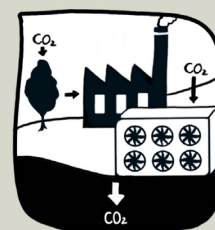
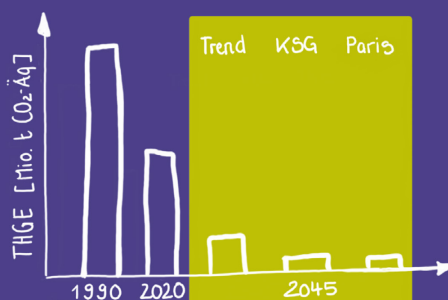


Sachsens Beitrag zur Klima- neutralität

Schriftenreihe, Heft 6/2024



SACHSEN



Sachsens Beitrag zur Klimaneutralität – Wirkung von EU-, Bundes- und Landesmaßnahmen (Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2021)*

Dr. Guido Ropers; Dr. Christine Wörlen; Nathalie Benoit; Justus Heuer; alle Arepo GmbH
Ilka Erfurt; Matthias Reichmuth; Alexander Schiffler; Robert Kießling;
alle Leipziger Institut für Energie GmbH (IE Leipzig)

* Zusätzlich zu diesem Bericht gibt es eine detailliertere Langfassung.

Diese ist unter folgendem Link abrufbar:

Publikationsdatenbank Freistaat Sachsen - <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/44282>

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	11
1 Einleitung und Zielstellung	13
2 Überblick: Klimaziele und -politik auf EU-, Bundes- und Landesebene	14
2.1 Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2021.....	14
2.2 Klimapolitische Handlungs- und Maßnahmeninstrumente der Bundesländer.....	15
2.3 Instrumente zur Koordination und Steuerung von Landesklimapolitik	15
3 Methodik	17
3.1 Treibhausgasbilanz für Sachsen nach Anlage 1 des KSG	17
3.2 Szenarienerstellung	20
3.3 Analysemethodik	22
4 Gesamtergebnisse	24
4.1 Ist-Stand THG-Emissionen nach Anlage 1 des KSG und Vergleich der Szenarien- Ergebnisse.....	24
4.2 Umsetzungslücke zwischen Trend- und KSG-Szenario	26
5 Sektorale Betrachtung	29
5.1 Energiewirtschaft	29
5.1.1 Modellierungsannahmen.....	30
5.1.2 Treibhausgasemissionen	31
5.1.3 Zielstrategien	32
5.1.4 Einordnung der EKP-Maßnahmen	32
5.1.5 Vorschläge für weitere Maßnahmen	33
5.1.5.1 Maßnahmen zur Zielstrategie Ausbau der erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung	33
5.1.5.2 Maßnahmen zur Zielstrategie Ausbau der erneuerbaren Energien zur Wärmeerzeugung	33
5.1.5.3 Maßnahmen zur Zielstrategie Reduktion fossiler Energieträger	34
5.2 Industrie.....	34
5.2.1 Modellierungsannahmen.....	35
5.2.2 Treibhausgasemissionen	37
5.2.3 Zielstrategien	38
5.2.4 Einordnung der EKP-Maßnahmen	38
5.2.5 Vorschläge für weitere Maßnahmen	39
5.2.5.1 Maßnahmen zur Zielstrategie der Reduktion fossiler Endenergieträger	39
5.2.5.2 Maßnahmen zur Zielstrategie der Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien	39
5.2.5.3 Maßnahmen zur Zielstrategie des Einsatzes von Wasserstoff und daraus gewonnenen Energieträgern.....	39
5.2.5.4 Maßnahmen zur Zielstrategie der Steigerung der Energieeffizienz	40
5.3 Verkehr	40
5.3.1 Modellierungsannahmen.....	41
5.3.2 Treibhausgasemissionen	43
5.3.3 Zielstrategien	44
5.3.4 Einordnung der EKP-Maßnahmen	44
5.3.5 Vorschläge für weitere Maßnahmen	44
5.3.5.1 Maßnahmen zur Zielstrategie Verkehrseinsparung.....	45
5.3.5.2 Maßnahmen zur Zielstrategie Verkehrsverlagerung.....	45
5.3.5.3 Maßnahmen zur Zielstrategie Antriebswechsel.....	45

5.4	Gebäude.....	46
5.4.1	Modellierungsannahmen.....	46
5.4.2	Treibhausgasemissionen.....	48
5.4.3	Zielstrategien.....	49
5.4.4	Einordnung der EKP-Maßnahmen.....	49
5.4.5	Vorschläge für weitere Maßnahmen.....	50
5.4.5.1	Maßnahmen zur Zielstrategie Energieeffizienzerhöhung.....	50
5.4.5.2	Maßnahmen zur Zielstrategie Wärmeerzeugersubstitution.....	50
5.4.5.3	Maßnahmen zur Zielstrategie Verbot von fossilen Wärmeerzeugern.....	51
5.5	Landwirtschaft.....	51
5.5.1	Modellierungsannahmen.....	52
5.5.2	Treibhausgasemissionen.....	53
5.5.3	Zielstrategien.....	53
5.5.4	Einordnung der EKP-Maßnahmen.....	54
5.5.5	Vorschläge für weitere Maßnahmen.....	54
5.5.5.1	Maßnahmen zur Zielstrategie Abstockung des Tierbestandes.....	54
5.5.5.2	Maßnahmen zur Zielstrategie Wirtschaftsdünger- und Gärrestlagerabdichtung.....	55
5.5.5.3	Maßnahmen zur Zielstrategie Verbesserung der Bodenbearbeitungsmethoden und Düngungseffizienz.....	55
5.5.5.4	Maßnahmen zur Zielstrategie Ausbau der ökologischen Landwirtschaft.....	55
5.5.5.5	Maßnahmen zur Zielstrategie Antriebswechsel.....	55
5.6	Abfallwirtschaft und Sonstiges.....	56
5.6.1	Modellierungsannahmen.....	56
5.6.2	Treibhausgasemissionen.....	57
5.6.3	Zielstrategien.....	58
5.6.4	Einordnung der EKP-Maßnahmen.....	58
5.6.5	Vorschläge für weitere Maßnahmen.....	58
5.6.5.1	Maßnahmen zur Zielstrategie Reduktion der organischen Abfälle.....	58
5.6.5.2	Maßnahmen zur Zielstrategie technische Aufrüstung in der Abwasserbehandlung.....	59
6	Natürliche Senken (LULUCF) und technische Senken.....	60
6.1	LULUCF.....	60
6.1.1	THG-Quellen und -Senken im LULUCF-Sektor nach Landnutzungskategorien.....	60
6.1.2	Einschätzung der Datengrundlage und Unsicherheiten.....	61
6.1.3	Zielstrategien.....	61
6.1.4	Einordnung der EKP-Maßnahmen.....	62
6.1.5	Vorschläge für weitere Maßnahmen.....	63
6.1.5.1	Maßnahmen zur Zielstrategie Waldneuanlage und -umbau.....	63
6.1.5.2	Maßnahmen zur Zielstrategie kohlenstoffbewahrende Bodenbewirtschaftung von Ackerböden.....	63
6.1.5.3	Maßnahmen zur Zielstrategie Erhalt von und Umwandlung in Dauergrünland.....	64
6.1.5.4	Maßnahmen zur Zielstrategie naturnaher Wasserhaushalt.....	64
6.1.5.5	Maßnahmen zur Zielstrategie Wiedervernässung und Schutz von Mooren.....	64
6.1.5.6	Maßnahmen zur Zielstrategie Reduktion der Flächenneuanspruchnahme und Stärkung von Entsiegelungen.....	64
6.2	Technische Senken.....	64
7	Fazit.....	66

Literaturverzeichnis	68
Anhang	72
A 1.1 Überblick rechtlicher Handlungsrahmen nach Sektoren.....	72
A 1.2 Überblick zu weiteren THG-wirksamen Programmen und Strategien.....	82
A 1.3 Überblick Zielstrategien, EKP-Maßnahmen und Maßnahmenvorschläge.....	91
A 1.4. Bruttostromerzeugung nach Energieträgern	99

