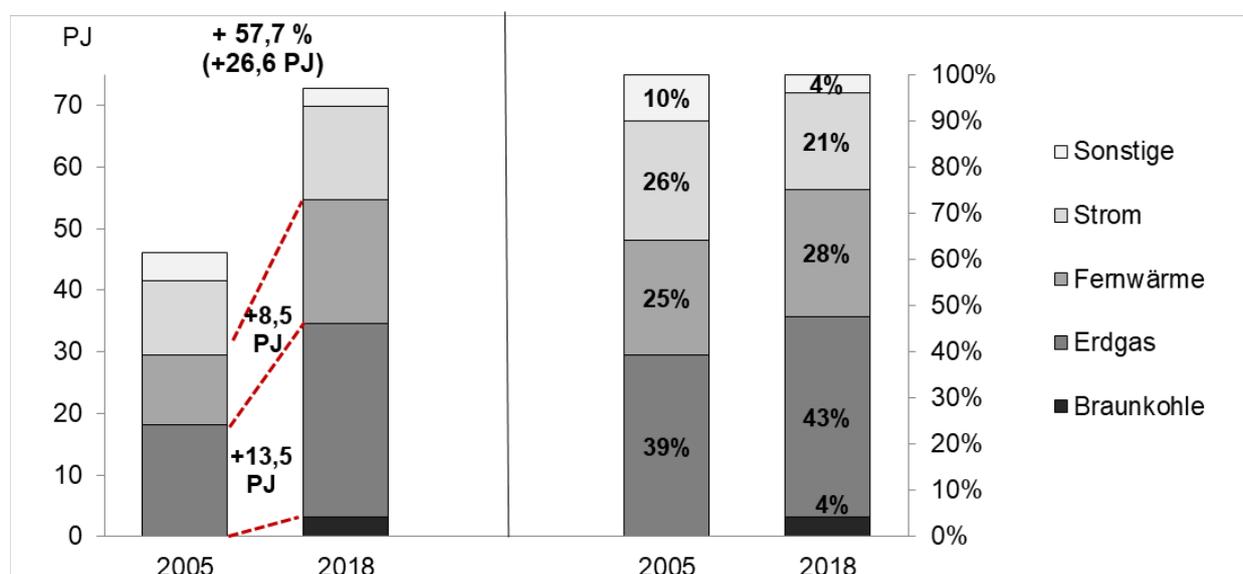


Abbildung 3: Endenergieverbrauch der chemischen Industrie 2005 und 2016 in PJ (links) und Anteile (rechts).

Gebäude (und sonstige Feuerungsanlagen)

Sowohl der Endenergieverbrauch der Privathaushalte¹² als auch der des von Gewerbe, Handel und Dienstleistungen lag im Jahr 2018 unter dem des Jahres 2005. In Summe beider Sektoren sank der Verbrauch um etwa 6 PJ von 119 PJ auf 113 PJ (vgl. Abbildung 4). Die Wärmeerzeugung machte mit >85 % den größten Anteil aus. Mechanische Energie (rd. 5 %), Kälteanwendungen, Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) und Beleuchtung (jeweils ca. 3 %) sind von deutlich geringerer Bedeutung ([16]; [17])

Im Jahr 2018 erfolgte die direkte Nutzung erneuerbarer Energien in Höhe von etwa 13 PJ in diesen Sektoren. Der größte Anteil davon (ca. 11,3 PJ) ist auf die Nutzung von Brennholz in

¹¹ 2005 (WZ 2004): Herstellung von chemischen Erzeugnissen; 2016: (WZ 2008): Herstellung von chemischen Grundstoffen; Sonstige Herstellung von chemischen Erzeugnissen, vgl. Anhang 1.

¹² Entspricht LIKI-Indikator A 3.2, vgl. <https://www.lanuv.nrw.de/liki/>

Privathaushalten zurückzuführen.¹³ Die Nutzung von Umweltwärme (über Wärmepumpen, 0,88 PJ) und Solarthermie (0,56 PJ) spielen derzeit noch eine untergeordnete Rolle.

Der Einsatz fossiler Brennstoffe (Erdgas und Heizöl) ging in dem Zeitraum 2005-2018 deutlich zurück.

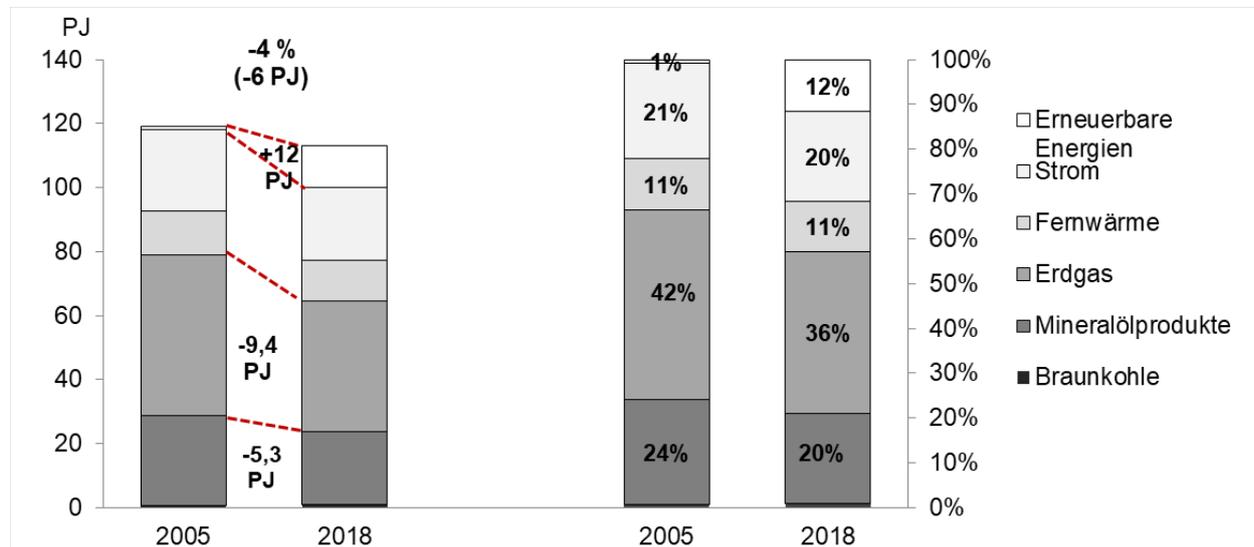


Abbildung 4: Endenergieverbrauch von Gebäuden und sonstigen Feuerungsanlagen (Haushalte, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen) 2005 und 2018 in PJ (links) und Anteile (rechts).

Der insgesamt leicht gesunkene Energieverbrauch gegenüber 2005 ist wahrscheinlich auf unterschiedliche Faktoren zurückzuführen. So sorgte der im Jahr 2018 temperaturbedingt vergleichsweise geringe Heizenergiebedarf insbesondere im Frühjahr für einen geringeren Verbrauch in diesem Sektor (siehe auch unten, Endenergiebedarf insgesamt). Darüber hinaus sind auch der Bevölkerungsrückgang sowie die deutlich höhere Energieeffizienz neu errichteter Gebäude in dem Zeitraum zu nennen.

Verkehr

Die Energiebilanz des Landes Sachsen-Anhalt weist den Endenergieverbrauch im Verkehr aus. Es erfolgt eine Untergliederung in unterschiedliche Energieträger sowie in die Bereiche Schienenverkehr, Straßenverkehr, Luftverkehr und Binnenschifffahrt. Nicht enthalten sind die Kraftstoffverbräuche der Landwirtschaft.

Insgesamt betrug der ausgewiesene Endenergieverbrauch des Verkehrs im Jahr 2018 57,9 PJ. Seit 2005 hat sich dieser lediglich um ein PJ verringert. Sehr deutlich zeigt sich die Verschiebung vom Otto- zum Dieselmotorkraftstoff. Letzterer machte im Jahr 2018 fast 2/3 des ge-

¹³ Bei der Darstellung der erneuerbaren Energien ist auf die zwischen 2005 und 2006 geänderte Erfassung von fester Biomasse zu verweisen. Dargestellte Werte für das Jahr 2005 beruhen demnach auf einer anderen Methode. Ein direkter Vergleich sollte daher nur mit Vorsicht vorgenommen werden.

samten Endenergieverbrauchs aus. Andere Energieträger wie Strom (derzeit noch fast ausschließlich Bahnstrom), biogene Kraftstoffe, Erdgas oder Flüssiggas hatten zwar einen leicht steigenden Anteil. Mit insgesamt 9,6 % des Endenergieverbrauchs waren sie im Jahr 2018 noch von eher untergeordneter Bedeutung.

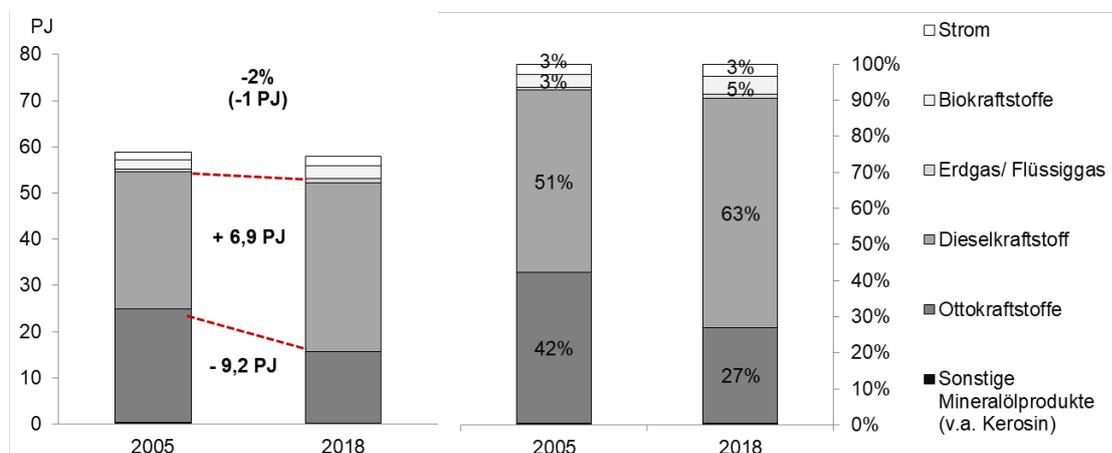
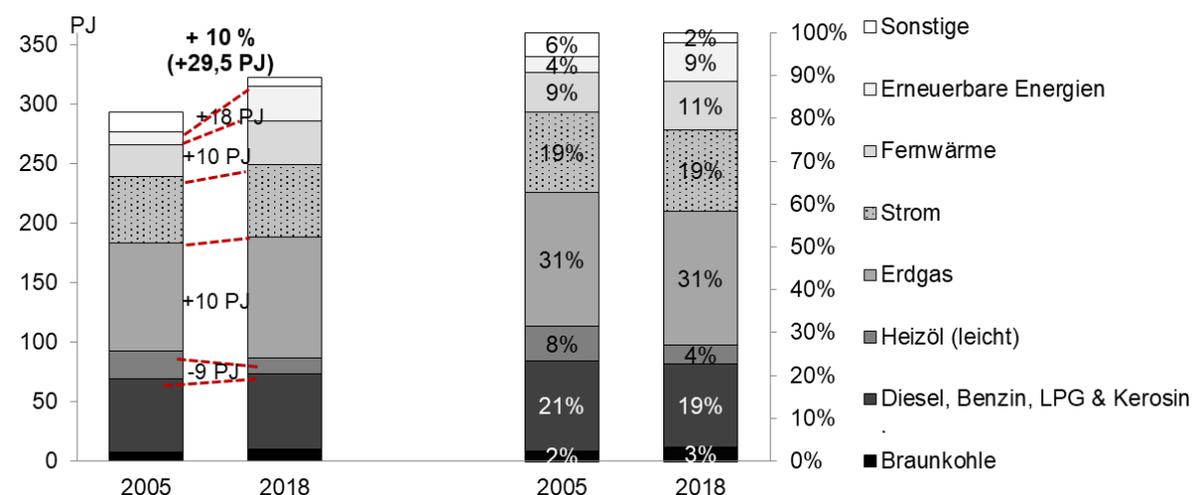


Abbildung 5: Endenergieverbrauch (Energiebilanz) im Verkehr 2005 und 2018 in PJ (links) und Anteile der unterschiedlichen Endenergieträger (rechts).

Endenergieverbrauch insgesamt

Insgesamt hat der Endenergieverbrauch in Sachsen-Anhalt im Betrachtungszeitraum von 293 PJ auf 322 PJ zugenommen (+ ca. 29 PJ, entspricht + 10 %).

In der Zusammensetzung der Energieträger sind Verschiebungen zu erkennen: So trugen vor allem erneuerbare Energieträger (betrifft insbesondere Wärme und Verkehr¹⁴, +18 PJ), Erdgas (+10 PJ) und Nutzung von Fernwärme (+10 PJ) zu dem Anstieg bei. Im Gegenzug sank der Endenergieverbrauch von Heizöl (leicht) gegenüber dem Jahr 2005 deutlich (- 9 PJ).



¹⁴ Die Stromproduktion aus erneuerbaren Quellen wird in der Umwandlungsbilanz berücksichtigt (vgl. Abbildung 2). Im Endenergieverbrauch wird der als Endenergie verbrauchte Strom nicht weiter differenziert.

Abbildung 6: Endenergieverbrauch aller Sektoren 2005 und 2018 nach Energieträgern in PJ (links). Anteile der unterschiedlichen Endenergieträger (rechts).

Der leichte Rückgang in Gebäuden (GHD und private Haushalte) und Verkehr bei deutlicher Steigerung im verarbeitenden Gewerbe¹⁵ (+36 PJ) führen zu einem deutlich höheren Anteil des verarbeitenden Gewerbes am gesamten Endenergieverbrauch (47 %). Der Verbrauch wird dominiert durch Wärmeanwendungen (> 2/3 des gesamten Endenergieverbrauchs, davon fast die Hälfte industrielle Prozesswärme), gefolgt von mechanischer Energie (> 1/4 des gesamten Endenergieverbrauchs, davon ca. 2/3 Verkehr) ([16]; [17])

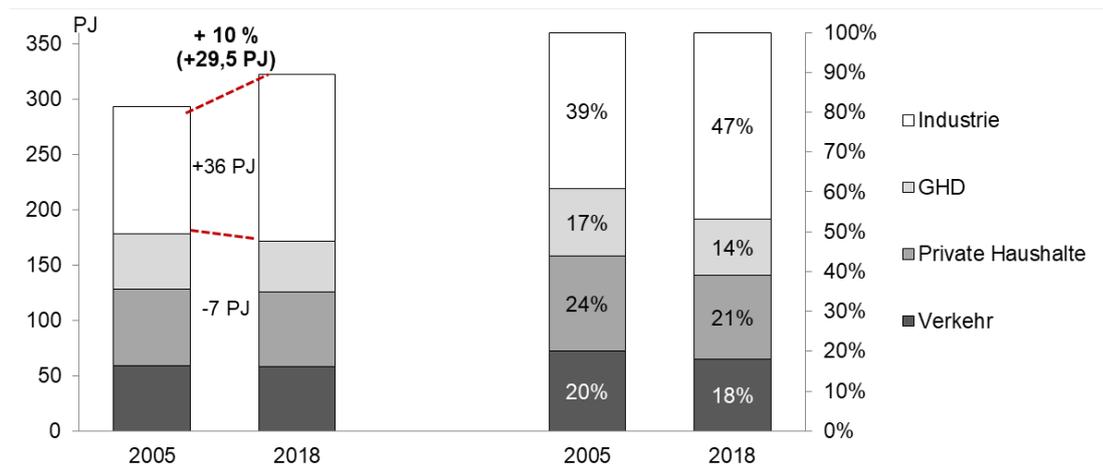


Abbildung 7: Endenergieverbrauch aller Sektoren 2005 und 2018 nach Sektoren in PJ (links) und Anteile der Sektoren (rechts).

Teilweise zeigen sich zwischen der Entwicklung des Primärenergieverbrauchs und der Entwicklung des Endenergieverbrauchs unterschiedliche Tendenzen: Der Endenergieverbrauch von Erdgas stieg, der von Erdöl sank, während die Primärenergieverbräuche jeweils etwa konstant waren. Dies lässt sich beim Erdgasverbrauch u.a. auf einen geringeren Einsatz im Umwandlungssektor zurückführen. Beim Erdöl sind der im Verhältnis zum Umwandlungsausstoß höhere Primärenergieeinsatz bei gleichzeitig deutlich gesunkenem Heizöleinsatz zu nennen.

4.4 Entwicklung in den Jahren 2019 und 2020 sowie Einordnung

Abschließende und vollständige Daten zu Aufkommen und Verwendung von Energieträgern in den Jahren 2019 und 2020 sind erst mit einem zeitlichen Verzug verfügbar. Einige wichtige Informationen zur Beschreibung der jüngeren Entwicklung liegen aber schon vor. Um einen Ausblick und eine Einordnung der Werte zu gewährleisten, wird auf vorliegende Zahlen eingegangen und in der Folge eine Einordnung der Entwicklung vorgenommen.

Für den **Endenergieverbrauch** der unterschiedlichen Sektoren liegen noch vergleichsweise wenige landesscharfe Daten vor:

¹⁵ inkl. Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden (WZ B)

Im **Gebäudebereich** (Haushalte/GHD) ist der Verbrauch am stärksten durch den Raumwärmebedarf geprägt, der den größten Teil des Energieverbrauchs ausmacht. Für die Jahre 2019 und 2020 ist die Fortsetzung des Trends zu mehr Energieeffizienz zu erwarten. Erfahrungsgemäß wird der Trend deutlich von den witterungsbedingten Jahresschwankungen überprägt. Entsprechend UBA (2021) kann eine Grobabschätzung daher auf Basis der jeweiligen Jahresbedingungen (anhand so genannter Gradtagszahlen) erfolgen. Demnach waren die Bedingungen in den Jahren 2019 und 2020 ähnlich den Bedingungen im Jahr 2018. Daher wäre in der Tendenz von einem konstanten Raumwärmebedarf auszugehen. Bereits vorliegende Trends auf Bundesebene zeigen hingegen eine leichtere Steigerung. Da mögliche Gründe wahrscheinlich auch für die speziellen Bedingungen in Sachsen-Anhalt gelten (z. B. vergleichsweise geringe Heizölpreise) ist daher auch hier eher von einer konstanten bis leicht steigenden Entwicklung im Verbrauch auszugehen.

Auch für den Energieverbrauch im Verkehr und im verarbeitenden Gewerbe liegen keine landesspezifischen Daten für die Jahre 2019 und 2020 vor. Im **Verkehr** ist ebenfalls davon auszugehen, dass die Entwicklungen in Sachsen-Anhalt keine großen Abweichungen zu den Entwicklungen auf Bundesebene aufweisen. Aktuelle Daten zum Mineralölabsatz zeigen zunächst eine leichte Steigerung (2019 gegenüber 2018: Benzinabsatz +0,7 %, Dieselabsatz +1,1 %). Im Jahr 2020 erfolgt dann – bedingt durch die Bewegungseinschränkungen in der Corona-Pandemie – eine deutliche Minderung (2020 gegenüber 2019: Benzinabsatz -9,7 %, Dieselabsatz -7,1 %) [18].