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Treibhausgasemissionen nach Sektoren für die Jahre 1990 und 2020 sowie in den Szenarien bis 2045 in Sachsen.....	24
Abbildung 2: Relative Differenz der Treibhausgasemissionen zwischen dem KSG- und dem Trend-Szenario nach Sektoren für die Jahre 2020 bis 2045 in Sachsen	27
Abbildung 3: Überblick Treibhausgasemissionen im Sektor Energiewirtschaft im Jahr 2020	29
Abbildung 4: Treibhausgasemissionen im Sektor Energiewirtschaft nach Energieträgern für die Jahre 1990 und 2020 sowie in den Szenarien bis 2045 in Sachsen.....	31
Abbildung 5: Überblick Treibhausgasemissionen im Sektor Industrie im Jahr 2020.....	35
Abbildung 6: Prozess- und energiebedingte Treibhausgasemissionen im Sektor Industrie nach Energieträgern in den Jahren 1990 und 2020 und nach Szenarien bis 2045 in Sachsen	38
Abbildung 7: Überblick Treibhausgasemissionen im Sektor Verkehr im Jahr 2020.....	40
Abbildung 8: Treibhausgasemissionen des Verkehrs nach Szenarien und Energieträgern in den Jahren 1990 und 2020 sowie nach Szenarien bis 2045 in Sachsen	43
Abbildung 9: Überblick Treibhausgasemissionen im Sektor Gebäude im Jahr 2020.....	46
Abbildung 10: Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor nach Energieträgern für die Jahre 1990 und 2020 sowie nach Szenarien bis 2045 in Sachsen	48
Abbildung 11: Überblick Treibhausgasemissionen im Sektor Landwirtschaft im Jahr 2020	51
Abbildung 12: Treibhausgasemissionen im Landwirtschaftssektor nach Emissionsquelle für die Jahre 1990 und 2020 sowie nach Szenarien bis 2045 in Sachsen.....	53
Abbildung 13: Überblick THG-Emissionen im Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges im Jahr 2020	56
Abbildung 14: Treibhausgasemissionen im Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges nach Emissionsquelle für die Jahre 1990 und 2020 sowie nach Szenarien bis 2045 in Sachsen	57
Abbildung 15: Treibhausgas-Quellen und -Senken im LULUCF-Sektor nach Landnutzungskategorien für die Jahre 1990 bis 2021 in Sachsen.....	61
Abbildung 16: Bruttostromerzeugung nach Energieträgern für die Jahre 1990 und 2020 sowie in den Szenarien bis 2045 in Sachsen	99

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Treibhausgasbilanz für Sachsen nach Anlage 1 des KSG: Sektoren, Quellkategorien und berücksichtigte Treibhausgase und deren Datenquellen	18
Tabelle 2: Treibhausgasbilanz für die Jahre 1990 und 2020 sowie Emissionsminderungsziele für den Freistaat Sachsen nach Bundes-KSG	21
Tabelle 3: CO ₂ -Sektorbudgets für Sachsen ab 2020 für 1,75°C mit 67 % Wahrscheinlichkeit.....	22
Tabelle 4: Überblick zum rechtlichen Handlungsrahmen der Bundesländer im Sektor Energiewirtschaft.....	72
Tabelle 5: Überblick zum rechtlichen Handlungsrahmen der Bundesländer im Sektor Industrie	74
Tabelle 6: Überblick zum rechtlichen Handlungsrahmen der Bundesländer im Sektor Verkehr.....	75
Tabelle 7: Überblick zum rechtlichen Handlungsrahmen der Bundesländer im Sektor Gebäude	77
Tabelle 8: Überblick zum rechtlichen Handlungsrahmen der Bundesländer im Sektor Landwirtschaft.....	78
Tabelle 9: Überblick zum rechtlichen Handlungsrahmen der Bundesländer im Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges.....	79
Tabelle 10: Überblick zum rechtlichen Handlungsrahmen der Bundesländer im Sektor LULUCF	80
Tabelle 11: Überblick zu weiteren THG-wirksamen Programmen und Strategien	82
Tabelle 12: Zielstrategien, EKP-Maßnahmen und Maßnahmenvorschläge im Sektor Energiewirtschaft (Kapitel 5.1).....	91
Tabelle 13: Zielstrategien, EKP-Maßnahmen und Maßnahmenvorschläge im Sektor Industrie (Kapitel 5.2).....	93
Tabelle 14: Zielstrategien, EKP-Maßnahmen und Maßnahmenvorschläge im Sektor Verkehr (Kapitel 5.3).....	94
Tabelle 15: Zielstrategien, EKP-Maßnahmen und Maßnahmenvorschläge im Sektor Gebäude (Kapitel 5.4).....	95
Tabelle 16: Zielstrategien, EKP-Maßnahmen und Maßnahmenvorschläge im Sektor Landwirtschaft (Kapitel 5.5).....	96
Tabelle 17: Zielstrategien, EKP-Maßnahmen und Maßnahmenvorschläge im Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges (Kapitel 5.6).....	97
Tabelle 18: Zielstrategien, EKP-Maßnahmen und Maßnahmenvorschläge im Sektor LULUCF (Kapitel 6.1).....	98

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
Abs.	Absatz
AG	Aktiengesellschaft
AK UGRdL	Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder
Äq.	Äquivalente
Art.	Artikel
AZL	Ausgleichszulage
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BECCS	Bio Energy Carbon Capture and Storage (Bioenergie mit CO ₂ -Abscheidung und - Speicherung)
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMJ	Bundesministerium der Justiz
BUND	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland
BVerfG	Bundesverfassungsgericht
BW	Baden-Württemberg
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CCS	Carbon Capture and Storage (CO ₂ -Abscheidung und Speicherung)
CCU	Carbon Capture and Use (CO ₂ -Abscheidung mit anschließender Nutzung)
CDU	Christlich-Demokratische Union
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
C _{org}	Organischer Kohlenstoff
CRCF	Carbon Removal Certification Framework
CRF	Common Reporting Format (Gemeinsames Berichtsformat)
DACCS	Direct Air Carbon Capture and Storage (CO ₂ -Entnahme aus der Luft mit anschlie- ßender Speicherung)
dena	Deutsche Energie-Agentur
DESTATIS	Statistisches Bundesamt
d. h.	das heißt
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
DüV	Düngeverordnung
EE	Erneuerbare Energien
EEV	Endenergieverbrauch
EKP	Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2021
EKP-MNP	Maßnahmenplan zum Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2021
ELER	Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums
EMIKAT	Emissionskataster
EMoG	Elektromobilitätsgesetz

EPBD	Energy Performance of Buildings Directive
etc.	Et cetera
EU	Europäische Union
FFH	Flora-Fauna-Habitat
F-Gase	Fluorierte Gase
FRL	Förderrichtlinie
FRL NE	Förderrichtlinie Natürliches Erbe
FRL ÖBL	Förderrichtlinie Ökologischer/Biologischer Landbau
FRL pMW	Förderrichtlinie preisgünstiger Mietwohnraum
FRL WuF	Förderrichtlinie Wald- und Forstwirtschaft
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GG	Grundgesetz
ggf.	gegebenenfalls
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GW	Gigawatt
GWP	Global Warming Potential
H ₂	Wasserstoff
ha	Hektar
HH	Haushalte
Hrsg.	Herausgeber
IE Leipzig	Leipziger Institut für Energie GmbH
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IWU	Institut Wohnen und Umwelt
k. A.	keine Angaben
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
Kfz	Kraftfahrzeug
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
KSG	Klimaschutzgesetz
KSpG	Kohlendioxid-Speicherungsgesetz
kt	Kilotonnen
KVBG	Kohleverstromungsbeendigungsgesetz
LAK	Länderarbeitskreis Energiebilanzen
LASUV	Landesamt für Straßenbau und Verkehr
LEP	Landesentwicklungsplan
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Lkw	Lastkraftwagen
LULUCF	Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft
MEKUN SN	Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein
MF BW	Ministerium für Finanzen Baden-Württemberg
MIV	Motorisierter Individualverkehr

Mio.	Millionen
Mrd.	Milliarden
MW	Megawatt
N	Stickstoff
N ₂ O	Distickstoffmonoxid
n. d.	Ohne Datum
NIR	Nationaler Inventarbericht
Nr.	Nummer
NWG	Nichtwohngebäude
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖPNVFinVO	ÖPNV-Finanzierungsverordnung
ÖPNVG	Gesetz über den öffentlichen Personennahverkehr im Freistaat Sachsen
ÖSPV	Öffentlicher Straßenpersonenverkehr
Pkw	Personenkraftwagen
PtG	Power-to-Gas
PtL	Power-to-Liquid
PtX	Power-to-X (Überbegriff zu PtL und PtG)
PV	Photovoltaik
PVfVO	Photovoltaik-Freiflächenverordnung
RL	Richtlinie
RL AuF	Förderrichtlinie Aquakultur und Fischerei
RL GH	Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustandes und des präventiven Hochwasserschutzes
RL InvKG	Richtlinie zur Gewährung von Zuwendungen nach dem Investitionsgesetz Kohleregionen
S.	Seite
SAENA	Sächsische Energieagentur
SächsDSchG	Sächsisches Denkmalschutzgesetz
SächsJagdG	Sächsisches Jagdgesetz
SächsKrWBodSchG	Sächsisches Kreislaufwirtschafts- und Bodenschutzgesetz
SächsLPIG	Sächsisches Landesplanungsgesetz
SächsNatSchG	Sächsisches Naturschutzgesetz
SächsWaldG	Sächsisches Waldgesetz
SächsWG	Sächsisches Wassergesetz
SBC	Semizentrale Schlammbehandlungszentren
SGV	Schienengüterverkehr
SMEKUL	Sächsisches Ministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft
SMR	Sächsisches Staatsministerium für Regionalentwicklung
SMWA	Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr
sog.	sogenannte(r)
SPD	Sozialdemokratische Partei Deutschlands
SPFV	Schienenpersonenfernverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen der Bundesregierung

StLA	Statistisches Landesamt
t	Tonnen
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
THG	Treibhausgas
TJ	Terajoule
u. a.	unter anderem
UBA	Umweltbundesamt
UGRdL	Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder
UNFCCC	Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen
ÜvP	Übereinkommen von Paris
VerpackG	Verpackungsgesetz
WEA	Windenergieanlage
WindBG	Windenergieflächenbedarfsgesetz
z. B.	zum Beispiel
ZVNL	Zweckverband für den Nahverkehrsraum Leipzig

Zusammenfassung

Die Bundesrepublik Deutschland hat sich im Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) das Ziel gesetzt, bis 2045 Netto-Treibhausgasneutralität zu erreichen. Hierzu wird auch jedes Bundesland einen Beitrag leisten müssen. Das Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2021 (EKP 2021) dient dem Freistaat Sachsen dazu als strategische Grundlage und ist mit einem Maßnahmenplan unterlegt. Die vorliegende Studie untersucht die Bedeutung und den Einflussbereich des Freistaates Sachsen bei der Reduzierung von Treibhausgasemissionen. Sie ordnet den Beitrag des EKP-Maßnahmenplanes in diesem Zusammenhang ein und leitet ergänzende Maßnahmenvorschläge ab, die unter Berücksichtigung des rechtlichen Handlungsrahmens des Freistaates Sachsen zum Erreichen des bundesweiten Zieles der Klimaneutralität beitragen.

Die Erstellung einer KSG-konformen Treibhausgasbilanz auf Basis von Daten des Emissionskatasters (EMIKAT), der Energiebilanz Sachsen, der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder sowie des Thünen-Instituts stellt die methodische Grundlage dar. Sie dient als Ausgangslage für die Entwicklung von drei Szenarien für den Zeitraum 2020 bis 2045: einem Trend-Szenario, abgeleitet aus dem Projektionsbericht 2021 des Umweltbundesamtes (UBA), einem KSG-Szenario zur Einhaltung der auf Sachsen übertragenen Ziele des Bundes-KSG sowie einem Paris-Szenario, in dem ein für Sachsen hergeleitetes CO₂-Budget eingehalten wird, das konform ist mit der Zielsetzung des Übereinkommens von Paris.

Bei dem Vergleich der Emissionsentwicklungen zwischen dem Trend-Szenario und dem KSG-Szenario wird deutlich, dass in allen Sektoren eine erhebliche Umsetzungslücke hinsichtlich der bundesweit gesetzten Klimaschutzziele besteht. Dabei ist die Lücke im Verkehrssektor am größten, gefolgt vom Energiewirtschafts- und Industriesektor. Mit Blick auf die Entwicklung der Gesamtemissionen beträgt der Unterschied zwischen dem Trend- und dem KSG-Szenario im Jahr 2045 etwa 10 Mio. t CO₂-Äq. Damit übersteigen die Restemissionen im Trend-Szenario die des KSG-Szenarios um mehr als das Achtfache. Ohne zusätzliches politisches Handeln bleiben im Jahr 2045 demnach Restemissionen von knapp 12 Mio. t CO₂-Äq. Der zentrale Unterschied zum Paris-Szenario liegt in der Geschwindigkeit, in der die Emissionen gemindert werden. So sinken die THG-Emissionen im Paris-Szenario von ca. 42 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2020 auf ca. 10 Mio. t CO₂-Äq. bis zum Jahr 2030. Zum gleichen Zeitpunkt betragen die Emissionen im Trend-Szenario noch etwa 35 Mio. t CO₂-Äq. und im KSG-Szenario 23 Mio. t CO₂-Äq. Insgesamt wird selbst im KSG-Szenario noch mehr als anderthalbmal so viel CO₂ emittiert, als es Sachsen nach dem abgeleiteten CO₂-Budget für einen Paris-konformen Entwicklungspfad zustehen würde.

Über die Analyse der Einflussfaktoren, welche die Lücke in der Treibhausgasentwicklung zwischen dem Trend- und dem KSG-Szenario maßgeblich beeinflussen, können Zielstrategien abgeleitet werden. Diese sollen dazu beitragen, für Sachsen einen Entwicklungspfad aufzuzeigen, der mit den Zielen des KSG im Einklang steht. Parallel unterstreicht das Paris-Szenario den enormen zeitlichen Handlungsdruck, um Maßnahmen zu ergreifen, die die Einhaltung eines Paris-konformen CO₂-Budgets ermöglichen.

Es zeigt sich, dass Sachsen mit dem EKP 2021 und dem EKP-Maßnahmenplan bereits wichtige strategische Koordinations- und Maßnahmeninstrumente entwickelt hat, die einen Beitrag zum Erreichen der KSG-Ziele leisten. Dennoch wird deutlich, dass neue Maßnahmen umgesetzt und bestehende Maßnahmen durch konkrete Zielvorgaben (z. B. Flächenziele) präzisiert werden sollten. Hierfür können die abgeleiteten Zielstrategien eine wichtige Orientierung bieten. Zudem werden insgesamt 68 Maßnahmenvorschläge abgeleitet, die als Grundlage für eine Weiterentwicklung des EKP-Maßnahmenplanes dienen können.

Besonders wichtig sind Maßnahmen, die den Einsatz fossiler Energieträger reduzieren. Beispielsweise ist im Sektor Energiewirtschaft der Ausbau der erneuerbaren Energien vordringlich, um den Einsatz fossiler Energien in der Strom- und Wärmeerzeugung zügig zu verringern und den Ausstieg aus der Braunkohleverstromung vorzuziehen. Hier bestehen Handlungsspielräume u. a. in der Einführung einer Landessolarpflicht sowie in der Modifizierung der Photovoltaik-Freiflächenverordnung. Im Verkehrssektor kann das Land über Instrumente der Raumentwicklung und Schulnetzplanung die Verkehrseinsparung beeinflussen. Im Sektor Gebäude wird empfohlen, einen stärkeren Fokus von Landesförderprogrammen auf Maßnahmen zur Wärmeerzeugersubstitution zu legen.