Rückschlüsse für eine vorläufige Schätzung des Energieverbrauchs im **verarbeitenden Gewerbe** lassen sich aus den Produktionszahlen ziehen, die monatlich in der Landesstatistik erfasst werden. Für die Jahre 2009-2018 zeigt der Verlauf der Absatzproduktion eine hohe Übereinstimmung mit der Entwicklung des Endenergieverbrauchs energieintensiver Branchen (siehe Abbildung 8). Für die Jahre 2019 kann daher von konstanten bis leicht sinkenden Energiebedarfswerten und für das Jahr 2020 von einer deutlicheren Minderung ausgegangen werden.

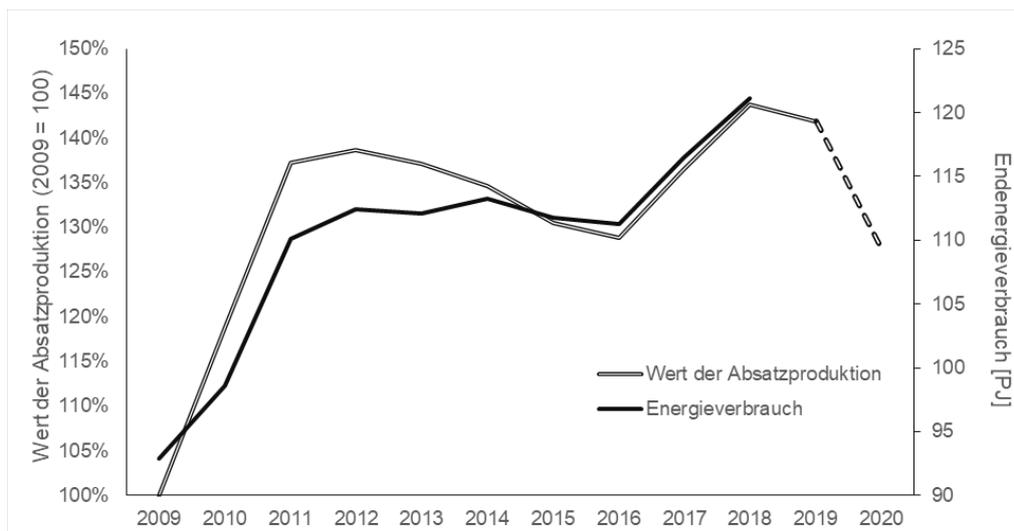


Abbildung 8: Wert der Absatzproduktion und Endenergieverbrauch der energieintensiven Branchen Papier, Chemie, Glas, Keramik, Verarbeitung von Steinen/Erden und Metallherzeugung und -bearbeitung (2020: Vergleich auf Basis der vorliegenden Werte von Januar bis September).

Da die genannten Branchen rund 80 % des gesamten Endenergieverbrauchs des verarbeitenden Gewerbes bedingen, prägen diese Tendenzen wahrscheinlich auch die Gesamtentwicklung des verarbeitenden Gewerbes in den Jahren 2019 und 2020.

Für den **Umwandlungsbereich** zeigen die vorliegenden Monatsstatistiken deutliche Veränderungen. Demnach sanken in Kraftwerken der allgemeinen Erzeugung in den Jahren 2019 und 2020 sowohl Brennstoffeinsatz als auch Nettostrom- und -wärmeerzeugung. Besonders stark betraf dies den Strombereich, während die Wärmeerzeugung nur in geringem Umfang reduziert wurde. Betrachtet man die jeweils ersten drei Quartale 2018, 2019 und 2020, so lag der Wert des Einsatzes nicht-erneuerbarer Brennstoffe im Jahr 2019 bei nur rund 79 % des Wertes von 2018, im Jahr 2020 bei nur rund 70 % (siehe Abbildung 9). Die entsprechende Nettostromerzeugung sank im Jahr 2019 auf 75 % des Wertes von 2018, dann im Jahr 2020 auf 64 %. Da rund drei Viertel aller Brennstoffe zur Stromproduktion in Kraftwerken der allgemeinen Erzeugung eingesetzt wird, ist davon auszugehen, dass diese Entwicklung für den Umwandlungsbereich (Raffinerien ausgenommen) insgesamt charakteristisch ist.

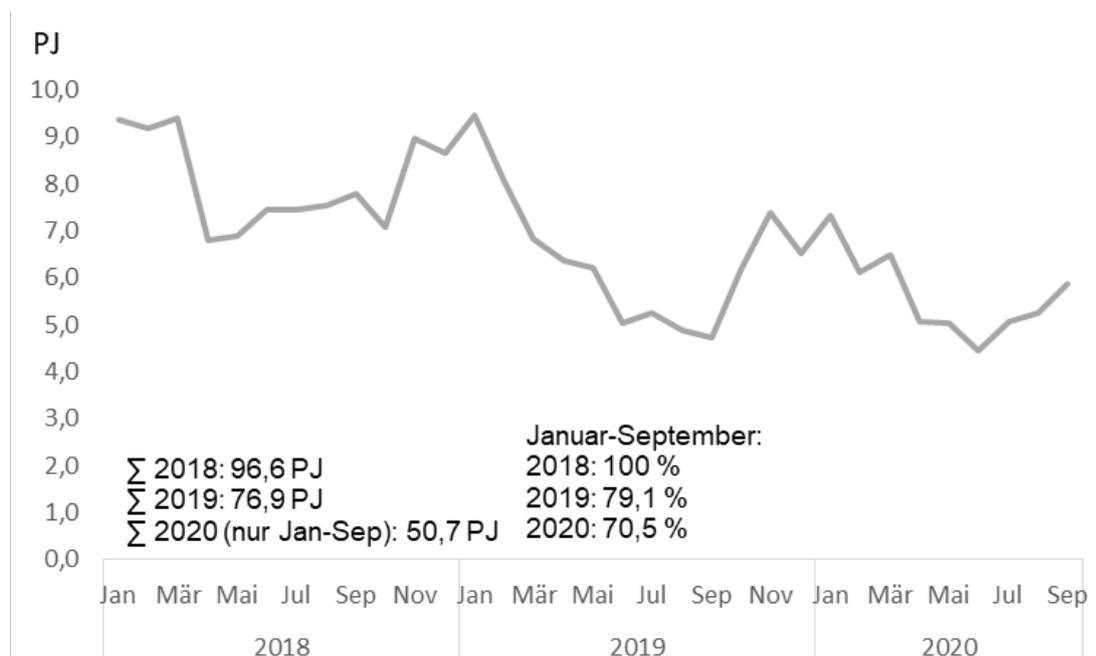


Abbildung 9: Entwicklung des Brennstoffeinsatzes in Kraftwerken der allgemeinen Versorgung

Die Stromgewinnung aus Windkraftanlagen und Photovoltaikanlagen stieg hingegen im Jahr 2019 erneut deutlich. Die Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Quellen insgesamt nahm um rund 10% auf rund 14.940 Mio. kWh zu. Erstmals war die Windkraft etwa genauso bedeutsam, wie die beiden wichtigsten fossilen Quellen Braunkohle (4.959 Mio. kWh) und Erdgas (4.302 Mio. kWh) zusammengenommen (9.261 Mio. kWh).

Ergebnisse für das Netzgebiet des Übertragungsnetzbetreibers 50Hertz¹⁶ deuten darauf hin, dass das Niveau der Windstromerzeugung im Jahr 2020 ähnlich dem des Jahres 2019 war, Photovoltaikanlagen jedoch nochmals deutlich mehr einspeisten (Größenordnung +10%).

Insgesamt ergibt sich für die betrachteten emissionsrelevanten Sektoren daher folgendes Bild:

Tabelle 7: Sektorale Veränderungen in den Jahren 2019 und 2020.

Sektor	2019 Veränderung gegenüber Vorjahr	2020 Veränderung gegenüber Vorjahr	Gesamt Veränderung gegenüber 2018
Endenergieverbrauch			
Verarbeitendes Gewerbe			
Gebäude und sonstige Feuerungsanlagen			
Verkehr			
Summe			
Energiewirtschaft			
fossile Stromerzeugung			
erneuerbare Stromerzeugung			
Summe			

Einordnung

Mit dem Klimaschutzkonzept wurden im Jahr 2008 Szenarien des Energieverbrauchs bis zum Jahr 2020 dargelegt. Die tatsächlichen Veränderungen im Energiesektor weichen stark von den damaligen Szenarien ab.

Dies betrifft die deutliche und nicht antizipierte Steigerung des Energieverbrauchs im verarbeitenden Gewerbe. Auch wenn diese Steigerung aufgrund der Jahre 2019 und 2020 etwas schwächer ausfallen wird, ist entsprechend der wirtschaftlichen Entwicklung seit 2005 ein deutlicher Anstieg im Bereich energieintensiver Industriezweige zu konstatieren. Voraussichtlich bleibt Sachsen-Anhalt das Bundesland mit der geringsten Endenergieproduktivität im Ländervergleich [6].

Auch für den Rückgang des Energieverbrauchs im Gebäudebereich waren deutlich größere Minderungen des Energieverbrauchs angenommen worden. Im Maßnahmenzenario waren diese in einer Größenordnung von rund 30 % angestrebt. Die tatsächliche Minderung liegt

¹⁶ umfasst den gesamten Osten Deutschlands

bei nur wenigen Prozenten. Dies gilt in ähnlicher Form ebenfalls für die Maßnahmen im Verkehr.

Die Entwicklung beim Ausbau erneuerbarer Energien war hingegen deutlich dynamischer als in den Szenarien angestrebt. Dies betrifft den Ausbau insgesamt, vor allem jedoch den Stromsektor. Hier konnte auch das Maßnahmen-Szenario deutlich übertroffen werden.

Steigende Strombedarfe konnten somit ohne zusätzliche Emissionen fossiler Kraftwerke gedeckt werden. Darüber hinaus konnte sich Sachsen-Anhalt viel stärker zu einem Stromexporteur entwickeln als damals bereits angenommen. In der betrachteten Zeitspanne zwischen 2005 und 2018 wurde nur eine geringe Menge der Stromproduktion zur Substitution der fossilen Stromproduktion in Sachsen-Anhalt (<20 %) genutzt oder der Deckung von Mehrbedarfen (jeweils <20 %). Der größte Teil der zusätzlichen Stromproduktion diente eher dem Export und damit der Substitution von fossiler Kraftwerksleistung außerhalb von Sachsen-Anhalt (> 60%).

Das verdeutlicht, dass ein großes Potenzial in der Integration der Strommengen in Nutzungszusammenhänge in Sachsen-Anhalt besteht. Beispielgebend steht dafür die deutliche Reduktion der fossilen Stromproduktion in den Jahren 2019 und 2020. Trotz dieser Reduktion bleibt das Land wahrscheinlich ein großer Stromexporteur. Dies verdeutlicht die weiteren Potenziale, die sich aus einem fortgesetzten Ausbau erneuerbarer Energien und vor allem deren Integration in Nutzungszusammenhänge ergeben.

Zusammenfassung

Die Entwicklungen der Energienutzung in Sachsen-Anhalt seit 2005 sind wie folgt zu charakterisieren:

- Eine **dynamische Entwicklung in der energieintensiven Industrie führt zu steigenden Energiebedarfen**. Vor allem wurde in diesem Sektor mehr Erdgas zur Deckung des Prozesswärmebedarfs eingesetzt.
- In allen **Sektoren liegt der Energieverbrauch über dem erwarteten Trend laut Klimaschutzkonzept 2005 und deutlich über dem Pfad, der dem Klimaziel Sachsen-Anhalts zugrunde liegt**. Im besonderen Maß gilt das für das verarbeitende Gewerbe.
- Es zeigen sich auch in erheblichem Maß **positive Abweichungen** zu den angestrebten Entwicklungen. Die Nutzung **erneuerbarer Energiequellen konnte stärker als angestrebt gesteigert werden** – insbesondere im Strombereich. In den jüngeren Jahren untersetzt der **Ausbau der erneuerbaren Stromproduktion auch eine deutliche Reduktion der fossilen Erzeugung**. Damit wird ein Teil der Potenziale zur Reduktion der Treibhausgasemissionen in der Energiewirtschaft realisiert.
- Mit dem starken Ausbau der erneuerbaren Energien ist – trotz Rückgangs der Braunkohlenutzung – **der Anteil der wichtigsten Importrohstoffe Erdöl und Erdgas am Primärenergieverbrauch gesunken**.
- Die weitere **Integration der erneuerbaren Energien birgt zusätzliche große Potenziale** zur Reduktion emissionsintensiver Produktion.

5 Treibhausgasinventar 2018 für klimarelevante Treibhausgase und Schätzung für die Jahre 2019 und 2020

Die folgenden Kapitel beschreiben die Situation der Treibhausgasemissionen in Sachsen-Anhalt nach Quellenbilanzsystematik im Jahr 2018. Die Gliederung erfolgt auf Basis der Sektorengliederung der Emissionsberichterstattung (vgl. Tabelle 2). In dieser Fassung ist allerdings noch keine Aussagen zu dem Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft enthalten, der im Zuge des im Jahr 2021 novellierten Bundes-Klimaschutzgesetzes in Zukunft eine konkretere Rolle auf dem Weg zur Klimaneutralität haben werden. Eine Ergänzung von Informationen ist für eine zukünftige Fassung des Inventars geplant.

Die Darstellungen zu den jeweiligen Sektoren gliedern sich in

- a) eine Tabelle mit einer tiefergehenden sektoralen Aufgliederung mit den für Sachsen-Anhalt relevanten Emissionsquellen
- b) eine kurze inhaltliche Beschreibungen und Hinweise zu den Datenquellen. Eine detaillierte Beschreibung von Berechnungsmethoden und Datenquellen erfolgt nicht, wenn diese in den zugrundeliegenden Quellen dargelegt ist.
- c) die Darstellung der Ergebnisse. Dabei werden neben den Emissionsdaten für das Jahr 2018 auch die die Verläufe seit 2005 und zum Vergleich der Wert des Jahres 1990 sowie die Schätzungen für die Jahre 2019 und 2020 dargestellt.
- d) Kurze Hinweise zur Datensicherheit und eine Einordnung und Interpretation der Entwicklungen

Eine vollständige Übersicht zu den Emissionen befindet sich in Tabelle 12: Gesamtübersicht der Treibhausgasbilanz (Quellenbilanz ohne LULUCF) für die Jahre 1990, 2005, 2016, 2017 und 2018 auf Seite 63. Dort integriert ist auch eine überschlägige Einschätzung der Datensicherheit.

5.1 Energiebedingte Emissionen von Energiewirtschaft und verarbeitendem Gewerbe¹⁷ (CRF-Sektor 1 A 1-2/ B)

Im Sektor *Energiebedingte Emissionen* werden sämtliche Emissionen erfasst, die aus der energetischen Nutzung fossiler Brennstoffe resultieren. Energiewirtschaft und verarbeitendes Gewerbe sind die beiden größten Teilsektoren. Davon unterliegen meisten Emissionen dem europäischen Emissionshandel.

Neben den direkt aus der Verbrennung resultierenden Emissionen werden in diesem Kapitel auch diffuse Methan-Emissionen aus Brennstoffen berichtet (vgl. Tabelle 8).

5.1.1 Emissionsquellen und verwendete Daten

Verwendet werden Daten des Statistischen Landesamtes, das CO₂-Emissionen auf Basis der Energiebilanz berechnet¹⁸. Zudem werden Daten für N₂O und CH₄ des Arbeitskreises

¹⁷ incl. Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden (WZ B)

¹⁸ Zum methodischen Vorgehen vgl. <http://www.lak-energiebilanzen.de/methodik-der-co2-bilanzen/>, letzter Zugriff am 26.11.2018

UGRdL für die Zusammenstellung genutzt. Der Arbeitskreis multipliziert zur Ermittlung die in der Energiebilanz dokumentierten Brennstoffeinsätze mit Emissionsfaktoren.

Da der größte Teil der Emissionen aus der Energiewirtschaft und dem verarbeitenden Gewerbe zum Emissionshandel verpflichtet ist, kann zudem auf die Daten des Unionsregisters Bezug genommen werden. Diese Daten werden zudem für die Schätzung der Emissionsentwicklung bis 2020 verwendet.

Tabelle 8: Sektorengliederung des Sektors *Energiebedingte Emissionen* (Energiewirtschaft und verarbeitendes Gewerbe) und verwendete Datenquellen

Sektor	Bezeichnung	Quelle			Quelle Schätzung 2019/2020
		Bilanz 2018			
		CO ₂	CH ₄ ^{***}	N ₂ O ^{***}	
1 A					
1 A 1	Energiewirtschaft				DE-U
1 A 1a	Öffentliche Elektrizitäts- und Wärmeversorgung (Fernheizwerke, Strom- und Wärmeversorgung der öffentlichen Kraftwerke)	S	S-U ^{**}	S-U ^{**}	
1 A 1b	Mineralölraffinerien	S	S-U ^{**}	S-U ^{**}	
1 A 1c	Herstellung von Brennstoffen und sonstige Energieerzeuger	S	S-U ^{**}	S-U ^{**}	
1 A 2	Verarbeitendes Gewerbe ¹⁹	S	S-U ^{**}	S-U ^{**}	
1 B	Diffuse Emissionen aus Brennstoffen	-	S-U [*]	-	

Legende: S: Statistisches Landesamt, Tabellen Energie- und Wasserversorgung [3]; S-U: Arbeitskreis Umwelt-ökonomische Gesamtrechnung der Länder [6]; *Eigenberechnung auf Basis UGRdL zur Aufgliederung ** Aufgrund statistischer Geheimhaltung nur als Summenwert. *** vorläufige Verwendung von Daten des Jahres 2017 als Schätzgröße für 2018. - : Keine Emissionen. DE-U: eigene Abschätzung aus Emissionshandelsdaten

Energiewirtschaft (1 A 1)

Die Energiewirtschaft umfasst die öffentliche Elektrizitäts- und Wärmeversorgung sowie Raffinerien. Die Aktivitäten dieses Bereiches sind die bedeutsamste Quelle für CO₂-Emissionen in Sachsen-Anhalt²⁰.

Öffentliche Elektrizitäts- und Wärmeversorgung

Die Emissionshöhe der öffentlichen Elektrizitäts- und Wärmeversorgung wird maßgeblich durch wenige, große Anlagen determiniert [7]. Der größte Teil der Emissionen ist der Stromerzeugung zuzurechnen. Im Jahr 2018 entfiel davon der Hauptteil auf die Nutzung von

¹⁹ incl. Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden (WZ B)

²⁰ Da – bezogen auf die Endenergie – nahezu alle Emissionsquellen durch den Emissionshandel erfasst sind, sind CO₂-Emissionen sowohl über Energiebilanz als auch über Emissionsberichte der DEHSt darstellbar.

Braunkohle: Die Kraftwerke Schkopau, Wühlitz und Deuben verursachten rund 7 Mio. t CO₂e und damit mehr als die Hälfte der Emissionen der Energiewirtschaft insgesamt und über ein Fünftel der gesamten Emissionen in Sachsen-Anhalt.

Mineralölraffination und Herstellung von Brennstoffen

In Sachsen-Anhalt existiert eine Mineralölraffinerie und eine Reihe weiterer Betriebe, die kohlenstoffhaltige Energieträger entsprechend der Wirtschaftszweiggliederung verarbeiten²¹. Dominant, sowohl in der Energiebilanz als auch in Hinblick auf THG-Emissionen ist die Mineralölraffination, bei der zeitgleich in größerem Umfang Methanol produziert wird. Über die auf der Energiebilanz beruhende CO₂-Bilanzierung erfolgt eine Erfassung der vielfältigen, emissionsverursachenden Prozesse. Dazu gehören v. a. der Energieeinsatz in Raffinerie-Unterfeuerungen und Raffineriekraftwerken, der Energieeinsatz zur Methanolproduktion und Fackelemissionen.