Um auf einen KSG-konformen Entwicklungspfad zu kommen, wird das Zusammenspiel der Zielstrategien durch die Anwendung verschiedener Mittel im Einflussbereich des Freistaates Sachsen notwendig sein - Ordnungsrecht, Rechtsumsetzung, Förderpolitik, Investitionen wie in den treibhausgasmindernden Infrastrukturausbau oder den Erwerb von klimaschutzrelevanten Flächen, eigenes Verwaltungshandeln, Öffentlichkeitsarbeit und Beratung sowie die Unterstützung der kommunalen Verwaltungsebene durch Auslegungshilfen, Informationen, Verwaltungsvorlagen bis hin zu finanziellen Hilfen. Außerdem wird in der Analyse deutlich, dass die rechtsverbindliche Verankerung von Sektorzielen in einem Landesklimaschutzgesetz eine zielführende Ergänzung zum EKP 2021 für die sächsische Klimapolitik darstellen kann. Landesklimaschutzgesetze sind weder ein Ersatz noch eine Alternative für Klimaschutzprogramme wie dem EKP 2021, sondern bieten komplementär dazu eine rechtsverbindliche Grundlage für deren Ableitung, Aktualisierung und Erfolgsmessung.

1 Einleitung und Zielstellung

Um die Erderwärmung zu stoppen, steht das Ziel der Klimaneutralität im Mittelpunkt vieler Klimaschutzprogramme und -vereinbarungen. Die Bundesrepublik Deutschland hat sich im Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) das Ziel gesetzt, bis 2045 Netto-Treibhausgasneutralität zu erreichen. Des Weiteren hat sie sich im Rahmen des Übereinkommens von Paris (ÜvP) verpflichtet, den globalen Temperaturanstieg deutlich auf unter 2 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Um die deutschen Klimaziele zu erreichen, wird auch jedes Bundesland einen Beitrag leisten müssen. Das Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2021 (EKP 2021) dient dem Freistaat Sachsen hierzu als strategische Grundlage für sein Handeln im Bereich Klimaschutz und ist mit einem Maßnahmenplan unterlegt. Es fehlt jedoch eine klare Vorstellung dazu, wie hoch der sächsische Zielbeitrag zum Erreichen des bundesweiten Zieles der Klimaneutralität sein kann und welche Maßnahmen im Zuständigkeitsbereich des Freistaates Sachsen hierfür zielführend sind.

In diesem Projekt wird zunächst der rechtliche Handlungsrahmen des Freistaates Sachsen analysiert und im Zusammenhang mit bundespolitischen Klimazielverpflichtungen betrachtet. Zudem werden die Vor- und Nachteile verschiedener Koordinierungs- und Steuerungsinstrumente der Landesklimapolitik beleuchtet. Im nächsten Schritt wird auf Basis des sächsischen Emissionskatasters (EMIKAT), der Bilanzierung des Länderarbeitskreises Energiebilanzen (LAK), der Bilanzierung der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder (UGRdL) sowie der Daten des Thünen-Instituts eine Bilanzierung der Treibhausgas (THG)-Emissionen in Sachsen für die Jahre 1990 und 2020 gemäß der Sektorengliederung nach dem KSG abgeleitet. Die erstellte THG-Bilanzierung dient als Ausgangslage für die Entwicklung von drei Szenarien für den Zeitraum 2020 bis 2045: Es werden ein Trend-Szenario, das aus dem Projektionsbericht 2021 des Umweltbundesamtes (UBA) abgeleitet ist, ein Szenario zur Einhaltung der auf Sachsen übertragenen Ziele des Bundes-KSG (KSG-Szenario) sowie ein Szenario, in dem ein für Sachsen hergeleitetes CO₂-Budget eingehalten wird, das konform ist mit der Zielsetzung des ÜvP (Paris-Szenario), modelliert.

Ziel der Szenarienerstellung ist es, Unterschiede in den sich aus den jeweiligen klimapolitischen Zielvorgaben ergebenden Minderungspfaden sichtbar zu machen. Aus dem Vergleich und der Analyse der Faktoren, die maßgeblich den Unterschied bzw. die Lücke in der THG-Entwicklung zwischen dem Trend- und dem KSG-Szenario beeinflussen, werden daraufhin für die Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr, Gebäude, Landwirtschaft sowie Abfallwirtschaft und Sonstiges Zielstrategien abgeleitet, die einen Beitrag dazu leisten, in Sachsen einen KSG-konformen Entwicklungspfad zu erreichen. Im Sektor Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (Land Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF) werden die Zielstrategien aufgrund von Datenunsicherheiten auf Basis einer Literaturrecherche abgeleitet.

Die Zielstrategien dienen als Bewertungsreferenz für die Analyse, wie umfänglich die EKP-Maßnahmen bereits einen Beitrag zur Schließung der Lücke in der THG-Entwicklung zwischen dem Trend- und KSG-Szenario leisten. Hierzu werden die Zielstrategien der EKP-Maßnahmen bestimmt. Durch einen Abgleich der Zielstrategien der EKP-Maßnahmen mit denen der Szenariomodellierung werden wesentliche Lücken und Handlungsspielräume identifiziert, die als analytische Grundlage für eine Weiterentwicklung des EKP 2021 dienen können. Unter Beachtung des rechtlichen Handlungsrahmens Sachsen werden im Anschluss Vorschläge für die Weiterentwicklung von Maßnahmen bzw. des EKP-Maßnahmenplanes für die Sektoren abgeleitet. Zusätzlich werden das Erfordernis, der Entwicklungsstand sowie die Möglichkeiten zur Nutzung von technischen Senken im Hinblick auf das Ziel der Klimaneutralität diskutiert. Abschließend wird in Ergänzung zum EKP 2021 das Potenzial einer Verankerung von THG-Einsparzielen in einem Landesklimaschutzgesetz diskutiert.

2 Überblick: Klimaziele und -politik auf EU-, Bundes- und Landesebene

Die Klimapolitik des Freistaates Sachsen ist in einem Mehrebenenkonstrukt von internationalen und nationalen Klimaschutzprogrammen und -vereinbarungen eingebettet. Im ÜvP hat sich die internationale Staatengemeinschaft völkerrechtlich verbindlich das globale Ziel gesetzt, die Erderwärmung im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter auf "deutlich unter" zwei Grad Celsius zu begrenzen. Auf der europäischen Ebene hat sich die Europäische Union (EU) auf Basis des EU-Klimagesetzes verpflichtet, bis 2050 klimaneutral zu werden. Auf der Bundesebene verpflichtet das Grundgesetz (GG) der Bundesrepublik Deutschland den Staat nach Art. 20a GG zum Klimaschutz. Nach Auslegung des Bundesverfassungsgerichtes schließt dies auch die Herstellung von Klimaneutralität sowie die Ziele des ÜvP mit ein. Zudem muss der Gesetzgeber Regelungen zur Größe der für bestimmte Zeiträume insgesamt zugelassenen Emissionsmengen treffen (BVerfG, 2021). Die Emissionsminderungsziele der Bundesrepublik Deutschland sind im Bundes-Klimaschutzgesetz festgelegt. Nach der Novellierung des KSG im Jahr 2021 wird eine Minderung der Emissionen um 65 % gegenüber 1990 bis 2030 und eine Minderung von 88 % bis 2040 angestrebt. Bis zum Jahr 2045 soll Deutschland klimaneutral werden. In der aktuell gültigen Version des KSG sind für die verschiedenen Sektoren maximal zulässige Jahresemissionsmengen, sogenannte Sektorziele, bis zum Jahr 2030 festgelegt. Neben den Sektorzielen bis zum Jahr 2030 sieht das KSG zudem sektorübergreifende jährliche Minderungsziele für die Jahre 2031 bis 2040 vor.

2.1 Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2021

In Sachsen stellt das im Juni 2021 verabschiedete EKP 2021 den zentralen Rahmen für die Klimapolitik des Bundeslandes dar. Als Landesklimaschutzprogramm dient es als Grundlage und strategische Orientierung der Energie- und Klimapolitik bis zum Jahr 2030. Hierfür werden insgesamt sechs energie- und klimapolitische Strategien als politische Leitlinien in den Mittelpunkt gestellt. Konkrete THG-Minderungszielwerte für diese Strategien werden nicht genannt. Einleitend wird aber als Zielstellung der sächsischen Klimapolitik gefordert, "das sich [diese] an den Pariser Klimazielen, dem EU-Ziel der Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2050 und an den Klimaschutzzielen und -programmen des Bundes orientiert" (SMEKUL, 2021, S. 10). Im zweiten Teil des EKP 2021 werden insgesamt 159 Ziel- und Handlungsschwerpunkte gelistet, die in neun Handlungsfelder gebündelt sind. Hierauf aufbauend wurde am 4. Juli 2023 ein Maßnahmenplan verabschiedet, in dem konkrete Maßnahmen entwickelt und zum Teil bestehende Maßnahmen gesammelt wurden. Zudem betont der EKP-Maßnahmenplan die Vorbildfunktion der öffentlichen Hand und gibt das Ziel aus, bis 2040 "weitest gehende Klimaneutralität" der Landesverwaltung zu erreichen (SMEKUL, 2023a, S. 20).