Neben den CO₂-Emissionen des Energiesektors spielen Methan- und Lachgasemissionen eine untergeordnete Rolle. Diese werden auf Basis einer Multiplikation der Energie-Einsatzmengen in den unterschiedlichen Feuerungen mit den spezifischen für die jeweilige Emittentengruppe gewichteten Emissionsfaktoren berechnet, die das Umweltbundesamt bereitstellt.

Verarbeitendes Gewerbe (1 A 2)²²

Das verarbeitende Gewerbe in Sachsen-Anhalt umfasst in nennenswertem Umfang energieintensive Betriebe mit hohem Endenergieverbrauch (vgl. Kap. 4). Sämtliche energiebedingten Emissionen werden unter 1 A 2 erfasst.²³

Für ein vollständigeres Bild der Emissionen aus dem verarbeitenden Gewerbe sind zusätzlich die Prozessemissionen zu addieren (vgl. Kapitel 5.3). Zudem ist zu berücksichtigen, dass Emissionen einiger energieintensiver Prozesse auf Strombasis (z. B. Mahl- und Mischvorgänge bei der Zementherstellung) bei den Emissionen der öffentlichen Elektrizitäts- und Wärmeversorgung (s. o.) erfasst sind. Enthalten sind jedoch die Emissionen aus betriebseigenen Stromerzeugungsanlagen innerhalb des verarbeitenden Gewerbes. Zu nennen sind bspw. KWK-Anlagen innerhalb der Papierindustrie oder der chemischen Industrie [15].

Aus der Energiebilanz wird ersichtlich, dass innerhalb des verarbeitenden Gewerbes (1 A 2) vor allem die chemische Industrie mit fast der Hälfte des Energieverbrauchs relevant ist, gefolgt von der mineralischen Industrie und den Sektoren Papier und Ernährungswirtschaft (vgl. Tabelle 6). Einen Überblick über die Emittenten innerhalb dieses Wirtschaftszweiges liefern die Daten des Emissionshandels.

²¹ Wirtschaftszweig 19.20.0, darunter fällt z. B. auch die Herstellung von Schmierölen und -fetten aus Roh- und Altöl, die Herstellung von Paraffin, Vaseline usw. oder die Herstellung von Braunkohlebriketts

²² inkl. Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden (WZ B)

²³ Die nationale Berichterstattung umfasst eine Aufgliederung nach Wirtschaftszweigen (Eisenschaffend (a)/Stahlindustrie, Nichteisen-Metalle (b), Chemische Industrie (c), Zellstoff und Papier (d), Zucker (e), Mineralische Industrie (f) und Sonstige (g)), die im vorliegenden Bericht nicht detailliert aufgeführt wird.

Abgesicherte Werte werden den Daten des Statistischen Landesamtes entnommen. Die Schätzprognose für die Jahre 2019 und 2020 erfolgt auf Basis der Entwicklung innerhalb der emissionshandelspflichtigen Anlagen gemeinsam mit dem Sektor 1 A 1 und 1 B, da die jeweiligen Abgrenzungen zwischen Emissionen der Energiewirtschaft und industrieller Aktivitäten nicht deckungsgleich sind.

Diffuse Emissionen aus Brennstoffen (1 B)

Diese Kategorie beinhaltet Emissionen aus der Gewinnung, Verarbeitung und Verteilung von Brennstoffen. Die wichtigsten Quellen sind die Verteilung von Erdgas, aber auch Emissionen aus Förderung und Abfackelung, die Extraktion und Umwandlung von Braunkohle, Emissionen aus der Raffination von Erdöl sowie Emissionen aus der Lagerung und Verteilung von Mineralölprodukten.

In Sachsen-Anhalt wird im Raum Salzwedel Erdgas gefördert (Felder Altmark, Sanne und Wenze). Im Jahr 2016 entsprach das geförderte Gas einer Energiemenge von 10,4 PJ. Dies entspricht etwa 4,9 % der deutschen Erdgasproduktion und 5,8 % des sachsen-anhaltischen Primärenergieverbrauchs an Erdgas. Eine weitere Quelle der Gasversorgung ist Biomethan. Derzeit wird dieses von mehr als 30 Anlagen mit einer Einspeisekapazität von über 26.000 m³ CH₄/h ins Erdgasnetz eingespeist.²⁴

Emissionen aus der Sauer gasaufbereitung sind in Sachsen-Anhalt nicht zu berichten, da es sich bei der Förderung in Sachsen-Anhalt um Süßgas aus den Schichten des Rotliegenden und nicht den betreffenden schwefelwasserstoffhaltigen Schichten des Zechsteins handelt. Relevanter sind die Emissionen aus dem Gastransport und der -verteilung.

Werte für die Emissionen von Methan und Lachgas wurden den Berechnungen der UGRdL entnommen. Zur Aufgliederung auf die Bereiche feste Brennstoffe und flüssige/gasförmige Brennstoffe wurde geförderte Braunkohlemengen²⁵ mit dem Emissionsfaktor im NIR multipliziert. Das Ergebnis entspricht dem Anteil, der auf feste Brennstoffe entfällt.

5.1.2 Emissionsmengen bis 2018 und Schätzung für die Jahre 2019 und 2020

Im Jahr 2018 lagen die gesamten energiebedingten Treibhausgasemissionen von Energiewirtschaft und verarbeitendem Gewerbe mit zusammen rund 19,5 Mio. t CO₂e um rund 0,7 Mio. t CO₂e über denen des Jahres 2005 (vgl. Abbildung 10 und Tabelle 12 , S. 63).

Maßgeblich für diese Entwicklung war der deutliche Anstieg der energiebedingten Emissionen des **verarbeitenden Gewerbes** um fast 1,1 Mio. t CO₂e. Sie spiegeln damit im Wesentlichen den gestiegenen Erdgaseinsatz, insbesondere für die Prozesswärmeproduktion wider

²⁴ Methanemissionen aus Fermentern und Gärrestlagern werden im Bereich Emissionen aus der Landwirtschaft berichtet (vgl. Kapitel 5.4).

²⁵ Materialkonto, Verwertete inländische Entnahme Braunkohle.

(vgl. Kapitel 4). Dieser war vor allem im Bereich der chemischen Industrie zu verorten. Veränderungen der Emissionen anderer direkt verwendeter Energieträger im verarbeitenden Gewerbe waren im Vergleich dazu von untergeordneter Bedeutung.

Die Minderungen in der **Energiewirtschaft** betragen im Jahr 2018 gegenüber dem Jahr 2005 nur 0,3 Mio. t CO₂e. Noch deutlicher als im verarbeitenden Gewerbe ist hier die dynamische Entwicklung zwischen dem Jahr 2017 und 2018 erkennbar. Im Jahr 2017 hatte die Minderung gegenüber dem Jahr 2005 noch bei über 1,7 Mio. t CO₂e gelegen.

Auf Basis der Daten des Emissionshandels lassen sich für die Jahre 2019 und 2020 deutliche Minderungen erkennen. Erste Auswertungen zeigen, dass vorwiegend die Energieanlagen (also insbesondere Kraftwerke) Emissionen in einer Größenordnung > 20% reduzierten. Industrieanlagen, also Anlagen, die entsprechend des Anhang I des TEHG den Tätigkeiten 7-29 zuzuordnen sind, reduzierten Ihre Emissionen in einem geringeren Umfang. [7]

Bemerkenswert ist, dass der Rückgang in der Energiewirtschaft bereits im Jahr 2019 zu beobachten war und nicht erst mit den Einschränkungen der Corona-Pandemie. Im Jahr 2019 reduzierte allein das Kraftwerk in Schkopau seine Emissionen um 2,3 Mio. t CO₂e gegenüber dem Jahr 2018, im Jahr 2020 erfolgte eine weitere Minderung um 0,8 Mio. t CO₂e.

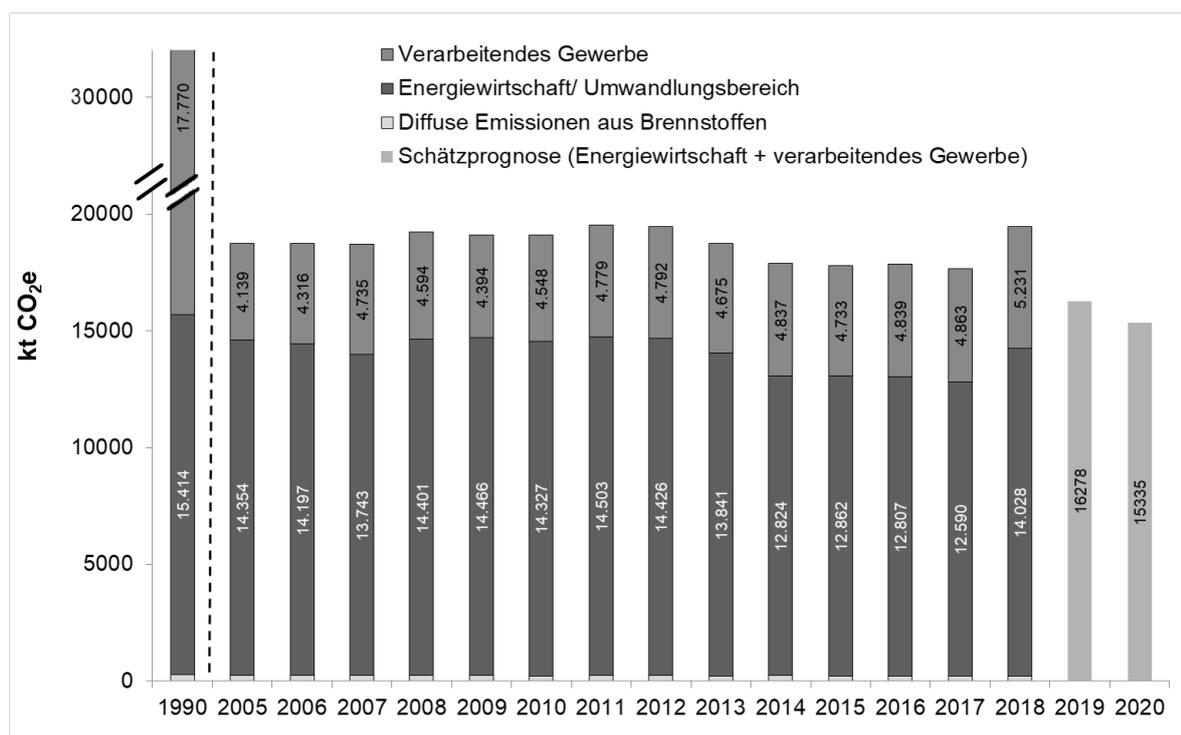


Abbildung 10: Entwicklung der energiebedingten Emissionen in der Energiewirtschaft und im verarbeitenden Gewerbe bis 2018 und Schätzprognose für die Jahre 2019 und 2020.

5.1.3 Datenqualität und Einordnung

Bei den CO₂-Emissionen der stationären Feuerungsanlagen in der Energiewirtschaft und dem verarbeitenden Gewerbe ist insgesamt von einer guten Datenqualität auszugehen.

Bei Lachgas- und Methanemissionen ist die Sicherheit aufgrund der Heterogenität der Bedingungen und der entsprechend nicht vollständig treffsicheren Emissionsfaktoren noch etwas geringer [1]. Gegenüber den Daten des NIR sind Unsicherheiten bezüglich der Treffsicherheit und Aussagekraft noch etwas höher. Grund ist ein zusätzlicher Schritt zur Aufgliederung des bundesweit ermittelten Wertes auf die Bundesländer anhand verfügbarer Kennzahlen. Für die Schätzung der Emissionshöhen der Jahre 2019 und 2020 lässt sich – verglichen zu anderen Sektoren – von einer etwas höheren Sicherheit ausgehen. Diese Unsicherheit beruht nicht auf den Daten der einzelnen Anlagen. Die Daten im Emissionshandel werden mit hoher Genauigkeit ermittelt. Vielmehr beruhen sie darauf, dass Bilanzgrenzen der im Emissionshandel erfassten Emissionen nicht vollständig deckungsgleich mit denen der offiziellen Statistik sind.

Einordnung

Die für den Zeitraum 2005 bis 2020 geschätzten Minderungen lagen bei rund 18,2 %. Damit liegen die Entwicklungen über dem ambitionierten Szenario des KSK das für den Zeitraum 2005-2020 eine Minderung von rund 13,6 % vorsah [14].

Obwohl bisher dafür noch keine abschließenden Daten vorliegen, ist aufgrund der Daten des Emissionshandels davon auszugehen, dass vor allem die Energiewirtschaft und dort die Strom- und Wärmeproduktion den größten Anteil beigetragen hat. Beim verarbeitenden Gewerbe sind die Minderungen deutlich geringer ausgefallen. Bemerkenswert ist, dass der größte Teil der Minderungen in den Jahren 2019 und 2020 stattgefunden hat [7]. Zu erklären ist dies durch die Umwälzungen auf dem Strommarkt, für den unter anderem das Instrument des Emissionshandels relevant war.

Bis zum Jahr 2018 waren die Preise für CO₂-Zertifikate noch vergleichsweise niedrig. Die geringen Zertifikatspreise und entsprechend vergleichsweise geringe Mehrbelastung der emissionsintensiven Stromerzeugung aus Braunkohle führte dazu, dass diese auf dem Strommarkt nur in geringem Umfang durch den Ausbau der erneuerbaren Energien verdrängt wurde (Einsatzreihenfolge/*Merit Order*²⁶). Die dann ansteigenden Preise hatten zuletzt jedoch einen Einfluss auf die Merit Order, so dass verstärkt nicht nur Steinkohle und ältere Gaskraftwerke, sondern auch Braunkohle verdrängt wurde.

5.2 Energiebedingte Emissionen des Verkehrs und von Gebäuden und sonstigen Feuerungsanlagen (CRF-Sektor 1 A 3-5)

Die energiebedingten Emissionen des CRF-Sektors 1 umfassen neben den größeren Anlagen von *Energiewirtschaft* und *Verarbeitendem Gewerbe* auch Emissionen aus vielen kleineren Emissionsquellen. Im Verkehrs- und Gebäudebereich sind dies vor allem Emissionen von Kraftfahrzeugen und Heizungsanlagen.

²⁶ Zur Funktionsweise des Strommarktes vgl. z B. <https://www.smard.de/home/wiki-article/446/384>

5.2.1 Emissionsquellen und verwendete Daten

Verwendet werden Daten des Statistischen Landesamtes, das Emissionsmengen für CO₂ auf Basis der Energiebilanz ermittelt. Zudem werden Daten des Arbeitskreises UGRdL, der Daten für N₂O und CH₄ berechnet berücksichtigt. Die Schätzung für die Jahre 2019 und 2020 erfolgt für die Untersektoren auf Basis von Bundestrends.

Sektor	Bezeichnung	Quelle			Schätzung 2019/2020
		2018			
		CO ₂	CH ₄ ^{***}	N ₂ O ^{***}	
1 A 3	Verkehr	S	S-U	S-U	V
1 A 4 / 1 A 5	Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Land- Forstwirtschaft und Fischerei, Sonstige Feuerungsanlagen (v. a. Militär)	S	S-U ^{**}	S-U ^{**}	V

Legende: S: Statistisches Landesamt, Tabellen Energie- und Wasserversorgung [3]; S-U: Arbeitskreis Umwelt-ökonomische Gesamtrechnung der Länder [6]; ** Aufgrund statistischer Geheimhaltung nur als Summenwert. *** vorläufige Verwendung von Daten des Jahres 2017 als Schätzgröße für 2018. V-Schätzung auf Basis von Bundestrends/ Vorjahresschätzung des Bundes

Verkehr (1 A 3)

Neben den Emissionen aus dem Straßenverkehr (1 A 3b) werden Emissionen aus dem zivilen Luftverkehr (1 A 3a), aus dem Schiffsverkehr (1 A 3d), verbrennungsbedingte Emissionen aus dem Schienenverkehr (1 A 3c) sowie Emissionen des übrigen Verkehrs und weitere Quellen (1 A 3e) berichtet. Zu sonstigen Quellen gehören z. B. Gasturbinen in Erdgasverdichterstationen. Emissionen aus der Stromerzeugung, vor allem für Bahnstrom, sind Teil des Sektors Energiewirtschaft 1 A 1 (s. o.).

Die Verbrennung von Mineralölprodukten im Straßenverkehr spielt die größte Rolle und macht weit über 90 % der sektoralen Emissionen aus. Die in Kapitel 4.3 dargestellten Daten zum Energieverbrauch des Verkehrs beruhen im Allgemeinen auf Statistiken über die Lieferungen an Verkehrsträger. Bei Berechnungen auf dieser Basis ist anzumerken, dass inländische Verkaufsmengen größere Abweichungen zu inländischen Verbrauchsmengen (d. h. den emissionsrelevanten Vorgängen auf den Straßen in Sachsen-Anhalt) aufweisen können.²⁷

Entsprechend der IPCC-Richtlinien sind Vergleiche zu verkehrsleistungsbasierten Daten vorzunehmen (falls Kenntnisse zu Fahrzeugkilometern verfügbar). Demnach zeigt der Vergleich der Werte des Verkehrsemissionskatasters und der aus der Energiebilanz hergeleiteten Werte eine erhebliche absolute Abweichung. Die Veränderungen im Zeitverlauf stimmen jedoch gut überein³¹. Inhalte des Verkehrsemissionskatasters können daher als zusätzliche Informationsquelle zur Interpretation genutzt werden.

²⁷ Dies war bereits im KSK von 2008 herausgearbeitet worden [14]. Nach offiziellen (IPCC-)Richtlinien und Herangehensweisen in der EU werden verkaufte Kraftstoffmengen als ausschlaggebend gewertet. Für die vorliegende Bilanzierung werden die CO₂-Emissionen des Verkehrs daher den Angaben des Statistischen Landesamtes entnommen, die verkaufte Kraftstoffmengen als Grundlage haben.

Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Land-, Forstwirtschaft und Fischerei; Sonstige und Militär (1 A 4 / 1 A 5, Gebäude)

Die Emissionen aus einer heterogenen Gruppe von kleinen und mittleren Feuerungsanlagen werden in dieser Kategorie berichtet. Die Feuerungsanlagen reichen von kleinen Einzelraumfeuerungen (z. B. Kaminöfen) bis hin zu immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen mit einer Nennwärmeleistung von mehreren Megawatt. Im vorliegenden Bericht werden diesem Bereich zudem Emissionen sonstiger Feuerungsanlagen z. B. aus Aktivitäten der Bundeswehr und land- und forstwirtschaftlichen Maschinen zugeordnet.

Die Emissionen beruhen auf den Energieeinsatzmengen, die in der Energiebilanz aufgeführt werden²⁸. Daten werden weitgehend absatzbezogen erhoben, d. h. Datengrundlage sind die Lieferungen an die entsprechenden Verbrauchergruppen.²⁹

Die Emissionen werden dominiert durch Brennstoffeinsätze zur Wärmeerzeugung, (Haushalte: Raumwärme, Warmwasser und Kochen; Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und sonstige Verbraucher: Warmwasser, Raum- und Prozesswärme). Enthalten sind auch Emissionen aus Brennstoffeinsätzen zur Wärmeerzeugung kleiner KWK-Anlagen³⁰, Emissionen aus der Strombereitstellung für Wärmepumpen werden hingegen im Bereich Energiewirtschaft (1 A 1) berücksichtigt.

Der Haupttreiber für die CO₂-Emissionen in 1 A 4 ist der Energieverbrauch für Raumwärme. Schwankungen sind daher teilweise durch die unterschiedlichen winterlichen Kälteperioden erklärbar.

5.2.2 Emissionsmengen bis 2018 und Schätzung für die Jahre 2019 und 2020

Die Emissionen der beiden Sektoren nahmen von 2005 bis 2018 von rund 10,5 auf rund 9,5 Mio. t CO₂e ab. Der Rückgang erfolgte maßgeblich im Bereich der **Gebäude**. Die Minderungen betragen dort rund 0,9 Mio. t CO₂e. Sie lassen sich unter anderem durch höhere energetische Standards bei Neubauten, die erfolgreiche Durchführung von energetischen Gebäudesanierungen und Heizungsmodernisierungen bei Bestandsbauten, durch den Wechsel zu CO₂-ärmeren Energiequellen, aber auch durch milde Witterungsbedingungen erklären.

Die nur geringen Minderungen im **Verkehrsbereich** sind vor dem Hintergrund der stark gestiegenen Verkehrsleistung zu interpretieren. So führten Effizienzsteigerungen zwar zu einer geringeren Emission je Fahrzeugkilometer. Gleichzeitig stiegen die Verkehrsleistungen in der Zeit zwischen 2005 und 2012 auf Sachsen-Anhalts Straßen aber um etwa 947 Mio. Fahr-

²⁸ Zeilen 82-83 bzw. deren Summe in Zeile 84.

²⁹ Private Haushalte, private und öffentliche Dienstleistungsunternehmen und Einrichtungen, Landwirtschaft, Geschäftsgebäude und Räume gewerblicher Art, Gewerbebetriebe mit im allgemeinen weniger als 20 Beschäftigten, soweit nicht im verarbeitenden Gewerbe erfasst.

³⁰ Deren Stromproduktion wird in der Energiebilanz außerhalb von Energiewirtschaft und Industrie unter sonstige Energieerzeuger (Strom) erfasst.

zeugkilometer. Die relevantesten Veränderungen waren die Steigerungen der Verkehrsleistungen auf Autobahnen (Leichte Nutzfahrzeuge +143 Mio Fzkm, Schwerlastverkehr +164 Mio. Fzkm. PKW +239 Mio. Fzkm) und auf Gemeindestraßen (+775 Mio. Fzkm, maßgeblich PKW). Die Fahrleistung auf Bundesstraßen hingegen sank in dem Zeitraum vor allem im Bereich des PKW-Verkehrs (-556 Mio. Fzkm)³¹.

Für die Jahre 2019 und 2020 fand im Gebäudebereich gegenüber dem Jahr 2018 vermutlich keine Minderung der Emissionsmengen statt. Zwar ist von weiteren Steigerungen in der Energieeffizienz auszugehen – gleichzeitig deuten die bundesweiten Daten darauf hin, dass die Nachfrage leicht gestiegen ist. Ein Erklärungsansatz sind die relativ geringen Energiepreise, z. B. für Heizöl, bei gleichzeitiger Aussicht auf eine Steigerung durch die Einführung des Brennstoffemissionshandelsgesetzes, die zu einem höheren Absatz im Jahr 2020 geführt haben könnten.

Im Verkehrsbereich hingegen kann eine deutliche Minderung im Jahr 2020 angenommen werden, die auf die Bewegungseinschränkungen zurückzuführen ist. Unterstellt man den gleichen „Corona-Effekt“ wie auf Bundesebene (-11,4 % gegenüber 2019 bzw. -10,5 % gegenüber 2018) ist von Emissionen von rund 3,5 Mio. t CO₂e auszugehen.

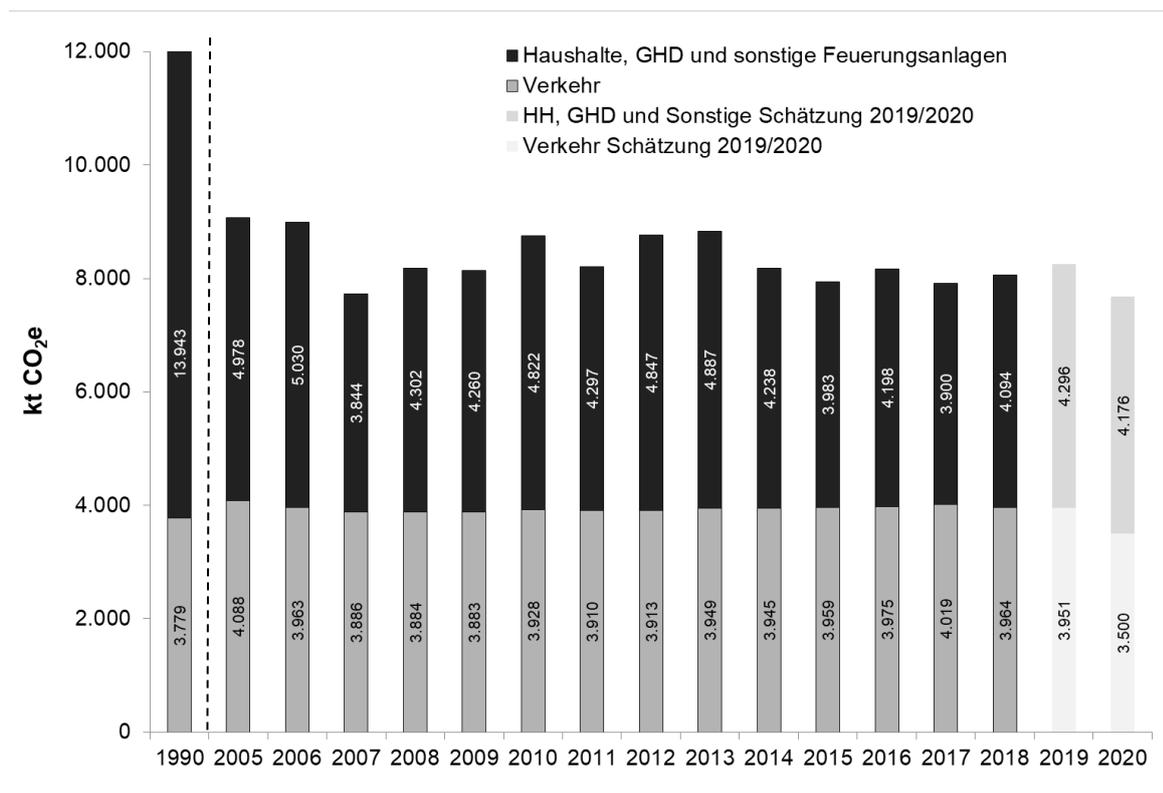


Abbildung 11: Entwicklung der energiebedingten Emissionen von Verkehr, Haushalten, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie sonstiger Feuerungsanlagen bis 2018 und Schätzprognose für die Jahre 2019 und 2020.

³¹ Quelle: Berechnungen zum Verkehrsemissionskataster Sachsen-Anhalt, Landesamt für Umweltschutz, Fachbereich 3.

5.2.3 Datenqualität und Einordnung

Die Datenqualität für die Daten im Verkehrsbereich ist insgesamt vergleichsweise gut. Die Werte für den Bereich Haushalte und GHD (1 A 4) unterliegen einer etwas höheren Unsicherheit, da für diesen Bereich keine umfassende Erfassung aller Einzelquellen erfolgen kann.

Bei Lachgas- und Methanemissionen, die jedoch nur <2 % der Gesamtemissionen ausmachen, ist die Sicherheit aufgrund der Heterogenität der Bedingungen und der nicht vollständig treffsicheren Emissionsfaktoren noch etwas geringer [1]. Gegenüber der Einschätzung des NIR werden bundesweit ermittelte Werte in einem zusätzlichen Schritt anhand verfügbarer Kennzahlen anteilig auf die einzelnen Bundesländern zugeordnet.

Im Gebäudebereich (Haushalte/GHD) war im Klimaschutzkonzept eine Minderung von rund 31% angestrebt. Die tatsächliche Minderung lag deutlich darunter und entspricht somit in etwa dem damaligen Trendszenario (-18 %) Ein möglicher Grund für diese Abweichung könnte darin liegen, dass die Energiepreise – anders als im KSK angenommen – im größten Teil des Betrachtungszeitraums weitgehend auf niedrigem Niveau lagen.

Im Bereich Verkehr waren Minderungen von ca. 13 % bis zum Jahr 2020 angestrebt. Durch den „Corona-Effekt“ könnten diese Minderungen tatsächlich erreicht worden sein. Vermutlich wird dieser Sondereffekt aber nicht von Dauer sein. Betrachtet man nur die Entwicklung bis 2019, so liegen die Emissionen deutlich über dem angestrebten Verlauf. Gründe sind die stark gestiegenen Verkehrsleistung, aber auch der gegenüber den Szenarien geringere Anteil erneuerbarer Energien im Verkehrsbereich und die fehlende Umsetzung von im KSK genannten Maßnahmen (z. B. ökonomische Fahrweise, optimiertes Lkw-Flottenmanagement oder Tempolimits auf Autobahnen) [14].

5.3 Industrieprozesse und Produktanwendung (CRF-Sektor 2)

Im Sektor Industrieprozesse und Produktanwendung werden Emissionen berichtet, die aus chemischen Reaktionen industrieller Herstellungsprozesse resultieren. Zudem werden Treibhausgase berücksichtigt, die bei dem Gebrauch bestimmter Produkte freierwerden. Damit beinhaltet der Sektor eine Bandbreite an emissionsverursachenden Vorgängen und eine Vielzahl unterschiedlicher Treibhausgase – beispielsweise werden sämtliche F-Gase in diesem Sektor berichtet. Tabelle 9 gibt einen Überblick über die in Sachsen-Anhalt relevanten Kategorien und Unterkategorien. Die Kategorien 2 A-C und E beziehen sich direkt auf Industriesektoren. Sie ergänzen die energiebedingten Emissionen des verarbeitenden Gewerbes, die in Kapitel 5.1 berichtet werden. Die Bereiche 2 D, F-G umfassen hingegen maßgeblich Emissionen von F-Gasen, die aus der Verwendung von Produkten resultieren. Bei diesen Emissionen besteht eine z. T. deutlich höhere Unsicherheit bezüglich Zeit und Ort der Emission.

5.3.1 Emissionsquellen und verwendete Daten

Aufgrund der Heterogenität des Sektors und um möglichst sichere Werte zur vollständigen Abdeckung der Emissionen zusammenzustellen, wurde auf unterschiedliche Datenquellen zurückgegriffen.

Für einen Teil von relevanten Prozessemissionen in Sachsen-Anhalt werden durch das Statistische Landesamt bzw. UGRdL Werte veröffentlicht (CO₂: Produktion von Zementklinker, Kalk, Glas, Calciumkarbid, Ammoniak, Soda und Ruß; N₂O: Salpeter- und Adipinsäureproduktion, medizinische Anwendungen; CH₄: Petrochemie und Industrieruß, Holzkohleanwendung). Für die Emissionen im Jahr 1990 wurden diese gebündelten Werte übernommen.

Für die Zeitreihe ab 2005 wurde eine andere Herangehensweise gewählt, auch da Werte des statistischen Landesamtes nicht vollständig vorliegen und eine länderübergreifende Methodenüberarbeitung im Rahmen des LAK Energiebilanzen derzeit in Arbeit ist:

Im Rahmen europäischer und/oder nationaler Berichtspflichten (z. B. PRTR oder nach 11. BImSchV sowie im Rahmen von Emissionshandelsverpflichtungen) erfassen und berichten große Teile der mineralischen und chemischen Industrie Stoffströme und Emissionen. Die Berichte beinhalten anlagenspezifische Werte, die anhand von Messungen oder entsprechend klar definierter Vorgaben zu Berechnungsverfahren ermittelt werden. Darüber hinaus konnten Betreiberangaben genutzt werden. Entsprechende Daten zu Emissionen bzw. darauf aufbauende Auswertungen des UBA wurden verwendet, wenn die Emissionshöhen von Untersektoren als belastbarer als die aus statistischen Daten hergeleiteten Werte eingeschätzt wurden.

Zur Bestimmung der Höhe der Emissionen von F-Gasen wurden Ergebnisse des nationalen Inventarberichtes (NIR) verwendet und der jeweilige Anteil Sachsen-Anhalts anhand von Kennzahlen abgeschätzt (Beispiel: Bevölkerungsanteile).

Tabelle 9: Sektorengliederung des Sektors Prozessemissionen: Darstellung von Kategorien und Unterkategorien mit Emissionen in Sachsen-Anhalt und verwendete Datenquellen

Sektor	Bezeichnung	Quelle ³²				Schätzung 2019/2020
		Bis 2018				
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	F-Gase	
2 A	Mineralische Industrie					DE-U
2 A 1	Zementklinkerproduktion	DE	-	-	-	
2 A 2	Kalkbrennen	DE	-	-	-	
2 A 3	Glasherstellung	DE	-	-	-	
2 A 4a	Keramikproduktion	DE	-	-	-	
2 A 4b	Sonstige Sodaverwendung	NIR	-	-	-	
2 B	Chemische Industrie					
2 B 1	Ammoniakproduktion	DE-B	-	-	-	

³² Für 1990 abweichend von dieser Darstellung: S-U für CO₂, CH₄ und N₂O in den Kategorien 2 A/ 2 B

Sektor	Bezeichnung	Quelle ³²				Schätzung 2019/2020
		Bis 2018				
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	F-Gase	
2 B 2	Salpetersäureproduktion	-	-	DE-B	-	
2 B 3	Adipinsäureproduktion	-	-	DE-B	-	
2 B 7	Sodaherstellung	NIR	-	-	-	
2 B 8	Petrochemikalien und Industrierußproduktion	NIR/ S-U*	S-U*	-	-	
2 C	Herstellung von Metall	-	-	-	NIR	
2 D	Nichtenergetische Produkte aus Brennstoffen	NIR	-	-	-	
2 E	Elektronikindustrie	-	-	-	NIR	
2 F	Anwendungen als ODS-Ersatzstoff					
2 F 1	Kältemittel/ Klimaanlage	-	-	-	NIR	V
2 F 2	Schaumherstellung	-	-	-	NIR	
2 F 3	Feuerlöschmittel	-	-	-	NIR	
2 F 4	Aerosole	-	-	-		
2 F 5	Lösemittel	-	-	-		
2 F 6	Andere Anwendungen, die Ersatzstoffe für ozonabbauende Substanzen (ODS) verwenden	-	-	-		
2 G	Andere Produktherstellung und -verwendungen					
2 G 1	SF ₆ aus elektrischen Betriebsmitteln	-	-	-	NIR	V
2 G 2	SF ₆ und FKW aus sonstiger Produktverwendung	-	-	-	NIR	
2 G 3	Verwendung von N ₂ O	-	-	NIR	-	
2 G 4	Andere (ORC-Anlagen, Holzkohleanwendungen, Feuerwerkskörper)	-	S-U*	NIR	-	
2 H	Sonstige (Geheimhaltung)	-	-	-	NIR	

Legende: DE: Auswertungen der DEHSt; DE-U: eigene Abschätzung aus Emissionshandelsdaten [7]; -: Keine Emissionen; NIR: eigene Anteilsschätzung auf Basis Nationaler Inventarberichts [1]; DE-B: Betreiberangaben/ Emissions(handels)-Berichte [7]; S-U*: Eigene Schätzungen und Berechnungen auf Basis von Daten der UGRdL [6]; V-Eigene Schätzung auf Basis von Bundestrends/ Vorjahresschätzung des Bundes

Mineralische Industrie (2 A)

Prozessemissionen der mineralischen Industrie entstehen maßgeblich in emissionshandelspflichtigen Anlagen. Die Prozessemissionen beruhen auf der Freisetzung von CO₂ aus kohlenstoffhaltigen Mineralien (Carbonaten)³³

Die Anlagen der mineralischen Industrie fallen jeweils ab einer nach Treibhausgasemissionshandelsgesetz vorgegebenen Mindestgröße unter die Emissionshandelspflicht und müssen Prozessemissionen erfassen. Relevant für diesen CRF-Sektor sind in Sachsen-Anhalt zwei Zementklinkerwerke (2 A 1), sieben Anlagen der Kalkindustrie (2 A 2), sieben Anlagen der Glasindustrie (inkl. Mineralwolleherstellung) (2 A 3) und sechs Anlagen zum Brennen keramischer Erzeugnisse (z. B. Hintermauerziegel, Dachziegel, 2 A 4a).

Dabei wurde auf Auswertungen der DEHSt zurückgegriffen, denen die Anteile der Prozessemissionen an den gesamten Emissionen für die jeweiligen Untersektoren entnommen werden konnten. Dieser für einige Jahre vorliegende Anteilswert wurde dann auf die gesamte Zeitreihe bezogen. Die Ergebnisse konnten z. T. zusätzlich anhand von statistischen Daten (Produktionsmengen), Emissionsfaktoren des NIR sowie Daten aus Emissionsberichten (11. BImSchV) geprüft werden³⁴. Dabei wurde weitgehend eine sehr gute Übereinstimmung festgestellt.

Sachsen-Anhalt ist wichtiger Standort für die Produktion³⁵ und Verwendung von Soda. Das Produkt Soda wird in der Industrie für die verschiedensten Anwendungen eingesetzt. Die wichtigsten Einsatzfelder sind die Glasindustrie, die Herstellung von Wasch- und Reinigungsmitteln und die chemische Industrie. Es wird davon ausgegangen, dass der im Soda enthaltene Kohlenstoff unabhängig von der Nutzungsart früher oder später als CO₂ in die Luft freigesetzt wird.

In Sachsen-Anhalt hat die Glasindustrie einen großen Anteil an den Emissionen (berichtet unter 2 A 3). Für Emissionen der restlichen Sodaverwendung in Sachsen-Anhalt (Sonstige Sodaverwendung, 2 A 4b; betrifft z. B. Anwendungen in der Industrie) wird vereinfacht davon ausgegangen, dass diese im gleichen Anteilsverhältnis zu den gesamtdeutschen Emissionen steht wie die Produktion. Zur Herleitung wurde daher der Anteil der Produktionsmenge in Sachsen-Anhalt von der gesamtdeutschen Produktionsmenge als Berechnungsgrundlage für die Abschätzung des sachsen-anhaltischen Anteils an der gesamtdeutschen Emissionsmenge gewählt.³⁶

Chemische Industrie (2 B)

³³ Für die Zwecke des nationalen Inventarberichtes wurde eine Übersicht zur Verwendung von Kalkstein erarbeitet („Kalksteinbilanz“). Hintergrund ist, dass CO₂ aus der Verwendung von Kalkstein in unterschiedlichen Bereichen berichtet wird und z.T. in weiteren Prozessschritten Verwendung findet. So werden beispielsweise CO₂-Mengen beim Kalkbrennen in der Zuckerindustrie oder auch im Solvay-Verfahren bei der Sodaherstellung nicht berichtet, da dieses CO₂ in weiteren Prozessschritten wieder eingebunden wird.