Darüber hinaus existieren in Sachsen weitere THG-wirksame Programme und Strategien. Ein zusammenfassender Überblick der betrachteten Programme und Strategien findet sich im Anhang A 1.2 in Tabelle 11. Potenzielle Synergien und Zielkonflikte mit diesen Programmen wurden bei der Erarbeitung der Maßnahmenvorschläge berücksichtigt.

2.2 Klimapolitische Handlungs- und Maßnahmeninstrumente der Bundesländer

Mit Bezug auf den klimapolitischen Handlungsrahmen stehen den Bundesländern vielfältige und verschiedene Handlungsinstrumente zur Verfügung. Im Bereich der **Gesetzgebung und Regulierung** können sie trotz der oftmals vorrangigen Gesetzgebungskompetenz des Bundes grundlegend in vielen Bereichen Gesetze und Verordnungen erlassen, die beispielsweise den Ausbau erneuerbarer Energien in die Umsetzung bringen. Des Weiteren hängen viele der Maßnahmen auf Bundesebene von ihrem **Vollzug auf Landesebene** ab. Über eine eigene **Förderpolitik** können Bundesländer finanzielle Förderprogramme aus der EU- oder Bundesebene effektivieren und verstärken sowie eigene Schwerpunkte setzen. Über **Investitionen** aus dem **Landeshaushalt** können sie Ressourcen strategisch in nicht-fossile Wege lenken. Zudem können Bundesländer über **Beteiligungen an Infrastrukturunternehmen und anderen landeseigenen Betrieben** Vorgaben machen, dass die Unternehmen Dekarbonisierungsstrategien entwickeln und umsetzen. Über **informative Mittel** wie gezielte Motivations- und Informationskampagnen kann u. a. die Wirkung von anderen Politikinstrumenten gesteigert werden. Über **eigenes Verwaltungshandeln** kann das Land ebenfalls einen direkten Einfluss auf die Reduzierung von Treibhausgasen ausüben, z. B. mit Blick auf ihre eigenen Energieverbräuche im Bereich des landeseigenen Gebäude- und Fuhrparkbestandes. Im Bereich der **öffentlichen Daseinsfürsorge** sind die Bundesländer u. a. mitverantwortlich für die Förderung des Wohnungsmarktes. Auch die Entwicklung und der Betrieb von Verkehrsinfrastrukturen wie Straßen, öffentlicher Nahverkehr und Flughäfen gehören zum Aufgabenbereich der Länder und haben jeweils wichtige Bezüge für den Klimaschutz. Ebenso bedeutsam ist **die Unterstützung, die die Landesregierung den Verwaltungsebenen auf lokaler und regionaler Ebene** geben kann. Bundesländer können z. B. durch die Einführung von Solarbauvorschriften oder die Anpassung von Bau- und Parkplatzverordnungen aktiv werden und den Kommunen Auslegungshilfen, Informationen und Verwaltungsvorlagen bis hin zu praktischer technischer Unterstützung anbieten.

Eine tabellarische Zusammenfassung des rechtlichen Handlungsrahmens für die jeweiligen Sektoren findet sich im Anhang A 1.1 in Tabelle 4 bis Tabelle 10. Insgesamt wird deutlich, dass Bundesländer eine Schlüsselrolle bei der Gestaltung und Umsetzung von Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und zur Förderung einer treibhausgasneutralen Gesellschaft spielen, wenn sie ihre Befugnisse und Ressourcen strategisch und koordiniert dafür einsetzen. Dies ist jedoch nur möglich, wenn es einen klaren politischen Willen zur Gestaltung gibt, eine umfassende und praktische Herangehensweise gewählt und (verbindliche) Ziele gesetzt werden.

2.3 Instrumente zur Koordination und Steuerung von Landesklimapolitik

Um den Klimaschutz auf Landesebene systematisch und koordiniert voranzutreiben, kann zwischen zwei zentralen Instrumenten differenziert werden. **Landesklimaschutzprogramme, -konzepte, -pläne bzw. -strategien** sind Instrumente für Klimaschutz auf Landesebene. Sie haben keine rechtlich verbindliche Außenwirkung, enthalten aber typischerweise THG-Minderungsziele. Sie bieten in erster Linie die Möglichkeit für die systematische Koordination von Klimaschutzmaßnahmen. Aufgrund der fehlenden rechtlichen Außenwirkung fehlt es jedoch an Durchsetzungsmechanismen. **Landesklimaschutzgesetze** sind rechtliche Rahmenwerke, die erlassen werden, um als verbindliche Grundlage für den Klimaschutz auf Landesebene zu dienen. Nach Schlacke (2022) ist Kernelement eines Klimaschutzgesetzes das rechtsverbindliche Treibhausgasminderungsziel, das durch Etappenziele und z. T. auch durch Treibhausgas-Neutralitätsziele konkretisiert werden kann. Damit wird Klimaschutz zur landespolitischen Querschnittsaufgabe und das Erreichen der im Gesetz festgelegten Ziele und Maßnahmen verpflichtend. Dies erhöht

die Wahrscheinlichkeit, dass die definierten Klimaziele tatsächlich erreicht werden. Durch eine gesetzliche Umsetzungspflicht von THG-Minderungszielen wird die finanzielle Ausstattung von Klimaschutzmaßnahmen im Rahmen der Budgetplanung ebenfalls stärker motiviert. Die klaren Zielvorgaben von Landesklimaschutzgesetzen erleichtern es, messbare Zielvorgaben für den Klimaschutz festzulegen, an denen sich Landespolitik ausrichten und nachjustieren lässt. Die rechtliche Verbindlichkeit bietet Unternehmen, Bürgerinnen und Bürgern zudem eine langfristige Planungssicherheit, die für Investitionen in klimafreundliche Technologien und Verhaltensweisen wichtig ist. Ein weiterer Ansatz zur koordinierten Umsetzung von Landesklimapolitik ist die Verabschiedung oder Novellierung mehrerer Landesgesetze jenseits eines Landesklimaschutzgesetzes (ggf. gebündelt in einem **Artikelgesetz**).

Entscheidend ist, dass die beiden genannten Instrumente in der Klimaschutzpolitik eines Bundeslandes sich nicht ausschließen, sondern aufeinander aufbauen und sich ergänzen können (Sina, Stockhaus & Holmes, 2019, S. 10). So kann ein Landesklimaschutzprogramm als grundlegende strategische Ausgangsbasis dienen. Ein Landesklimaschutzgesetz kann sicherstellen, dass formulierte Klimaschutzziele durch die Rechtsverbindlichkeit auch erreicht werden. Unabhängig davon kann die konkrete Umsetzung oder Flankierung durch die Verabschiedung neuer oder Novellierung bestehender Landesgesetze (z. B. im Rahmen eines Artikelgesetzes) dazu dienen, Bürgerinnen und Bürger oder Unternehmen in einzelnen Bereichen zu Aktivitäten zu verpflichten.