³⁴ Bei Zementklinker wurde wie im nationalen Inventarbericht ein Anteil von 2 % Bypassstaub berücksichtigt.

³⁵ Produktionsbedingte Emissionen werden als Teil der chemischen Industrie berichtet (2 B 7, s. u.)

³⁶ Dieser konnte aus vorliegenden Quellen hergeleitet werden, die aber vertraulich sind.

Ammoniakproduktion (2 B 1): In Sachsen-Anhalt befindet sich Deutschlands größte Produktionsanlage für Ammoniak. Diese nutzt das Haber-Bosch-Verfahren zur Ammoniakherstellung auf Basis von Wasserstoff und Stickstoff unter Bildung von CO₂. In einem hochintegrierten Verfahren wird der Wasserstoff in einem Steam-Reforming-Prozess gewonnen. Das entstehende CO₂ wird zu großen Teilen zur Harnstoffproduktion weiter verwendet. Die prozessbedingten Emissionen, die auch für den nationalen Inventarbericht verwendet werden, wurden durch den Hersteller bereitgestellt und übernommen.

Salpeter- und Adipinsäureproduktion (2 B 2 und 2 B 3): Bei einem Verfahrensschritt der Salpetersäureproduktion wird NH₃ in einer katalytischen Reaktion und bei Temperaturen zwischen 800 und 950 °C zu NO oxidiert. Durch unerwünschte Nebenreaktionen wird dabei N₂O gebildet. Auch bei der Adipinsäureherstellung werden im Zuge der Oxidation eines Gemisches von Cyclohexanol und Cyclohexanon mit Salpetersäure erhebliche Mengen an Lachgas gebildet. Zur Minderung der Emissionen kommen bei den Produktionsanlagen inzwischen Zersetzungstechniken zum Einsatz, so dass nur ein Teil der Lachgasmengen tatsächlich emittiert.

In Sachsen-Anhalt gibt es zwei Anlagen zur Salpetersäureproduktion und eine Anlage zur Adipinsäureproduktion, die emissionshandelspflichtig sind [7]. Für diese Anlagen konnten ebenfalls Messwerte aus der PRTR-Datenbank bzw. Betreiberangaben verwendet werden³⁷.

Sodaherstellung (2 B 7): Sachsen-Anhalt ist wichtiger Standort für die Produktion von Soda. Die Produktion in Deutschland geschieht durch die Umsetzung von Natriumchlorid und Kalkstein. Das bei der Produktion entstehende CO₂ wird zu großen Teilen wieder im Prozess verwendet, so dass nur ein Teil der Emissionen frei wird. Die im NIR berichteten Werte wurden anhand des Produktionsanteils auf Sachsen-Anhalt heruntergebrochen. Insgesamt gehen die Emissionswerte in Deutschland und demzufolge auch in Sachsen-Anhalt trotz konstanter Produktionsleistung leicht zurück.

Petrochemie und Industrierußherstellung (2 B 8): In der Petrochemie werden aus Erdgas und Fraktionen des Erdöls organische Grundchemikalien hergestellt, die zu einer Vielzahl an Zwischen- und Endprodukten (hauptsächlich Polymere) weiterverarbeitet werden. In den IPCC Richtlinien von 2006 werden die Produktion der Grundchemikalien (a) Methanol, (b) Ethylen, (c) Ethylendichlorid und Vinylchlorid, (d) Ethylenoxid und (e) Acrylnitril aufgrund ihrer potentiellen Kohlendioxid- und Methanemissionen hervorgehoben. Die Herstellung von Petrochemikalien und Derivaten ist neben Pharmazeutika, Fein- und Spezialchemikalien sowie Polymeren eine der wichtigsten Sparten der chemisch-pharmazeutischen Industrie gemessen am Produktionswert. Die Methanemissionen lassen sich den Auswertungen der UGRdL entnehmen, die eine Verteilung der bundesweit ermittelten Emissionen auf die Länder anhand der

³⁷ www.thru.de, telefonische Mitteilung Fr. Schwarz, Fa. Radici, schriftliche Mitteilung Fr. Stiller, Fa. SKW Piesteritz.

Produktionsstatistik zugrunde legt³⁸. In den Jahren 2012-2016 lag der Anteil Sachsen-Anhalts im Mittel bei etwa 7 % der deutschen Emissionen. Dieser Wert wird genutzt, um auch den Anteil der CO₂-Prozessemissionen der chemischen Industrie an den bundesdeutschen Emissionen abzuschätzen.

Aufgrund der geringen Produktionskapazität (nur eine im Jahr 2012 in Betrieb genommene kleinere Industrierußanlage, Recycling von Altreifen) werden die Emissionen der Industrierußherstellung nicht ausgewiesen.

Für die weiteren Kategorien innerhalb der chemischen Industrie sind keine Emissionen bekannt. Das betrifft die Produktion von Caprolactam, Glyoxal und Glyoxylsäure (2 B 4) sowie Titandioxid (2 B 6), für die in ganz Deutschland keine Emissionen berichtet werden. Auch in der Carbidproduktion (2 B 5)³⁹ und der Produktion von halogenierten Kohlenwasserstoffen und SF₆ (2 B 9)⁴⁰ fallen in Sachsen Anhalt keine Emissionen an.

Metall- und Elektroindustrie (2 C und E)

In der Metallindustrie Sachsen-Anhalts wurden in dem Berichtszeitraum der Jahre 2005-2016 keine relevanten Prozessemissionen verursacht, da keine Anlagen der relevanten Produktionszweige (z. B. Stahlindustrie, Primäraluminiumproduktion) existieren. Auch in der Produktion von Sekundäraluminium, die in Sachsen-Anhalt von quantitativer Bedeutung ist, spielt der Einsatz von SF₆, der im NIR für diesen Bereich genannt ist, keine Rolle⁴¹. Rückblickend sind Emissionen für das Jahr 1990 zu erwähnen. So verursachte das Bitterfelder Aluminiumwerk, das im Sommer 1990 stillgelegt wurde, im Jahr der Stilllegung noch Emissionen von CF₄ und C₂F₆. Der NIR berücksichtigt für diese und eine weitere Anlage in Sachsen für das Jahr 1990 Emissionen von 20 t CF₄ und 2 t C₂F₆. Bei Annahme gleicher Produktionsleistung lassen sich diese entsprechend der genannten Anodeneffekt-Häufigkeiten auf beide Standorte aufteilen.

Auch für den Bereich der Elektronikindustrie sind im Jahr keine Prozessemissionen bekannt. Demnach sind Halbleiter- und Platinenproduktion, in denen Prozessemissionen u. a. der Gase CF₄ und SF₆ berichtet werden, in Sachsen-Anhalt ohne nennenswerte Bedeutung⁴².

³⁸ Da der veröffentlichte Summenwert für Methanemissionen auch Holzkohleanwendungen enthält, wurde zunächst ein anhand der Bevölkerungszahl abgeschätzter Wert für Holzkohleanwendungen von dem Gesamtwert abgezogen.

³⁹ Seit der Stilllegung der Carbidanlage der Buna-Werke im Jahr 1991 gibt es in Sachsen-Anhalt keine Carbidproduktion mehr

⁴⁰ Hersteller ist zwar in ST vertreten, allerdings mit Produktionsprozessen ohne Relevanz für den CRF-Sektor 2

⁴¹ Mündliche Mitteilung, Statistisches Bundesamt, Zweigstelle Bonn (G202); Schriftliche Mitteilung, UBA, FG III 2.2

⁴² Im Jahr 2017 lag der Umsatz der Betriebe des Wirtschaftszweigs Herstellung von elektronischen Bauelementen und Leiterplatten (62.1), der diese Produktion zugeordnet ist, bei ca. 63 Mio. € (Statistisches Landesamt ST), was lediglich einem Anteil von 0,5 % des bundesweiten Produktionswertes dieses Wirtschaftszweiges entspricht (DESTATIS).

Rückblickend sind in den Jahren ab 2005 Prozessemissionen bei der Herstellung von Photovoltaikwafern aufzuführen. In Sachsen-Anhalt war zeitweise der weltweit größte Produktionsstandort zu verorten („Solar Valley“).

Für die Emissionen dieses Industriezweigs in Sachsen-Anhalt im Jahr 2005 wurde der Anteil der im NIR berichteten Werte abgeschätzt. Dies erfolgte überschlägig anhand des Anteils des Marktführers an der Solarzellenproduktion (2005: 165,7 MWp von 319 MWp)⁴³. Aufgrund des Zusammenbruchs der Solarzellenproduktion in Deutschland wurde für das Jahr 2018 von keiner Emission von F-Gasen mehr ausgegangen.

Nichtenergetische Produkte aus Brennstoffen (2 D)

Kohle, Öl und Gas werden auch für andere Zwecke als zur energetischen Verwendung genutzt. Über 10 % des PEV in Sachsen-Anhalt entfallen auf die Herstellung solcher nicht-energetischen Produkte. Raffinerien und chemische Industrie sind dominierende Verbraucher (z. B. für Methanol und Schmierstoffe).

Nach dem Quellprinzip werden die Emissionen bei der Verwendung der Produkte in den jeweiligen Kategorien bilanziert. Diese Kategorie umfasst CO₂-Emissionen aus der Anwendung von Schmiermitteln (2 D 1)⁴⁴, von Paraffinwachsen (Kerzen) (2 D 2) und einem Bereich sonstiger CO₂-Emissionen (2 D 3). In letzterem werden sehr unterschiedliche, anwendungsbezogene Emissionen erfasst, beispielsweise Emissionen aus der Anwendung von Waschmitteln, Kosmetika, Kfz-Frostschutz sowie Farben und Lacken.

Der Anteil der im NIR berichteten Werte für Sachsen-Anhalt wurde anhand des Anteils am deutschen BIP abgeschätzt.

Anwendung als Ersatz für ozonabbauende Stoffe (2 F)

Relevant sind in dieser Kategorie vor allem die Emissionen aus der Anwendung von Stoffen, in denen unterschiedliche HFKWs und FKW enthalten sind. Heute resultiert der allergrößte Teil der Emissionen aus der Anwendung, während Emissionen bei der Produktion weniger bedeutsam sind.

Kältemittel spielen insgesamt die größte Rolle, davon die Hälfte in mobilen Klimaanlage. Darüber hinaus sind Emissionen aus Gewerbe- und Industriekälte, Kühlfahrzeugen und -containern sowie stationären Klimaanlage relevant.

Die verbleibenden Emissionen der Kategorie 2 F sind maßgeblich auf Treibmittel im Bereich Schaumstoffe und Aerosole zurückzuführen.

⁴³ Relevant sind Emissionen von SF₆ und NF₃. Letzteres ersetzte SF ab 2008 in neu gebauten Produktionslinien zu Herstellung von Si-Dünnschichtzellen. Seit 2014 bzw. 2015 gibt es in Deutschland keine Produktion mit SF₆ bzw. NF₃ mehr. Auch der Einsatz von CF₄ zum Kantenisolieren kristalliner Solarzellen wurde 2014 eingestellt. Produktionszahlen Geschäftsbericht, zit. in: https://de.wikipedia.org/wiki/Hanwha_Q-Cells; deutsche Solarzellenherstellung: https://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/content_files/faktenblatt_pv.pdf

⁴⁴ Umfasst nicht die Schmierstoff-Mitverbrennung in Zweitaktmotoren, die in der Kategorie Verkehr (1 A 3b) mit erfasst wird.

Der Anteil der im NIR berichteten Emissionen, der Sachsen-Anhalt zuzurechnen ist, wurde für die mobilen Anwendungen anhand des Anteils am deutschen Fahrzeugbestands (PKW+LKW+Zugmaschinen) abgeschätzt.

Die restlichen Emissionen für die stationären Kälte- bzw. Klimaanlage sowie die Werte der Kategorien 2 F 3 – 2 F 6 wurden anhand des Anteils am deutschen BIP auf Sachsen-Anhalt heruntergebrochen.

Bei der Kategorie Schaumherstellung (2 F 2) sind – je nach Produkt – entweder höhere Emissionen bei der Herstellung (sog. offenzellige Schäume, z. B. Autokarosserieteile, Fensterprofile oder Schuhsohlen) oder höhere Emissionen bei der Anwendung (geschlossenzellige Schäume, z. B. PU-Bauschaum, Dämmplatten) zu verzeichnen. Daten zur Verwendung in der Schaumherstellung liegen vor [20], nicht jedoch dazu, in welchen Produkten. Es wurde daher davon ausgegangen, dass die Hälfte der Emissionen in diesem Bereich direkt bei der Herstellung und die Hälfte bei der Verwendung von Produkten emittieren.⁴⁵ Dem entsprechend wurde die Hälfte der Emissionen aus den Angaben des Statistischen Landesamtes hergeleitet, die Hälfte wurde aus dem NIR und dem Anteil Sachsen-Anhalts am BIP abgeschätzt.

Für das Jahr 1990 existiert für den Bereich der Treibmittel ein Bericht des DDR-Ministeriums für Naturschutz, Umweltschutz und Wasserwirtschaft. Demnach wurden die FCKW-Emissionen im Jahr 1988 mit 1135 t beziffert. Als Einsatzbereiche in der Wirtschaft der DDR wurden Polyurethanschaumherstellung (7,3 kt/a), Aerosolerzeugnisse (4,4 kt/a), Reinigungs- (1,3 kt/a) und Kältemittel (1,1 kt/a) genannt [21]. Da die Produktion von FCKW in Nünchritz (Sachsen) und die von Polyurethanschäumen in Schwarzheide (Brandenburg) erfolgte, wird nicht von einer überproportionalen Emission in Sachsen-Anhalt ausgegangen, sondern eine Emission entsprechend des Bevölkerungsanteils und einem mittleren GWP-Faktor von 5 000 ausgegangen.

Sonstige Produktherstellung und -verwendung (2 G)

Die Kategorie setzt sich maßgeblich aus SF₆- und N₂O-Emissionen spezieller Anwendungen zusammen. SF₆ findet heute als Lösch- und auch als Isoliermittel in Schaltanlagen und Schaltgeräten der Hochspannung (52-380 kV) und zunehmend auch in der Mittelspannung (10-52 kV) Verwendung. Da Entsorgungssysteme ein Entweichen verhindern, sind Emissionen aber deutlich geringer als die verwendeten Mengen, (2 G 1). Anders ist dies bei den seit 1975 in der Bundesrepublik und im Sanierungsboom der Nachwendejahre verwendeten Schallschutzfenstern, in denen SF₆ verwendet wurde (2 G 2 c). Weitere Emissionen fallen u. a. im Bereich Militär oder bei der Nutzung von Teilchenbeschleunigern (z.B. bei Geräten zur Strahlentherapie) an, in der Vergangenheit auch aus SF₆-gefüllten Autoreifen.

Lachgas findet vor allem Anwendung in der Medizin, weitere Einsatzquellen sind der Einsatz in Sprühsahnedosen und in der Halbleiterindustrie. Darüber hinaus werden Emissionen aus

⁴⁵ Die Emissionen der Jahre 2012-2016 unterscheiden sich durch eine derartige Aufteilung kaum von einer Aufteilung nach BIP-Anteil. Für das Jahr 2005, in dem das Treibmittel R134a in großem Umfang in der Schaumherstellung eingesetzt wurde, werden auf diese Weise allerdings deutlich höhere Emissionen der Sachsen-Anhaltischen Betriebe geschätzt.

der Verwendung von Feuerwerkskörpern oder der Anwendung von Holzkohle (CH_4 und N_2O) berichtet.

Deutschlandweit stammt der größte Teil der Emissionen der Kategorie 2 G aus Isolierglasfenstern (2016: 81,8 %). Da für die meisten Unterkategorien kaum detaillierte Daten vorliegen, wurde der sachsen-anhaltische Anteil der Emissionen der Kategorie über einen Wert je Einwohner abgeschätzt.

Für das Jahr 1990 wird darauf verwiesen, dass die SF_6 -Isolierung von Schaltanlagen in der DDR selten war und in der Hochspannungsebene kaum und in der Mittelspannungsebene gar nicht vorkam. Auch war SF_6 in der DDR nicht als Isoliergas für Schallschutzscheiben verwendet worden [1].

5.3.2 Emissionsmengen bis 2018 und Schätzung für die Jahre 2019 und 2020

Im Zeitraum 2005 bis 2018 konnten die Emissionen des CRF-Sektors 2 Industrieprozesse und Produktanwendung um etwa 4805 kt CO_2e auf 3968 kt CO_2e , d. h. um rund 0,85 Mio. Tonnen gesenkt werden (vgl. Abbildung 12 und Tabelle 12, S. 63). Die größte Bedeutung in diesem Sektor haben CO_2 -Emissionen aus der Ammoniak-, Zement- und Kalkproduktion. Die größten Minderungen konnten in der chemischen Industrie realisiert werden, F-Gase- sowie Lachgasemissionen konnten deutlich reduziert werden. So konnten z. B. die jährlichen Lachgasemissionen in der Adipin- und Salpetersäureproduktion durch technische Maßnahmen von ca. 0,5 Mio. t CO_2e auf unter 0,1 Mio. t CO_2e gemindert werden. Die Freisetzung von F- Gasen sank von 0,5 auf 0,35 Mio. t CO_2e .

In den Jahren 2019 und 2020 ist entsprechend der wirtschaftlichen Entwicklung und einer Abschätzung auf Basis der Emissionshandelsdaten für die betreffenden Anlagen mit Prozessionsmissionen von weiteren Minderungen auszugehen. Auch für F-Gas-Emissionen und sonstiger Emissionsquellen wird auf Basis der bundesweiten Entwicklung von einer weiteren Minderung ausgegangen.

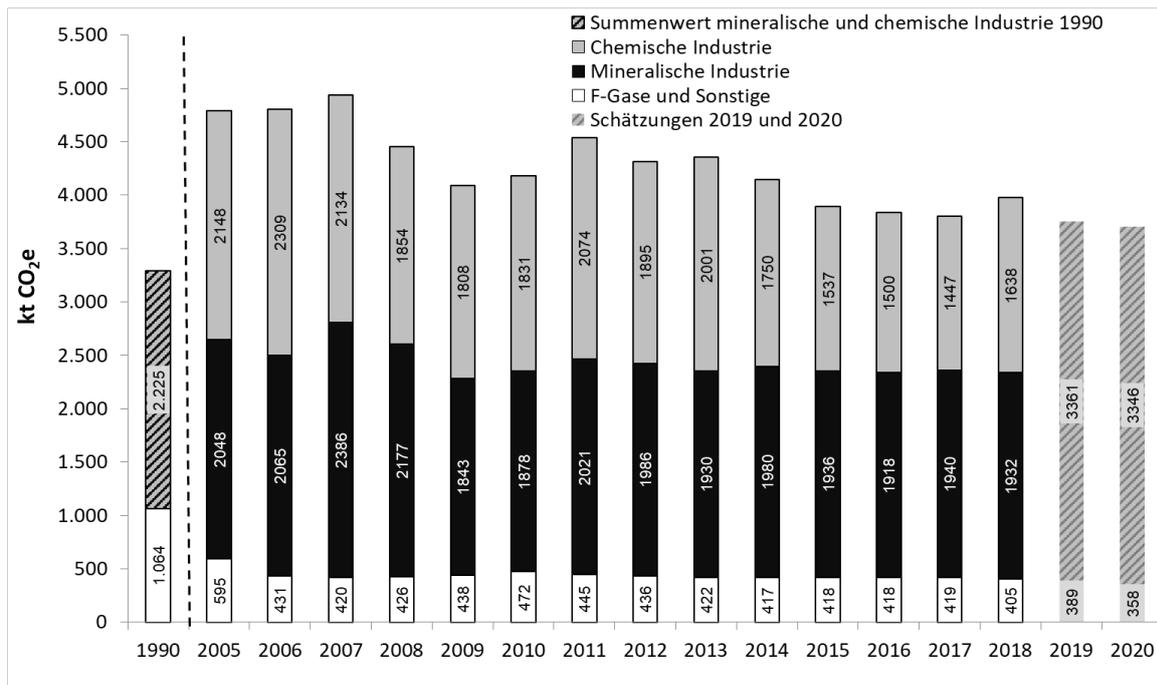


Abbildung 12: Entwicklung der Treibhausgasemissionen des Sektors Industrieprozesse und Produktanwendung

5.3.3 Datenqualität und Einordnung

Die Datenqualität innerhalb des Sektors ist sehr heterogen. Während die Belastbarkeit der Daten zu CO₂-Emissionen, die auf Basis von Emissionsberichten hergeleitet wurden, als gut einzuschätzen ist, sind andere Daten, insbesondere im Bereich der F-Gase als unsicher zu charakterisieren. Vor allem für weiter zurückliegende Zeiträume bestehen derzeit umfassende Wissenslücken.