3 Methodik

3.1 Treibhausgasbilanz für Sachsen nach Anlage 1 des KSG

Für das Bundesland Sachsen wurde eine Treibhausgasbilanz für die Jahre 1990 und 2020 erstellt, die sich an den Sektoren nach Anlage 1 des KSG orientiert und alle relevanten Treibhausgase berücksichtigt (siehe Tabelle 1). Die Bilanzierung erfolgt gemäß dem nationalen Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar (NIR). Die Berechnungen der Treibhausgasemissionen orientieren sich an den Berichtsanforderungen des Rahmenübereinkommens der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC) und den Vorgaben des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Für die Treibhausgasbilanz werden die GWP100-Werte (Global Warming Potential¹) des vierten Sachstandberichtes des IPCC angewendet. Entsprechend § 2 des KSG werden folgende Treibhausgase bilanziert: Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄), Distickstoffmonoxid (N₂O - auch Lachgas genannt) sowie fluorierte Gase (F-Gase; Schwefelhexafluorid, Stickstofftrifluorid, teilfluorierte Kohlenwasserstoffe und perfluorierte Kohlenwasserstoffe). Die strukturelle Aufbereitung der Treibhausgasbilanz sowie der THG-Szenarien orientiert sich an der vom IPCC verwendeten Nomenklatur und der Definition der Sektoren gemäß Anlage 1 des KSG nach dem Common Reporting Format (CRF). Die Daten stammen aus dem sächsischen Emissionskataster (EMIKAT), der Energiebilanz des Länderarbeitskreises (LAK), den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder (UGRdL) und dem Thünen-Institut.

¹ GWP: Dabei wird die Klimawirkung innerhalb eines festgelegten Zeithorizonts (20, 100, 500 Jahre) auf CO₂ bezogen, so dass alle Emissionen in so genannten CO₂-Äquivalenten vorliegen.

Tabelle 1: Treibhausgasbilanz für Sachsen nach Anlage 1 des KSG: Sektoren, Quellkategorien und berücksichtigte Treibhausgase und deren Datenquellen

Sektoren	Beschreibung der Quellkategorien des gemeinsamen Berichtsformates (CRF)	Quellkategorien CRF	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	F-Gase	Datenquelle
Energiewirtschaft	Strom- und Wärmeerzeugung Diffuse Emissionen aus der Verteilung von Brennstoffen	1.A.1 1.A.3.e und 1.B	☐	☐ ☐	☐		LAK ² EMIKAT
Industrie	Industrie – energiebedingt Industrie – prozessbedingt Fluorierte Treibhausgase	1.A.2 2.A. bis 2.E. 2.F.	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐	☐	LAK ³ UGRdL UGRdL
Gebäude	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen Übrige Verbraucher Haushalte	1.A.4.a 1.A.5 1.A.4.b	☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐		Alle LAK ⁴
Verkehr	Flugverkehr (national) Straßenverkehr Schienenverkehr Schifffahrt	1.A.3.a 1.A.3.b 1.A.3.c 1.A.3.d	☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐ ☐		Alle LAK ⁵
Landwirtschaft	Tierhaltung Landwirtschaftliche Böden Sonstige Verbrennung von Brennstoffen in Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	3.A bis 3.B. 3.D. 3.G. bis 3.J. 1.A.4.c	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐		Emissionsinventare Thünen-Instituts LAK
Abfall	Abfalldeponien Kommunales Abwasser Kompostierungsanlagen	5.A. 5.D.1 5.B.1		☐ ☐ ☐	☐ ☐		Alle EMIKAT
Landnutzung, -änderung und Forstwirtschaft	Forstwirtschaft, Holzprodukte Landnutzung, Landnutzungsänderung	4.A. G. 4.B bis E.	☐ ☐	☐ ☐	☐ ☐		Emissionsinventare Thünen-Instituts

Quelle: IPCC (2013), KSG, eigene Darstellung.

Für den Sektor **Energiewirtschaft** erfolgt die Ermittlung der Treibhausgasemissionen auf Basis des Umwandlungseinsatzes der Energiebilanz Sachsen. Die CH₄-Emissionen aus der Braunkohlenförderung und dem Erdgasverbrauch werden aus dem EMIKAT übernommen. Für den Sektor **Industrie** werden die Emissionen auf Basis des Endenergieverbrauches der Industrie (Gewinnung v. Steinen u. Erden, sonst. Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe) gemäß der Energiebilanz Sachsen zu Grunde gelegt. Die CO₂-, CH₄- und N₂O-Emissionen der Industrieprozesse und Produktanwendungen sowie die Emissionsmengen der F-Gase werden von den UGRdL übernommen. Für den Sektor **Gebäude** erfolgt die Berechnung ebenfalls gemäß der Energiebilanz auf Basis des Endenergieverbrauches für Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) und übrige Verbraucher sowie der Haushalte. Die gleiche Vorgehensweise wird auch für den Sektor **Verkehr** angewendet, auf Basis des Endenergieverbrauches für Schienenverkehr, Straßenverkehr, Luftverkehr und Binnenschifffahrt. In allen vier genannten Sektoren werden für die Berechnung der

² Berechnung der Emissionen auf Basis der Energiemengen im Umwandlungseinsatz

³ Berechnung der Emissionen auf Basis des Energieeinsatzes im Endenergiesektor Industrie (Gewinnung v. Steinen u. Erden, sonst. Bergbau u. Verarb. Gewerbe insg.)

⁴ Berechnung der Emissionen auf Basis des Energieeinsatzes im Endenergiesektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen und übrige Verbraucher

⁵ Berechnung der Emissionen auf Basis des Energieeinsatzes im Endenergiesektor Verkehr

CO₂-Emissionen die Emissionsfaktoren des Länderarbeitskreis Energiebilanzen herangezogen. Zur Ermittlung der THG-Emissionen durch die Gase Methan und Lachgas werden die spezifischen jährlichen Emissionsfaktoren aus dem Nationalen Inventarbericht des Umweltbundesamtes genutzt.

Die Ermittlung der Treibhausgasemissionen für den Sektor **Landwirtschaft** erfolgt auf Basis des Emissionsinventars des Thünen-Instituts. Das Emissionsinventar weist die Emissionen aus Fermentation (CH₄) und Düngewirtschaft (N₂O und CH₄) getrennt nach Tierart, aus landwirtschaftlichen Böden (N₂O), aus Kalkung und Harnstoffanwendung (CO₂) sowie aus Vergärung von Energiepflanzen (Fermenter und Gärrestlager; CH₄) aus. Die Emissionen aus der stationären und mobilen Feuerung im Bereich Land- und Forstwirtschaft sowie der Fischerei erfolgen auch auf Basis des Endenergieeinsatzes für Dieserverbrauch im GHD-Bereich der Energiebilanz Sachsen. Im Sektor **Abfallwirtschaft und Sonstiges** werden wiederum Daten aus dem EMIKAT genutzt, die Methan- und Lachgas-Emissionen der Abfall- und Abwasserwirtschaft basieren auf den Emissionsdaten für die Unterkategorien Kompostierung, Abwasserbehandlung sowie Altablagerungen und Deponien für die Jahre 1990 und 2020. Datenbasis für den Sektor Landnutzung, -änderung und Forstwirtschaft ist wiederum das Emissionsinventar des Thünen-Instituts: Für die bundesweite Bilanzierung im **LULUCF-Sektor** werden die Emissionen neben der Zuordnung zu den Landnutzungskategorien aus der Änderung der Kohlenstoffspeicher (=Pools) bilanziert. Zudem wird die verzögerte Freisetzung von biogenen CO₂-Emissionen über den Kohlenstoffspeicher in Holzprodukten, Treibhausgasemissionen aus künstlichen Gewässern, Bränden sowie dem industriellen Torfabbau in der Bilanz erfasst. Die Berechnung und Zusammenstellung der Emissionsinventare des Thünen-Instituts für die Landesebene erfolgt methodisch identisch wie die für das Bundesinventar. Allerdings können die Emissionen im Zusammenhang mit Holzprodukten, dem industriellen Torfabbau und von Fischteichen derzeit nur auf Bundesebene berechnet werden und sind deshalb nicht Bestandteil der Länderinventare (Gensior, Drexler, Fuß & Rüter, 2023).

Die Emissionen der einzelnen Quellkategorien innerhalb der Sektoren werden somit auf Grundlage unterschiedlicher Erhebungsmethoden analysiert. Sofern nicht absolute Angaben für die Historie (CO₂ und THG-Bilanz) zur Verfügung stehen, erfolgt die Ermittlung von Treibhausgasemissionen im Allgemeinen entsprechend folgender Gleichung: Emissionen = Aktivitätsrate x Emissionsfaktor. Als Aktivität ist dabei der Prozess zu verstehen, der ursächlich für die Treibhausgasemissionen ist. Der spezifische Emissionsfaktor quantifiziert die Menge eines Treibhausgases bezogen auf die Aktivität eines Prozesses (u. a. Erdgaseinsatz im Kraftwerk, Anzahl von Tieren, Waldholzbestand, Waldholzeinschlag). Die Energiebilanzierung der jeweiligen Sektoren erfolgt nach dem Territorialprinzip. Das heißt, der Einsatz eines Energieträgers im Rahmen der Primärenergiebilanz bzw. der Endenergiebilanz (Verbrauch) wird immer auf das jeweilige Territorium bezogen verbucht – hier Bundesland Sachsen.

3.2 Szenarienerstellung

Als Grundlage für die Bewertung und die gezielte Verstärkung des sächsischen Engagements im Bereich Klimaschutz werden drei Szenarien mit unterschiedlichen THG-Minderungspfaden für den Freistaat Sachsen im Zeitraum von 2020 bis 2045 erstellt.

Die Grundidee des **Trend-Szenarios** ist die Fortschreibung der Emissionsentwicklungen gemäß der bestehenden Bundes- und EU-Maßnahmen. Als Basis wurden die Entwicklungspfade des UBA-Projektionsberichts von 2021 verwendet (UBA, 2022).⁶ Die Projektion der Treibhausgasemissionen berücksichtigt dabei die Bundes- und EU-Maßnahmen, die bis Ende August 2020 verabschiedet wurden. Nicht dazu gehören politische Zielsetzungen wie sie beispielsweise im Rahmen des Bundes-KSG getroffen wurden, selbst wenn die Ziele des KSG geltendes Recht sind.

Im **KSG-Szenario** wird ein Emissionsentwicklungspfad für den Zeitraum 2020 bis 2045 definiert, der konform ist mit den Zielen des KSG. Aus dem Zielrahmen des KSG wurde in einem mehrstufigen Verfahren ein "Top-Down"-Szenario für Sachsen abgeleitet. Das bedeutet, dass die relativen Reduktionsziele sektorweise auf Sachsen übertragen wurden. In einem ersten Schritt wurden sektorspezifische Minderungsziele für die Jahre 2040 und 2045 auf Bundesebene basierend auf den im KSG aufgeführten übergreifenden Zielvorgaben abgeleitet. Für die Sektor-Minderungsziele im Jahr 2040 wurden die jährlichen Minderungspfade der Sektoren bis 2030 linear fortgeschrieben. Für das Jahr 2045 wurden die Sektorziele, basierend auf der Zielvorgabe des KSG, bis 2045 Klimaneutralität herzustellen, festgelegt. Da in § 3a des KSG für den LULUCF-Sektor eine Senkenhöhe von 40 Mio. t CO₂-Äq. bis zum Jahr 2045 vorgesehen ist, ergeben sich im Umkehrschluss in gleicher Höhe zulässige Restemissionen⁷ für die übrigen Sektoren. Um diese auf die Sektoren zu verteilen, wurden folgende Annahmen getroffen: Für den Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges entspricht das Emissionsziel im Jahr 2045 dem aus 2040 (3 Mio. t CO₂-Äq.). Für den Landwirtschaftssektor wurde ein Minderungsziel von 50 % gegenüber dem Jahr 2030 angenommen. Die übrigen Emissionen wurden dem Industriesektor zugesprochen, da in diesem bis dahin noch prozessbedingte Emissionen zu erwarten sind.

In einem zweiten Schritt wurden basierend auf diesen Jahresemissionszielen prozentuale Reduktionsraten gegenüber dem Jahr 2020 für jeden Sektor berechnet. Im Anschluss wurden diese Reduktionsraten sektorweise auf Sachsen übertragen. Auf diese Weise ergeben sich die in Tabelle 2 dargestellten Emissionsmengen für die Sektoren im Freistaat Sachsen. Diese dienen als Zielpfad für die Emissionen, die im KSG-Szenario jeweils noch emittiert werden dürfen.

⁶ Der UBA-Projektionsbericht 2023 wurde nicht als Grundlage genommen, da dieser erst im August 2023 und daher nach Abschluss der Szenarienmodellierung veröffentlicht wurde (UBA, 2023a).

⁷ Emissionsmenge, die nach der Durchführung von umweltpolitischen Maßnahmen bzw. nach Erreichen des umweltpolitischen Zieles noch verursacht wird (Feess, 2023).

Tabelle 2: Treibhausgasbilanz für die Jahre 1990 und 2020 sowie Emissionsminderungsziele für den Freistaat Sachsen nach Bundes-KSG

	THG-Emissionen in Mio. t CO ₂ -Äq.		Emissionsminderungsziele in Mio. t CO ₂ -Äq.		
	1990	2020	2030	2040	2045
Energiewirtschaft	57,5	27,6	10,6	3,5	0,0
Industrie	12,5	3,4	2,2	0,8	0,2
Gebäude	18,6	5,6	3,2	1,1	0,0
Verkehr ¹	5,7	5,6	3,2	1,0	0,0
Landwirtschaft	3,7	2,6	2,1	1,4	1,0
Abfallwirtschaft und Sonstiges	4,5	0,4	0,2	0,1	0,1
Gesamt	102,4	45,2	21,4	8,0	1,3

¹ Ohne Emissionen für internationalen Flugverkehr.

Quelle: StLA Sachsen (2022), LfULG (2022), AK UGRDL (2022), eigene Berechnungen.

In einem **Paris-Szenario** werden Emissionspfade für Sachsen aufgezeigt, die mit den Zielen des ÜvP konform sind. Hierzu wurde ein vom Sachverständigenrat für Umweltfragen der Bundesregierung (SRU) für Deutschland abgeleitetes CO₂-Budget ab dem Jahr 2020 als zentraler Ausgangspunkt angenommen. Dabei handelt es sich um eine kumulierte Gesamtsumme von CO₂-Emissionen, die maximal noch emittiert werden darf, um die Erwärmung der Erde um 1,75°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau mit einer Wahrscheinlichkeit von 67 % zu begrenzen. Das CO₂-Budget wurde in einem zweistufigen Verfahren auf die Bundesländer verteilt. Der erste Schritt besteht aus einer anteiligen Verteilung des Paris-konformen Budgets auf die Sektoren auf Bundesebene gemäß der zu erwarteten kumulierten CO₂-Emissionen auf Basis des KSG. Im zweiten Schritt werden diese bundesweiten Sektorbudgets auf Basis von sektorspezifischen Indikatoren bzw. Verteilungsschlüsseln auf die Länder verteilt. Die hierauf basierenden CO₂-Sektorbudgets für Sachsen, die in den Sektormodellierungen einzuhalten sind, werden in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: CO₂-Sektorbudgets für Sachsen ab 2020 für 1,75°C mit 67 % Wahrscheinlichkeit

Sektor	Bundes-CO ₂ -Budget (in Mio. t)	Verteilungsschlüssel	Schlüssel Sachsen	CO ₂ -Budget (in Mio. t)
Energiewirtschaft	1.935	Grandfathering (Anteil CO ₂ -Emissionen im Energiesektor 2015)	9,2 %	178
Industrie	1.889	Grandfathering (Anteil CO ₂ -Emissionen im Industriesektor 2015)	2,1 %	40
Verkehr	1.555	Bevölkerungsanteil (2020) (inklusive Korrekturfaktor aus Bevölkerungsdichte)	5,1 %	79
Gebäude	1.199	Grandfathering (Anteil CO ₂ -Emissionen im Gebäudesektor 2015)	3,8 %	46
Landwirtschaft	123	Anteil an landwirtschaftlich genutzter Fläche (2020)	5,4 %	7
Abfallwirtschaft und Sonstiges	-	Keine Verteilung, da nach KSG-Sektordefinition keine CO ₂ -Emissionen bilanziert werden	-	-
Gesamt	6.700		-	349

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von AK UGRDL (2022), LAK Energiebilanzen (2023), Destatis (2023) und Ahrens (2022).