Die Unsicherheit bei den Lachgaswerten wird insgesamt als gering eingeschätzt. So sind Werte für die Industrieprozesse lediglich auf wenige Anlagen zurückzuführen. Auch bei medizinischen Anwendungen ist die Sicherheit relativ hoch. Das betrifft auch den Wert von 1990, für den im NIR statistische Daten der DDR genutzt wurden, die die Situation in Sachsen-Anhalt gut erfassen.

Die Szenarien des KSK sahen für den Bereich der Prozessemissionen keine Minderungen vor. Damit übertreffen die Minderungen in diesem Sektor die anvisierten Ziele [14].

5.4 Landwirtschaft (CRF Sektor 3)

5.4.1 Emissionsquellen und verwendete Daten

Die bedeutsamsten Emissionsquellen des Sektors Landwirtschaft liegen in der Viehwirtschaft und in der Bewirtschaftung von Böden.

Emissionen aus der Viehwirtschaft entstehen sowohl direkt bei der Verdauung (v. a. von Wiederkäuern, 3 A) als auch bei dem Management der Wirtschaftsdünger (3 B). Relevant sind vor allem Methanemissionen (CH₄). Dem Wirtschaftsdünger-Management werden neben den direkten Emissionen auch Emissionen zugerechnet, die indirekt über die Emission

reaktiven Stickstoffs und dessen Umwandlung in Lachgas erfolgen.⁴⁶ Auch die Wirtschaftsdünger-Vergärung inklusive Lagerung wird in dieser Kategorie berichtet.

Emissionen, die aus den Ausscheidungen und dem Management von Wirtschaftsdüngern entstehen werden nach Tierkategorien und Haltungsformen differenziert berücksichtigt. Dabei werden z. B. Weidezeiten oder Vorhandensein von Abluftreinigungsanlagen an Ställen) sowie Lagerungs- und Ausbringungsformen der Wirtschaftsdünger berücksichtigt.

Bei der Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Böden (3 D) sind vor allem Lachgasemissionen relevant. Lachgas entsteht als Nebenprodukt von Nitrifikations- und Denitrifikationsprozessen, insbesondere in Folge der Düngung mit stickstoffhaltigen Düngemitteln.

Zusätzlich werden CO₂-Emissionen berichtet, die bei chemischen Reaktionen bei der Ausbringung frei werden. Dies betrifft vor allem Düngemittel, die den pH-Gehalt des Bodens beeinflussen (Kalkung)⁴⁷ (3 H und 3 I).

Vergleichsweise neu im deutschen Inventar ist die separate Ausweisung von Emissionen im Kontext der Biogasproduktion [1]. Die Aussagen zu dem Wirtschaftsbereich im Energiesektor (vgl. Kapitel 4) werden auf diese Weise ergänzt. Dies betrifft die Emissionen an der Anlage (bei der Vergärung von Energiepflanzen und deren Gärrestlagerung, 3 J), bei der Ausbringung von Gärresten sowie die indirekten Emissionen infolge von Stickstoffdepositionen (beides unter 3 D).

Die Daten für den CRF Sektor 3 (Landwirtschaft) stammen vollständig aus dem bundesweiten Emissionsinventar, das jährlich durch das Institut für Agrarklimaschutz des Thünen-Instituts für den CRF-Sektor als Teil des nationalen Inventars erstellt wird [22]. Die umfangreiche und nach Bundesländern aufgelöste Datensammlung wird im Emissionsinventarmodell „GAS-EM“ berechnet.

Diese Ergebnisse werden ohne Anpassungen übernommen. Detaillierte Hinweise zu den verwendeten Methoden sind im zugrundeliegenden Bericht aufgeführt und werden hier nicht vollständig wiedergegeben.

Die Abschätzungen für die Jahre 2019 und 2020 werden mit einem vereinfachten Modell insbesondere auf Basis der in das Inventar eingehenden Datenquellen der Officialstatistik abgeschätzt:

- Viehbestand – Fachserie 3 Reihe 4.1
- Düngemittelversorgung – Fachserie 4 Reihe 8.2
- Wachstum und Ernte – Feldfrüchte- Fachserie 3 Reihe 3.2.1

⁴⁶ Emissionen von Gehegewild, Kaninchen, Straußen und Pelztieren, wie von Tieren, die außerhalb von landwirtschaftlichen Betrieben gehalten werden (betrifft in ST z. B. ca. 20.000 Pferde), werden nicht berichtet.

⁴⁷ Die berichteten CO₂-Emissionen umfassen entsprechend den Anforderung in IPCC (2006): Vol 4, Ch. 11.3, und CRF-Tabelle 3.G-I neben den Emissionen aus der Landwirtschaft auch die aus der Kalkung im Forstbereich.

Tabelle 10: Sektorengliederung des Sektors Landwirtschaft und verwendete Datenquellen

Sektor	Bezeichnung	Quelle bis 2018			Schätzung 2019/2020
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
3 A	Fermentation bei der Verdauung	-	NIR-T	-	S (3.4.1)
3 B	Wirtschaftsdünger-Management	-	NIR-T	NIR-T	
3 D	Nutzung landwirtschaftlicher Böden				S (4.8.2 (+3.4.1, + B))
3 D a	Direkte N ₂ O-Emissionen von bewirtschafteten Böden	-	-	NIR-T	
3 D b	Indirekte N ₂ O-Emissionen von bewirtschafteten Böden	-	-	NIR-T	
3 G	Kalkung	NIR-T	-	-	S (4.8.2)
3 H	Anwendung von Harnstoff	NIR-T	-	-	
3 I	Anwendung anderer kalkhaltiger Dünger	NIR-T	-	-	
3 J	Im Zusammenhang mit der Energiepflanzen-Vergärung entstehende Emissionen (Fermenter, Gärrestlager)	-	NIR-T	NIR-T	B

Legende: NIR-T: Daten des Thünen-Instituts für den Nationalen Inventarbericht [22]; -: Keine Emissionen / B: Eingespeiste Strommengen Biogas S: Statistisches Landesamt (mit Angabe der jeweiligen Statistik).

5.4.2 Emissionsmengen bis 2018 und Schätzung für die Jahre 2019 und 2020

Die Emissionen des Sektors Landwirtschaft lagen im Jahr 2018 bei 2541 kt CO₂e und damit leicht unter den Emissionen des Jahres 2005 (2776 kt CO₂e, d. h. -235 kt CO₂e, vgl. Abbildung 13 und Tabelle 12)

Der größte Teil der THG-relevanten Emissionen wird in Form von Lachgas emittiert (57 % der CO₂e-Emissionen). Die wichtigste Rolle spielen dabei Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden bei der Umsetzung von Stickstoff (v.a. N-Mineraldüngeranwendung, Emissionen in Folge von Auswaschung und aus Ernterückständen). Methanemissionen, vor allem aus Verdauungsprozessen, machen etwa 35 % der gesamten Emissionen in diesem Sektor aus.

Im Zeitraum 2005-2018 gingen Lachgasemissionen aus der N-Mineraldüngeranwendung (- 225 kt CO₂e) sowie Methan-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (- 72 kt CO₂e) zurück

In dem gleichen Zeitraum stiegen die Emissionen aus der Ausbringung von organischen Düngemitteln (tierische Wirtschaftsdünger und Gärreste, zusammen +98 kt CO₂e), die Emissionen aus der Kalkung (+86 kt CO₂e) sowie Methanverluste aus Fermentern und Gärrestlagern bei der Energiepflanzen-Vergärung (+73 kt CO₂e) an.

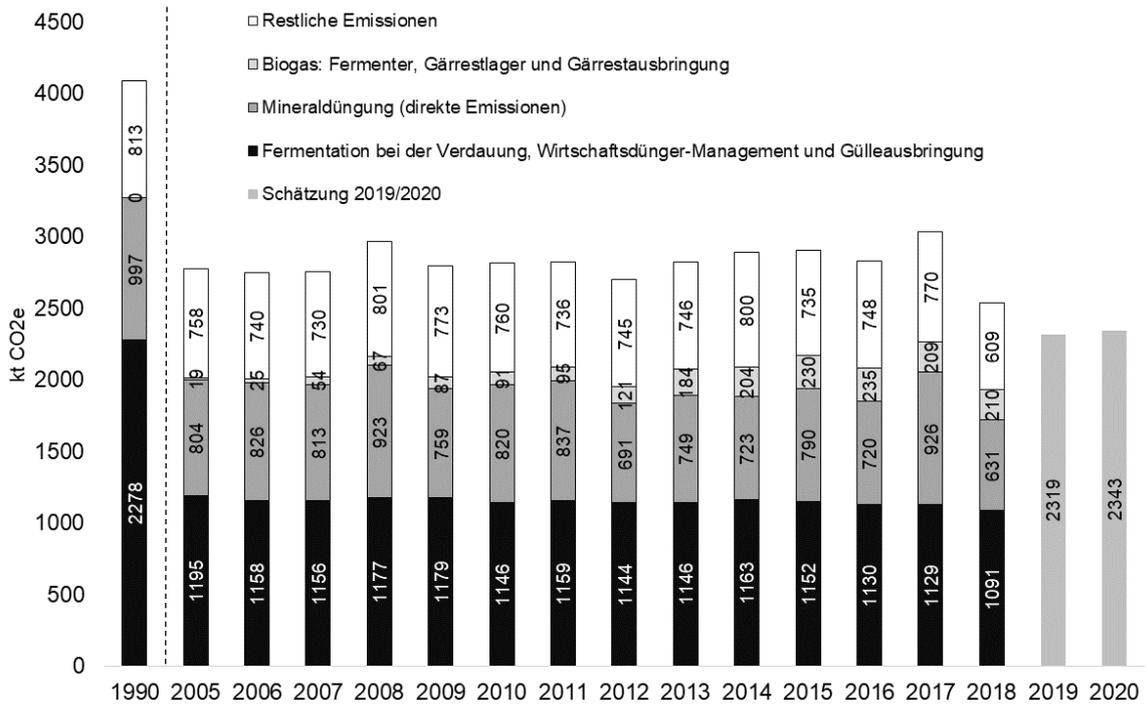


Abbildung 13: Entwicklung der Emissionen des Sektors Landwirtschaft (in CO₂e)

Veränderung von Milchproduktion, Zubau von Energiepflanzen- und Güllevergärung

Neben dem Rückgang der Viehzahlen ist vor allem der Ausbau der landwirtschaftlichen Biogasproduktion relevant für die Veränderung von Methanemissionen⁴⁸. Die Milchviehzahlen haben sich gegenüber 1990 mehr als halbiert. Gegenüber dem Jahr 2005 ist ein Rückgang von über 13 % zu verzeichnen. Gleichzeitig sind seit dem Jahr 2005 immer größere Anteile der Ausscheidungen in Biogasanlagen vergoren worden. Die Spezifika der Milchproduktion in Sachsen-Anhalt, d. h. sehr geringe Anteile von güllebasierten Systemen ohne Vergärung, bedingen insgesamt gegenüber dem Bundesdurchschnitt sehr geringe Emissionen je Tierplatz. Emissionsfaktoren liegen in diesem Bereich bei nur einem Drittel des Bundesdurchschnitts.

Im Jahr 2016 wurden nach Angaben des Thünen-Instituts etwa 62 % der Wirtschaftsdünger aus der Milchproduktion und etwa 56 % der Wirtschaftsdünger aus der Schweineproduktion zur Biogasproduktion eingesetzt. Die auf diese Weise veränderten Stoffströme sind der wichtigste Faktor für den Rückgang der Treibhausgasemissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement.

Gleichzeitig sind Methanemissionen aus der Energiepflanzenvergärung in einem ähnlichen Umfang angestiegen. Ursächlich sind die im Zuge des Ausbaus der Bioenergieproduktion stark gestiegenen Energiepflanzensubstratmengen in nicht vollständig gasdichten Biogasfermentern und Gärrestlagern [22]. Laut Thünen-Institut wurden im Jahr 2016 Energiepflanzen im Umfang von etwa 1,4 Mio. t Trockenmasse in Sachsen-Anhalt vergoren.

Für die Methanemissionen insgesamt ist nur ein leichter Rückgang zu verzeichnen.

Veränderung der Stickstoffkreisläufe: Mit den steigenden Energiepflanzensubstratmengen sind auch die jährlichen Mengen des organisch gebundenen und wieder ausgebrachten Stickstoffs gestiegen. Diese bewirkten eine Veränderung der Lachgasemissionen aus N-Düngern. Mehr ausgebrachte organische Düngemittel führten zu höheren N₂O-Emissionen. Gleichzeitig konnte der Einsatz von mineralischem Dünger reduziert werden. Dies erklärt einen Teil der jeweils sinkenden (aus Mineraldüngeranwendung) bzw. steigenden (aus Gärrestausbringung) Lachgasemissionen.

Die Lachgasemissionen aus der N-Mineraldüngeranwendung waren im Jahr 2018 deutlich geringer als in den Jahren davor. Dies ist auf einen weiteren Effekt zurückzuführen: Die Dürre des Jahres ging mit deutlich geringeren Ertragserwartungen und folglich einer geringeren Stickstoffdüngung einher. Diese macht sich zusätzlich in der Datenreihe bemerkbar.

Schätzung der Jahre 2019 und 2020: In den Jahren 2019 und 2020 bleiben die Emissionen vergleichsweise niedrig. Das ist mit einem weiterhin sehr geringen Absatz von Mineraldüngermengen und weiter abnehmenden Rinderbeständen zu erklären. Auch waren landwirtschaftliche Erträge weiterhin verglichen mit den Jahren vor 2018 auf niedrigem Niveau.

⁴⁸ Die Emissionsminderung der durch die Biogasproduktion gewonnenen Energie wird im Sektor „Energiewirtschaft“ berücksichtigt.

5.4.3 Einordnung und Datenqualität

Im KSK war von konstanten Emissionen des Sektors Landwirtschaft bis zum Jahr 2020 ausgegangen worden [14]. Dem entsprechend zeigt sich für diesen Sektor eine positive Abweichung zu den ursprünglichen Zielvorstellungen.

Die Verschiebungen innerhalb des Sektors zeigen, dass Minderungen zum Beispiel bei Methanemissionen aus dem Umgang mit organischen Stoffen möglich sind. Eine verbesserte, gasdichte Lagerung von Wirtschaftsdüngern und geringere Methanverluste bei Fermentern der anaeroben Vergärung von Energiepflanzen könnten Emissionen weiter mindern. Eine Senkung wäre ebenso durch einen effizienten Einsatz mineralischer Stickstoffdünger möglich (bei gleichzeitigem Beitrag zur Erreichung anderer Nachhaltigkeitsziele).

Ein großer Teil des Emissionsrückgangs seit 2018 ist jedoch darauf zurückzuführen, dass die landwirtschaftliche Produktion dürrebedingt deutlich erschwert war. Kennziffern und Indikatoren, die sich eher an der Effizienz landwirtschaftlicher Systeme orientieren weisen daher für die Jahre 2019 und 2020 einen anderen Trend auf (z. B. produktbezogene Emissionen oder auch Stickstoffüberschüsse je Fläche, siehe Monitoring des Klima- und Energiekonzeptes).

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass die verwendeten Daten des Thünen-Instituts technische Zusammenhänge der sachsen-anhaltischen Landwirtschaft (z. B. Technik bei der Wirtschaftsdünger-Lagerung und -Ausbringung [22]) mit relativ guter Datenqualität beschreiben.

Für die Einschätzung der Datenqualität wird davon ausgegangen, dass die durch das Thünen-Institut vorgenommenen Sicherheitseinschätzungen der Emissionsbereiche in Größenordnung und vor allem in ihren Relationen zueinander auf Sachsen-Anhalt übertragbar sind. Als relativ sicher werden demnach die Emissionseinschätzung für die CO₂-Emissionen (Düngung mit Kalk, Harnstoff und sonstigen kalkhaltigen Düngern) sowie für die Methanemissionen (Fermentation bei der Verdauung, Wirtschaftsdünger-Management und Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen) bewertet.

Hohe Unsicherheitswerte werden für den Bereich der Lachgasemissionen angegeben. Die Emissionsfaktoren sind Gegenstand wissenschaftlicher Diskussionen und variieren in Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen sehr stark. Zudem erlaubt eine Ableitung auf Basis der gültigen Methodik auf Basis der verkauften Düngermengen keine Aussage über die Effizienz der Düngung.

Für die Situation in Sachsen-Anhalt kommt hinzu, dass die seitens Thünen-Institut auf Landesebene berechneten Daten vor allem wegen der Nichtberücksichtigung der grenzüberschreitenden Mengen an verkauftem Dünger mit Vorbehalt zu betrachten sind. Für zukünftige Inventare wird vonseiten des Thünen-Instituts eine verbesserte Schätzung der Aktivitätsdaten auf Bundeslandebene angestrebt.

5.5 Abfall- und Abwasserwirtschaft (CRF-Sektor 5)

In diesem Sektor werden die Emissionen aus der klassischen Deponierung von Abfällen (5 A) sowie aus der Behandlung von Abwässern (5 D) berichtet. In den vergangenen Jahren

haben sich vor allem Abfallbehandlungsmethoden für biologisch abbaubare Anteile des Mülls verändert. Aus diesem Grund werden zudem Emissionen aus der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung (MBA, 5 E), der Kompostierung und der Abfallvergärung (5 B) berücksichtigt. Treibhausgasemissionen aus der Abfallverbrennung werden im Sektor Energiewirtschaft berichtet.

Tabelle 11: Sektorengliederung des Sektors Abfall- und Abwasserwirtschaft und verwendete Datenquellen

Sektor	Bezeichnung	Daten- quelle Bis 2017				Schät- zung 2017- 2020
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
5 A	Abfalldeponierung	-	S-U**	-	ES	
5 B	Bioabfallbehandlung	-	S-U	S-U**		
5 B 1	Kompostierungsanlagen					
5 B 2	Vergärungsanlagen					
5 D	Abwasserbehandlung	-	S-U**	S-U**		
5 E	Mechanisch-biologische Abfallbehandlung	-	S-U**	S-U**		

Legende: S-U: Statistisches Landesamt, UGRdL [6]; - : Keine Emissionen. **: Aufgrund statistischer Geheimhaltung nur als Summenwert verfügbar. ES: Einfache eigene Schätzung

5.5.1 Emissionsquellen und verwendete Daten

Emissionen aus Abfalldeponien

Bei der Zersetzung organischer Materialien in Deponien entsteht im anaeroben Milieu u. a. Methan. Solche Abbauprozesse organischer Materie finden in Abhängigkeit der Verhältnisse im Deponiekörper mit zeitlichem Versatz und exponentiell abnehmend statt (entsprechend einer Halbwertszeit) [1]. Modelle zur Bestimmung der entstehenden CH₄-Mengen sind daher auf Informationen zu den in der Vergangenheit deponierten organischen Materialien angewiesen.

In der ehemaligen DDR waren die Siedlungsabfälle durch einen geringen Anteil an biologisch abbaubaren Materialien und hohe anorganische Fraktionen (Asche aus dem Hausbrand) charakterisiert. Nahrungsmittelreste wurden gesammelt und als Futtermittel verwendet. Holz wurde häufig in Öfen zu Heiz- und Kochzwecken verfeuert und Papier über Annahmestellen erfasst. Nach der politischen Wende veränderten sich die Konsummuster und entsprechend auch die Abfallmengen.

In der Abfallwirtschaft der gesamten Bundesrepublik wurden in der Zeit seit 1990 eine Reihe von gesetzlichen Regelungen erlassen und Maßnahmen in die Wege geleitet, welche die Entwicklung der Emissionen aus der Deponierung stark beeinflusst haben. Dazu gehörten:

- Die verstärkte Sammlung von Bioabfällen und anderen Wertstoffen wie z. B. Papier/Pappe
- Getrennte Sammlung von Verpackungen und deren Verwertung
- Ausweitung der Verbrennung von Siedlungsabfällen
- Einführung der mechanisch-biologischen Behandlung von Restabfällen

Viele Mülldeponien wurden in Sachsen-Anhalt ab 1990 geschlossen. Weiter zu betreibende Anlagen wurden saniert und nach dem Standard des bundesdeutschen Abfallrechts ausgebaut sowie Standorte für moderne Anlagen gesucht. Strenge rechtliche Anforderungen verlangen technische Einrichtungen zur Fassung und Behandlung des Deponiegases und gewährleisten eine weitgehende Minderung der Methanemissionen.

Seit 2005 ist die Deponierung von unbehandelten biologisch abbaubaren Abfällen nicht mehr zugelassen (entsprechend TA Siedlungsabfall bzw. Abfallablagerungsverordnung). Zur Einhaltung dieser Anforderungen ist eine Vorbehandlung der Siedlungsabfälle und anderer biologisch abbaubarer Abfälle durch thermische oder mechanisch-biologische Verfahren erforderlich. Aus der Ablagerung danach tragen nur noch wenige Abfallkomponenten mit geringem Methanbildungspotenzial zur Deponiegasbildung bei.

Durch die UGRdL werden Emissionen aus dem Bereich Abfall für Sachsen-Anhalt berechnet und veröffentlicht. Diese beruhen auf den bundesweit ermittelten Werten des nationalen Inventarberichtes und einer Zuordnung auf die Bundesländer anhand von emissionsrelevanten Mengen.

Zur Ermittlung der emissionsrelevanten Mengen auf Abfalldeponien wird die Menge der jeweils in den vergangenen Jahren deponierten organischen Abfälle aus der Abfallstatistik selektiert. Anhand von Halbwertszeiten werden die deponierten Mengen in ihrer Emissionsrelevanz für das betreffende Berichtsjahr eingeschätzt und bundesweite Werte entsprechend auf die Bundesländer aufgegliedert.⁴⁹

Emissionen aus Kompostierungsanlagen, mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen, Vergärungs- und Biogasanlagen

Auch die neueren Behandlungspfade für organische Abfälle weisen klimarelevante Emissionen auf, wenn auch in deutlich geringerem Umfang. Relevant sind neben Methan- auch Lachgasemissionen (CH₄ und N₂O).

Verwendet werden ebenfalls Daten der UGRdL. Dabei handelt es sich um die auf Bundesebene ermittelten Werte, die anhand der jeweils in den Bundesländern kompostierten Abfallmenge, dem Einsatz in mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlagen bzw. dem Einsatz von organischen Abfällen in Biogasanlagen auf die Länder aufgegliedert werden.

⁴⁹ Über PRTR-Berichte stehen ebenfalls Werte von sechs größeren Deponien in Sachsen-Anhalt zur Verfügung (Kriterium > 10 t/d Aufnahmekapazität oder > 25.000 t Gesamtkapazität, Jahresemissionen >100 t CH₄; vgl. thru.de). Die dort berichteten Emissionen in Höhe von ca. 40 t CO₂e entsprechen nur einem geringen Anteil der in diesem Bericht erfassten Gesamtemissionen.

Emissionen aus der Abwasserbehandlung

Emissionen aus der Abwasserbehandlung umfassen sowohl kommunale als auch industrielle Quellen. Wie die Abfallbehandlung unterlag der Bereich in umfangreichem Maße einer technischen Modernisierung.

So wurde die in der DDR praktizierte offene Schlammfäulung in den neuen Bundesländern ab 1994 vollständig ersetzt. Der Anteil der an die öffentliche Kanalisation und moderne Kläranlagen angeschlossenen Einwohner seit 1998 stieg um über 16 Prozentpunkte auf 95,5 %⁵⁰. Beides hat zu einer Minderung der Methanemissionen beigetragen.

Heute stellt die Behandlung im Faulturn (mit vor- bzw. nachgelagerter maschineller Entwässerung) das überwiegende Behandlungsverfahren dar. Um eine unkontrollierte Fäulung zu verhindern erfolgt eine Schlammstabilisierung – bei kleinen Anlagen (<10.000 Einwohnerwerte) in der Regel aerob unter Energieeinsatz, bei größeren Anlagen (>30.000 Einwohnerwerte) in der Regel anaerob unter Gewinnung von Faulgas mit hohem Methananteil. Das entstehende Gas wird meist energetisch in Blockheizkraftwerken genutzt. Bei Anlagen, bei denen eine energetische Nutzung nicht wirtschaftlich ist sowie bei technischen Störungen wird das Gas abgefackelt.

Lachgasemissionen entstehen als Nebenprodukt der Abwasserbehandlung insbesondere bei der Denitrifikation. Bei den aus Nitrat entstehenden Gasen handelt es sich aber hauptsächlich um molekularen Stickstoff. Die N₂O-Emissionen aus der Abwasserbehandlung spielen in der Gesamtschau somit praktisch nur eine untergeordnete Rolle, wie auch in Abbildung 14: Entwicklung der Emissionen aus dem Sektor Abfall- und Abwasserwirtschaft untergliedert nach Emissionsquellen (in CO₂e). erkennbar ist.

Als Datenbasis werden ebenfalls die durch die UGRdL aus dem Nationalen Inventarbericht für Sachsen-Anhalt ermittelten Werte genutzt.

5.5.2 Emissionsmengen bis 2017 und Schätzung für die Jahre 2018 bis 2020

Die Emissionen des Sektors Abfall- und Abwasserwirtschaft lagen im Jahr 2017 bei insgesamt 1010 kt CO₂e und damit um 727 kt CO₂e (d. h. über 40 %) unter dem Wert des Jahres 2005 (vgl. Abbildung 14 und Tabelle 12). Dominiert werden die Emissionen durch diffuse Methanemissionen aus Deponien. Insgesamt machten Methanemissionen mit 966 kt CO₂e rund 96 % der klimarelevanten Emissionen des Sektors aus. Bei den restlichen 4 % handelt es sich um N₂O-Emissionen.

⁵⁰<https://statistik.sachsen-anhalt.de/index.php?id=54536>, letzter Zugriff: 13.06.2019

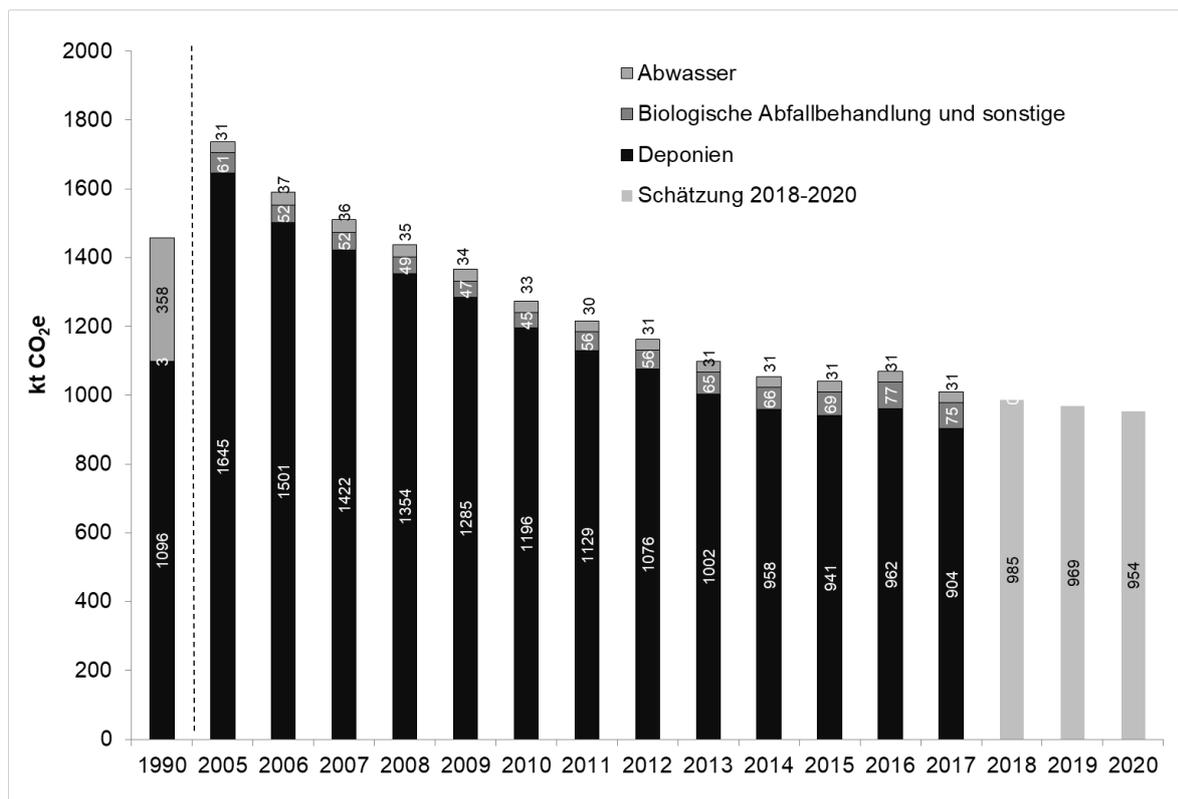


Abbildung 14: Entwicklung der Emissionen aus dem Sektor Abfall- und Abwasserwirtschaft untergliedert nach Emissionsquellen (in CO₂e).

Die Emissionen aus der Abwasserbehandlung konnten durch den Einsatz neuer Technik bereits in der ersten Hälfte der 90er Jahre gesenkt werden. Im Abfallbereich hingegen führten die steigenden Abfallmengen in den 90er Jahren zu einem Anstieg der Emissionen mit einem Maximum im Jahr 1995 (nicht dargestellt). Danach zeigt sich ein gleitend-degressiver Verlauf der Emissionen aus Deponien, während Emissionen anderer Abfallbehandlungsarten leicht ansteigen.

Im Vergleich zu anderen Bundesländern sind Pro-Kopf-Methanemissionen des Abfallsektors noch hoch (2017: ca. 17 kg/Einwohner). Dies lässt sich durch nach der Jahrtausendwende relativ hohen Mengen an deponierten organischen Abfallmengen in Sachsen-Anhalt erklären, die auch aus anderen Bundesländern stammen. So kam es bspw. 2004 in Sachsen-Anhalt zu einem Anstieg der abgelagerten Abfallmenge gegenüber den Vorjahren.

Für die Jahre 2017-2020 wird für den Gesamtsektor von einer weiteren, insgesamt degressiven Senkung der Emissionen geschätzt. Hintergrund ist v. a. die Tatsache, dass die Methanemissionen bei den Entsorgungswegen neuer organischer Abfallmengen weiterhin niedriger sind als die Abnahme der Emissionen bestehender Abfalldeponien.

5.5.3 Einordnung und Datenqualität

Die Minderung zwischen 2005 und 2020 von über 40 % (siehe Abbildung 14) liegt deutlich unter dem im KSK für Deponien angenommenen Trend. Sowohl für Trend- als auch weitere

Szenarien des KSK war unter Annahme eines linearen Verlaufs eine Minderung in einer Größenordnung von über 80 % bis zum Jahr 2020 angenommen worden [14]. Die Emissionen des Sektors liegen somit um etwa 400 kt CO_{2e} über dem antizipierten Verlauf.

Erklären lässt sich dies durch die Modellgrundlage des im nationalen Inventarbericht verwendeten Modells. Dies arbeitet mit vergleichsweise langen Halbwertszeiten bei der Dekomposition der deponierten Organikanteile. Gleichzeitig wird berichtet, dass nur etwa 25 % der ermittelten Methanmengen über Fackel bzw. energetische Nutzung gefasst werden, d. h. der größte Teil als diffuse Emissionen frei wird [1].

Da eine direkte Anlehnung an die im NIR genutzten Modelle erfolgt, ist die Datenqualität ähnlich einzuschätzen, ggf. etwas geringer als dort berichtet. Demnach bestehen in diesem Bereich hohe Unsicherheiten: „Das gilt insbesondere für die Bereiche der Kompostierung und MBA sowie auch für die Abfalldeponierung, da sich dort die Vielfalt der verschiedenen Abfallarten negativ auf die Datensicherheit der Emissionsparameter auswirkt. Bei den Aktivitätsraten lassen sich höhere Unsicherheiten u.a. darauf zurückführen, dass die zugrunde gelegten statistischen Daten uneinheitliche Abfall- bzw. Verwertungsbegriffe nutzen.“ ([1] S.133). Bei der Schätzung für die Jahre 2017-2020 handelt es sich um eine einfache regressionsanalytische Abschätzung, deren Sicherheit niedrig ist und der ausschließlich die Daten der Vorjahre zugrunde liegen.

5.6 Gesamtbetrachtung

Der Ausstoß von Treibhausgasen in Sachsen-Anhalt war in den vergangenen Jahren wechselhaft: Bis zum Jahr 2017 waren die Werte konstant bis leicht sinkend. Im Jahr 2018 stiegen die Werte deutlich an. In den Jahren 2019 und 2020, für die bislang nur qualifizierte Schätzungen möglich sind, ist von einem sehr deutlichen Rückgang auszugehen.

Turbulent war vor allem die Dynamik in der Energiewirtschaft und im verarbeitenden Gewerbe. Diese Sektoren sind in Sachsen-Anhalt für den größten Teil der Emissionen verantwortlich.

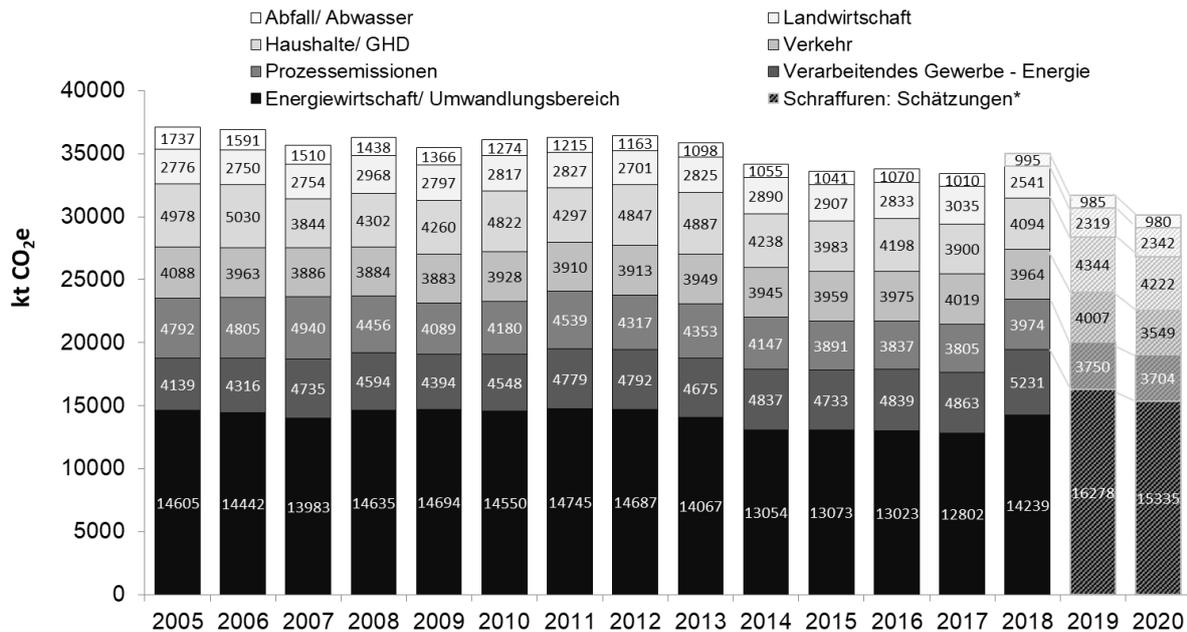


Abbildung 15: Entwicklung der Emissionen in Sachen-Anhalt – Gesamte Quellenbilanz (ohne Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft) bis 2018 und Schätzung für die Jahre 2019 und 2020.

Die Entwicklungen in der Phase **zwischen 2005 und 2017** lässt sich wie folgt charakterisieren:

- Zunächst, zwischen 2005 und 2013, erfolgten geringfügige Minderungen, die insbesondere im Abfallbereich (-0,6 Mio. t CO₂e) und in der Energiewirtschaft (-0,6 Mio. t CO₂e) zu verorten waren.
- In der Phase zwischen 2013 und 2017 stiegen diese Minderungen gegenüber 2005 deutlich an: Neben der Energiewirtschaft (-2 Mio. t CO₂e), dem Abfallbereich (-0,7 Mio. t CO₂e) spielte der Sektor Gebäude (Haushalte und GHD, -1,1 Mio. t CO₂e) eine nennenswerte Rolle.
- Bei den industriellen Emissionen zeigten sich in dieser Phase gegenläufige Entwicklungen: Während prozessbedingte Emissionen sanken, nahmen energiebedingte Emissionen zu, so dass die Emissionen des Sektors nur um rund 0,3 Mio. t CO₂e zurückgingen.
- In den Bereichen Verkehr und Landwirtschaft gab es keine nennenswerte Minderung.

Insgesamt führten die Minderungen in Energiewirtschaft, Gebäuden und Abfallbereich zwischen dem Jahr 2005 und dem Jahr 2017 zu einer Gesamtminderung der Emissionen von rund 4 Mio. t CO₂e

Die letzten abgesicherten Werte des Berichtsjahres **2018** zeigen dem gegenüber einen deutlichen Anstieg. Emissionsänderungen gegenüber dem Jahr 2017 gab es im Wesentlichen in der Energiewirtschaft (+1,4 Mio. t CO₂e), der Landwirtschaft (- 0,5 Mio. t CO₂e) und im verarbeitenden Gewerbe (+0,5 Mio. t CO₂e). Die Steigerungen waren dominiert durch wenige großen Anlagen, dem Kraftwerk Schkopau (+0,5 Mio. t CO₂e), der Mineralö Raffinerie in Leuna (+0,35 Mio. t CO₂e) und der Ammoniakproduktion in Wittenberg-Piesteritz (+0,27 Mio. t CO₂e). In Summe stiegen die Emissionen in Sachsen-Anhalt im Jahr 2018 gegenüber dem

Jahr 2017 vermutlich um rund 0,9 Mio. t CO₂e und betragen nach derzeitiger Schätzung rund 35,1 Mio. t CO₂e.

Die vorläufige Schätzung für das Jahr **2019** zeigt erneut eine Wende: Die größten Emittenten reduzierten ihre Treibhausgasausstöße in größerem Umfang, wie aus Daten des europäischen Emissionshandels ersichtlich ist. Bemerkenswert ist die Reduktion der Emissionen des Kraftwerks Schkopau um rund 2,3 Mio. t CO₂e [7]. Mittels Schätzung der Emissionen der weiteren Sektoren außerhalb des Emissionshandels für das Jahr 2019 lässt sich die gesamte Quellenbilanz im Jahr 2019 insgesamt auf eine Summe von etwa 31,7 Mio. t CO₂e beziffern.

Im Jahr **2020** zeigen die ersten Schätzungen ein heterogenes, durch die besonderen Herausforderungen der Corona-Pandemie beeinflusstes Bild: Von deutlichen Minderungen, die auf die Bewegungseinschränkungen zurückzuführen sind, ist im Verkehrsbereich auszugehen. Vor allem im Bereich der Strom- und Wärmeenergiegewinnung setzte sich der Trend des Vorjahres fort und Emissionen wurden weiter deutlich gemindert. Erneut betraf dies die großen braunkohleverstromenden Kraftwerke. Für Teile der Industrie und des Gebäudebereiches ist von einem vergleichsweise gleichbleibenden Emissionsniveau gegenüber 2019 auszugehen. Insgesamt führten die Minderungen zu einer weiteren Reduktion, so dass sich die gesamte Quellenbilanz vorläufig auf etwa 30,1 Mio. t CO₂e schätzen lässt.

Tabelle 12: Gesamtübersicht der Treibhausgasbilanz (Quellenbilanz ohne LULUCF) für die Jahre 1990, 2005, 2016, 2017 und 2018

Quell- und Senkengruppe / Sektor	ΣTHG (kt CO ₂ e)					Änderung		CO ₂ (kt)					Änderung		CH ₄ (kt CO ₂ e)					Änderung		N ₂ O (kt CO ₂ e)					Änderung		PFC/ HFC/ SF ₆ (kt CO ₂ e)					Änderung	
	1990	2005	2016	2017	2018	2005-2018	2005-2018	1990	2005	2016	2017	2018	2005-2018	2005-2018	2005	2016	2017	2018	2005-2018	2005-2018	2005	2016	2017	2018	2005-2018	2005-2018	2005	2016	2017	2018	2005-2018	2005-2018			
	[%]	absolut	[%]	absolut	[%]	absolut	[%]	absolut	[%]	absolut	[%]	absolut	[%]	absolut	[%]	absolut	[%]	absolut	[%]	absolut	[%]	absolut	[%]	absolut	[%]	absolut	[%]	absolut	[%]	absolut	[%]	absolut			
Quellenbilanz ohne LULUCF	60.006	37.115	33.775	33.434	35.054	-6%	-2.061	51.863	31.116	28.942	28.601	30.607	-2%	-509	3.046	2.410	2.342	2.312	-24%	-734	2.421	2.054	2.122	1.780	-26%	-641	532	368	368	355	-33%	-177			
1. Energie	51.172	27.810	26.035	25.584	27.528	-1%	-282	49.521	27.274	25.402	24.955	26.894	-1%	-380	340	415	411	411	21%	70	198	218	218	224	14%	28									
A. Verbrennung fossiler Brennstoffe																																			
1. Energiewirtschaft	15.414	14.354	12.807	12.590	14.028	-2%	-327	15.250	14.212	12.584	12.367	13.803	-3%	-409	39	xxx	xxx	xxx	***	***	103	xxx	xxx	xxx	***	***									
2. Verarbeitendes Gewerbe	17.770	4.139	4.839	4.863	5.231	26%	1.092	17.534	4.072	4.746	4.770	5.133	26%	1.061	15	xxx	xxx	xxx	***	***	52	xxx	xxx	xxx	***	***									
3. Verkehr	3.779	4.088	3.975	4.019	3.964	-3%	-124	3.670	4.051	3.920	3.964	3.909	-4%	-142	9	6	6	6	-33%	-3	28	49	49	49	76%	21									
4. Übrige Feuerungsanlagen	13.943	4.978	4.198	3.900	4.094	-18%	-884	13.067	4.939	4.152	3.854	4.049	-18%	-890	26	xxx	xxx	xxx	***	***	13	xxx	xxx	xxx	***	***									
B. Diffuse Emissionen aus Brennstoffen																																			
1. Feste Brennstoffe	12	2	2	2	2	27%	0										2	2	2	2	27%	0													
2. Erdöl und Erdgas	254	249	213	209	209	-16%	-40										249	213	209	209	-16%	-40													
2. Prozessemissionen	3.289	4.792	3.637	3.805	3.975	-17%	-817	2.095	3.898	3.358	3.349	3.517	-5%	-181					-43%	-28	495	81	49	65	-87%	-430	532	368	368	355	-33%	-177			
A. Mineralische Produkte																																			
1. Zement	*	1.251	969	1.074	1.053	-16%	-198	*	1.251	969	1.074	1.053	-16%	-198																					
2. Kalk	*	590	635	606	631	7%	40	*	590	635	606	631	7%	40																					
3. Glas	*	64	184	167	201	215%	137	*	64	184	167	201	215%	137																					
4.a Ziegelherstellung	*	14	20	21	23	58%	8	*	14	20	21	23	58%	8																					
4.b Sodanutzung	*	129	110	71	25	-81%	-104	*	129	110	71	25	-81%	-104																					
B. Chemische Produkte																																			
1. Ammoniak	*	1.260	1.125	1.088	1.268	1%	8	*	1.260	1.125	1.088	1.268	1%	8																					
1.7. Ammoniak und Soda	*	1.570	1.387	1.352	1.528	-3%	-42	*	1.570	1.387	1.352	1.528	-3%	-42																					
2./3. Salpeter- und Adipinsäure	99	477	70	39	53	-89%	-424												477	70	39	53	-89%	-424											
8. Petrochemikalien und Industrieruß	0	101	43	56	56	-44%	-45	0	35	14	19	19	-46%	-16	66	29	37	37	-43%	-29															
C. Metallproduktion	77	0	0	0	0		0																		0	0	0	0		0					
D. Nicht-energetische Verwendung Brennstoffe																																			
1. Schmiermittel	3	4	4	4	4	5%	0	3	4	4	4	4	5%	0																					
2. Paraffinwachs	4	9	9	9	8	-6%	-1	4	9	9	9	8	-6%	-1																					
3. Sonstige	39	32	25	25	25	-21%	-7	39	32	25	25	25	-21%	-7																					
E. Elektronik-Industrie (Photovoltaik)	0	11	0	0	0	-100%	-11																		11	0	0	0	-100%	-11					
F. Anwendung als ODS-Ersatzstoff																																			
1. Kälte- und Klimaanlage																																			
1 f e Mobile Klimaanlage	**	86	109	104	99	14%	12																		86	109	104	99	14%	12					
1 f weitere Kälte- und Klimaanlage	**	100	128	125	120	21%	21																		100	128	125	120	21%	21					
2. Schaumherstellung																																			
2 f 2b Schaumherstellung, offenzellig	**	242	23	25	24	-90%	-218																		242	23	25	24	-90%	-218					
3-6. Feuerlöschmittel, Aerosole, Lösemittel u. a.	**	14	13	12	8	-43%	-6																		14	13	12	8	-43%	-6					
G. Sonstige Produktherstellung und -verwendung																																			
1. Elektrische Betriebsmittel	**	19	8	8	7	-61%	-11																		19	8	8	7	-61%	-11					
2. Isolierglasfenster	0	49	84	90	93	91%	44																		49	84	90	93	91%	44					
3./4. Anwendung von Lachgas, Holzkohle u. a.	0	18	12	11	12	-33%	-6																												
H. Andere Bereiche (v.a. Geheimhaltung)	**	11	3	4	4	-68%	-8																		11	3	4	4	-68%	-8					
3. Landwirtschaft	4.088	2.776	2.833	3.035	2.541	-8%	-235	247	144	183	297	196	36%	52	939	939	927	898	-4%	-41	1.694	1.711	1.811	1.447	-15%	-246									
A. Fermentation bei der Verdauung	1.524	746	737	724	704	-6%	-42																												
B. Wirtschaftsdünger-Management	504	299	221	233	218	-27%	-81																												
D. Landwirtschaftliche Böden (Summe)	1.813	1.577	1.587	1.687	1.328	-16%	-249																												
davon: Mineraldüngeranwendung	750	660	537	630	435	-34%	-225																												
davon: Wirtschaftsdüngeranbringung (ohne Gärreste)	249	150	172	172	168	12%	18																												
davon: Ausbringung Gärreste	0	6	96	85	86	1264%	79																												
davon: Ernterückstände	188	242	261	253	177	-27%	-65																												
davon: Klärschlammausbringung	3	4	3	2	2	-42%	-2																												
davon: N-Ausscheidungen beim Weidegang	73	32	33	32	31	-2%	-1																												
davon: Bewirtschaftung organische Böden	176	175	171	170	170	-3%	-6																												
davon: Folge von Deposition	97	64	68	81	59	-7%	-4																												
davon: Folge von Auswaschung	277	243	245	261	199	-18%	-44																												
G. Kalkung	134	57	114	195	143	151%	86	134	57	114	195	143	151%	86																					
H. Harnstoffanwendung	84	68	57	91	44	-35%	-24	84	68	57	91	44	-35%	-24																					
I. Anwendung sonst. kalkhaltiger Dünger	28	19	12	10	10	-51%	-10	28	19	12	10	10	-51%	-10																					
J. Emissionen aus Vergärung (Fermenter, Gärrestlager)	0	10	105	94	94	834%	84																												

5. Abfall und Abwasser	1.458	1.737	1.070	1.010	1.010	-42%	-727			1.701	1.027	966	966	-43%	-735	36	43	44	44	21%	8
A. Abfaldeponierung	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx			xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
B. Bioabfallbehandlung	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx			xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
D. Abwasserbehandlung	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx			22	18	18	18	-22%	-5	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
E. Mechanisch-biologische Abfallbehandlung	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx			xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
Datenqualität / Sicherheit																					
Sehr gut																					
Gut																					
Mittelmäßig																					
Mäßig unsicher																					
Unsicher																					
* Summenwert der offiziell durch StaLa berichteten CO ₂ -Prozessemissionen für 1990: 2049 kt CO ₂ e																					
** Eigene Abschätzung Emissionen F-Gase für 1990 (Betr. ausschließlich FCKWs): 1018 kt CO ₂ e																					
xxx Statistische Geheimhaltung/ Disaggregierte Werte nicht zur Veröffentlichung vorgesehen, Bei den Werten für 2018 handelt es sich um Ergebnisse für das Jahr 2017, die als Schätzer übertragen wurden																					
(tlw.) Übernahme / Schätzung auf Basis Vorjahr																					

6 Literaturverzeichnis

- [1] *Landesregierung Sachsen-Anhalt*. Klima- und Energiekonzept des Landes Sachsen-Anhalt. 2019. Verfügbar unter: https://mule.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/MLU/04_Energie/Klimaschutz/00_Startseite_Klimaschutz/190205_Klima_und_Energiekonzept_Sachsen-Anhalt.pdf (Zugriff: 12.05.2021).
- [2] *Umweltbundesamt*. Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2020. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/berichterstattung-unter-der-klimarahmenkonvention-5> (Zugriff: 29.03.2021).
- [3] *Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union*. Verordnung (EU) 2018/841 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 über die Einbeziehung der Emissionen und des Abbaus von Treibhausgasen aus Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft in den Rahmen für die Klima- und Energiepolitik bis 2030 und zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 525/2013 und des Beschlusses Nr. 529/2013/EU. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0841&from=EN> (Zugriff: 16.08.2019)
- [4] *Statistisches Landesamt Sachsen-Anhalt*. <https://statistik.sachsen-anhalt.de/themen/wirtschaftsbereiche/energie/tabellen-energie-und-wasserversorgung/> (Stand: 25.03.2019)
- [5] *Länderarbeitskreis Energiebilanzen*. www.lak-energiebilanzen.de (Stand: 25.03.2019)
- [6] *Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder*. <https://www.statistikportal.de/de/ugrdl> (Stand: 12.02.2021)
- [7] *Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt)*. <https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/anlagenlisten/2020.pdf> (Stand: 12.05.2021)
- [8] *Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder (VGRdL)*: <https://www.statistik-bw.de/VGRdL/> (Stand: 04.07.2019).
- [9] *DESTATIS. Statistisches Bundesamt. Produzierendes Gewerbe. Düngemittelversorgung. Fachserie 4, Reihe 8.2*: https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Industrie-Verarbeitendes-Gewerbe/Publikationen/Downloads-Fachstatistiken/duengemittelversorgung-jahr-2040820207004.pdf?__blob=publicationFile (Stand: 31.03.2021)
- [10] *DESTATIS. Statistisches Bundesamt. Land und Forstwirtschaft, Fischerei. Viehbestand. Fachserie 3, Reihe 4.1*: https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/Publikationen/Downloads-Tiere-und-tierische-Erzeugung/viehbestand-2030410205324.pdf?__blob=publicationFile (Stand: 30.03.2021)
- [11] *Statistisches Landesamt Sachsen-Anhalt*. Tabellen Wachstumsstand und Ernte. <https://statistik.sachsen-anhalt.de/themen/wirtschaftsbereiche/land-und-forstwirtschaft-fischerei/tabellen-wachstumsstand-und-ernte/> (Stand: 30.03.2021)
- [12] *Umweltbundesamt*. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/dokumente/2021_03_10_trendtabellen_thg_nach_sektoren_v1.0.xlsx

- [13] *Statistisches Landesamt Sachsen-Anhalt*. 4. Regionalisierte Bevölkerungsprognose Sachsen-Anhalt 2005 bis 2025.
- [14] *Enerko GmbH*. Klimaschutzkonzept: Potenziale für eine nachhaltige Klimaschutzpolitik in Sachsen-Anhalt. Endbericht. 2008. Verfügbar unter: <https://lau.sachsen-anhalt.de/luft-klima-laerm/klima-erneuerbare-energien-nachhaltigkeit-umweltallianz/fachberichte-klima/>
- [15] *Statistisches Landesamt Sachsen-Anhalt*. Statistische Berichte E / IV / 401. Produzierendes Gewerbe, Handwerk Energie- und Wasserversorgung Jahr 2018. https://www.statistischebibliothek.de/mir/receive/STHeft_mods_00010732 (Stand: 21.01.2021)
- [16] *Voigtländer C., Bohnenschäfer W., Erfurt I., Reichmuth M.* Potenziale zur Reduktion des Endenergieverbrauchs in Sachsen-Anhalt. 2017. https://lena.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Sonstige_Webprojekte/Lena/Veranstaltungen/Pressefruehstueck_EneffPot/IE_2017-04-28_EnEffPot_Zusammenfassung_Bericht.pdf (Stand: 04.07.2019)
- [17] *Ziesing H.-J., Rohde C., Kleeberger H., Hardi L., Geiger B., Frondel M., Janßen-Timmen R., Sommer S.* Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2013 bis 2016. 2017. <https://ag-energiebilanzen.de/8-0-Anwendungsbilanzen.html> (Stand: 04.07.2019)
- [18] *AG Energiebilanzen*. Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2020. 2021. https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=ageb_jahresbericht2020_20210406b_dt.pdf (Stand: 29.04.2021)
- [19] *Icha P.* Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990-2017. UBA Climate Change 10/2019. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-der-spezifischen-kohlendioxid-5> (Stand: 04.07.2019)
- [20] *Statistisches Landesamt Sachsen-Anhalt*. Bestimmte klimawirksame Stoffe, statistischer Bericht. Unterschiedliche Jahre. <https://statistik.sachsen-anhalt.de/themen/bau-taetigkeit-und-wohnen-umwelt/umwelt/tabellen-umwelt/> (Stand: 04.07.2019)
- [21] *Bundesarchiv*. DC 20-I/3/2898, in '10. Sitzung des MR vom 18. Jan. 1990'; 1990.
- [22] *Haenel H.-D., Rösemann C., Dämmgen U., Döring U., Wulf S., Eurich-Menden B., Freibauer A., Döhler H., Schreiner C., Osterburg B.* Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 - 2016. Report on methods and data (RMD) submission 2020 = Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 - 2018 ; Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2018. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut; 2021. <https://www.thuenen.de/de/ak/arbeitsbereiche/emissionsinventare/> (Stand: 01.04.2021)
- [23] *Agora Energiewende*. Die Energiewende im Stromsektor: Stand der Dinge 2016. https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2017/Jahresauswertung_2016/Agora_Jahresauswertung-2016_WEB.pdf (Stand: 04.07.2019)
- [24] *Marian Klobasa F. S.* CO₂-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien in den Jahren 2012 und 2013. 2016. Climate Change 11/2016.

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate_change_11_2016_co2_minderung_im_stromsektor_durch_den_einsatz_erneuerbarer_energien_0.pdf (Stand: 04.07.2019)

Anhang 1: Vorgenommene vereinfachte Strukturierung des verarbeitenden Gewerbes

Terminus in Tabelle 2	Bis 2008 (WZ 2003)	Ab 2008 (WZ 2008)
Ernährung	Ernährungsgewerbe	Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln, Getränkeherstellung
Holzgewerbe	Holzgewerbe (ohne Herstellung von Möbeln)	Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Herstellung von Möbeln)
Papier und Druck	Papiergewerbe, Verlagsgewerbe, Druckgewerbe, Vervielfältigung	Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus; Herstellung von Druckerzeugnissen; Vervielfältigung von Ton-, Bild- und Datenträgern
Chemische Industrie	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	Herstellung von chemischen Grundstoffen; Sonstige Herstellung von chemischen Erzeugnissen
Gummi und Kunststoff	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren
Glas, Keramik, Verarbeitung Steine und Erden	Glasgewerbe, Herstellung von Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	Herstellung von Glas und Glaswaren, keramischen Werkstoffen und Waren, keramischen Baumaterialien; Sonstige Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden
Metallerzeugung und -bearbeitung	Metallerzeugung und -bearbeitung	Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen; Erzeugung und erste Bearbeitung von NE-Metallen, Gießereien; Sonstige Metallerzeugung und -bearbeitung
Metallerzeugnisse	Herstellung von Metallerzeugnissen	Herstellung von Metallerzeugnissen
Sonstige	Sämtliche Wirtschaftszweige, die in der Energiebilanz unter "Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe" aufgeführt und nicht anderweitig berücksichtigt sind."	