3.3 Analysemethodik

Als Bewertungs- und Handlungsmaßstab zur Einordnung des EKP-Maßnahmenplanes und zur Entwicklung von Handlungsvorschlägen wird die Differenz in der THG-Entwicklung zwischen dem Trend-Szenario und dem KSG-Szenario herangezogen. Diese fortan als Umsetzungslücke bezeichnete Diskrepanz unterstreicht den Handlungsbedarf zum Erreichen der bundesweit gesetzten Klimaschutzziele. Das Paris-Szenario dient ergänzend dazu, den Handlungsdruck für einen Paris-konformen THG-Minderungspfad zu betonen, zu dem sich die Bundesrepublik völkerrechtlich verpflichtet hat. Der Fokus liegt jedoch darauf festzustellen, wie Sachsen seinen Beitrag zum Erreichen des Klimaneutralitätszieles nach KSG steigern kann, da es der geltende Rechtsrahmen ist. Hierzu werden in den Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr, Gebäude, Landwirtschaft sowie Abfallwirtschaft und Sonstiges folgende einheitliche Analyseschritte durchgeführt:

- Untersuchung des rechtlichen Handlungsrahmens des Freistaates Sachsen. Eine tabellarische Zusammenfassung findet sich hierzu für jeden Sektor in Anhang A 1.1 in Tabelle 4.
- Erläuterung der sektoralen Abgrenzung auf Basis der CRF-Quellkategorien und Benennung der Datenquellen, die für die Szenarien-Modellierung genutzt wurden.
- Darstellung der Modellannahmen in den drei Szenarien.
- Darstellung der Modellierungsergebnisse nach Szenarien.
- Ableitung von Zielstrategien: Da sich eine fundierte quantitative Einschätzung der erwarteten THG-Einsparwirkung der einzelnen Maßnahmenvorschläge im Rahmen dieses Projektes als nicht umsetzbar erwiesen hat, werden Zielstrategien aus dem Vergleich zwischen dem Trend- und dem KSG-Szenario herangezogen, um darzulegen, wie das Land Sachsen effizient und effektiv Fortschritte beim Klimaschutz erreichen kann. Die Zielstrategien basieren auf einer Analyse der Faktoren, die maßgeblich den Unterschied bzw. die Lücke in der THG-Entwicklung zwischen dem Trend- und dem KSG-Szenario beeinflussen.

- Analyse, wie umfänglich die EKP-Maßnahmen bereits einen Beitrag zur Schließung der Lücke zwischen Trend- und KSG-Szenario auf Basis der Zielstrategien leisten. Sofern möglich werden die Zielstrategien der EKP-Maßnahmen bestimmt und deren mögliches THG-Minderungspotenzial eingeordnet. Durch einen Abgleich der Zielstrategien der EKP-Maßnahmen mit denen der Szenariomodellierung können Lücken und Handlungsspielräume identifiziert werden, die als Grundlage für Empfehlungen für eine Weiterentwicklung des EKP 2021 dienen.
- Unter Beachtung des rechtlichen Handlungsrahmens werden abschließend Vorschläge für die Weiterentwicklung von Maßnahmen bzw. des EKP-Maßnahmenplans abgeleitet. Die analytische Grundlage hierfür bilden die abgeleiteten Zielstrategien.

Im Unterschied zu den anderen Sektoren wurde für den LULUCF-Sektor aufgrund der geringen Validität und Aussagekraft von quantitativen Projektionen und der damit verbundenen hohen Unsicherheit der Emissionsentwicklung keine Szenarienberechnung vorgenommen. Stattdessen lag der Schwerpunkt auf einer Analyse, wie die Senkenleistung im LULUCF-Sektor in Sachsen bewahrt oder ggf. sogar erhöht werden kann. Hierzu wurden Zielstrategien herangezogen, die u. a. auch vom Umweltbundesamt vorgeschlagen werden (Öko-Institut, 2021; UBA, 2021, 2022) und mit Bezug auf Sachsen diskutiert. Des Weiteren werden die Maßnahmen aus dem EKP-Maßnahmenplan diesen Zielstrategien zugeordnet und das Potenzial für eine THG-Minderung bzw. den Senkenausbau eruiert.

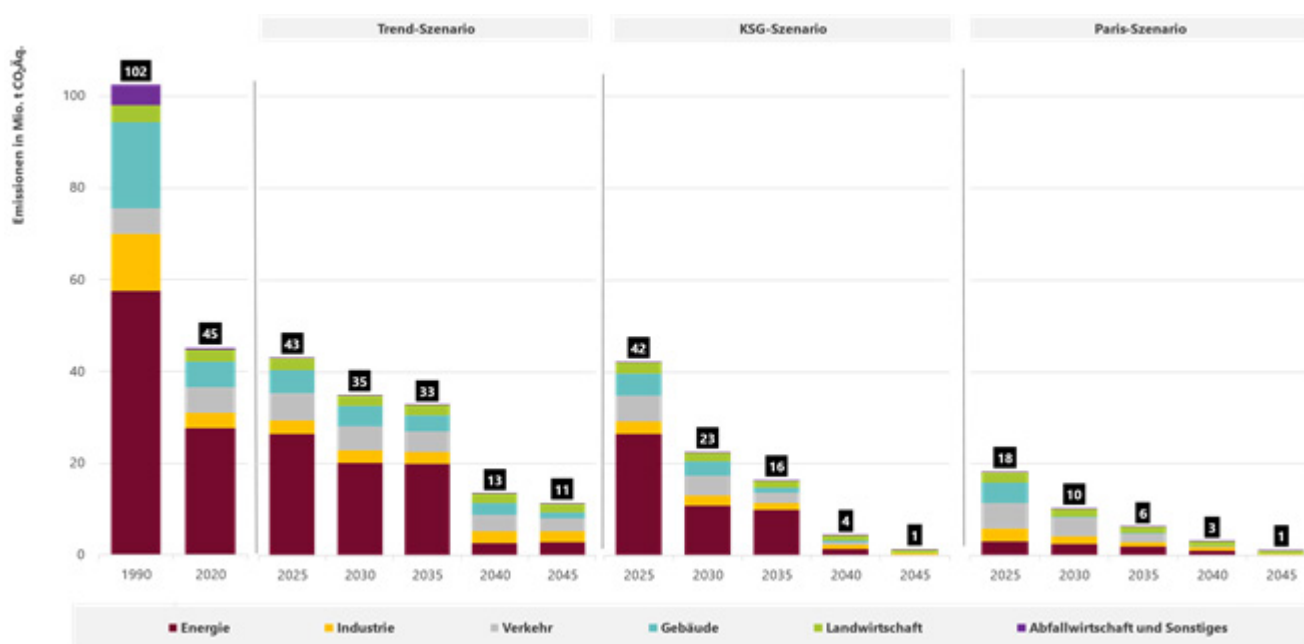
Ein Überblick zu allen Zielstrategien, den zugeordneten EKP-Maßnahmen sowie den neu abgeleiteten Maßnahmenvorschlägen findet sich im Anhang A 1.3 in Tabelle 12 bis Tabelle 18.

4 Gesamtergebnisse

Im Rahmen einer Gesamtschau wird die THG-Bilanz vorgestellt und daraufhin ein Überblick über die generellen Unterschiede zwischen den Treibhausgasentwicklungen in den drei Szenarien gegeben. Im nächsten Schritt wird diskutiert, inwieweit die Trendentwicklung in den Sektoren von den auf Sachsen übertragenen Zielvorgaben im KSG-Sektor entfernt liegt.

4.1 Ist-Stand THG-Emissionen nach Anlage 1 des KSG und Vergleich der Szenarien-Ergebnisse

Auf Basis der in Abschnitt 3.1 hergeleiteten THG-Bilanz nach Anlage 1 des KSG stellt Abbildung 1 die Treibhausgasemissionen nach Sektoren für die Jahre 1990 und 2020 sowie die modellierten THG-Emissionen in den Szenarien bis 2045 für Sachsen dar.



Quelle: StLA Sachsen (2022), LfULG (2022), AK UGRdL (2022), Vos et al. (2022), eigene Berechnungen.

Abbildung 1: Treibhausgasemissionen nach Sektoren für die Jahre 1990 und 2020 sowie in den Szenarien bis 2045 in Sachsen

Im Jahr 1990, das u. a. auch im Bundes-KSG als das zentrale Referenzjahr gilt, betragen die Emissionen in Sachsen 102,4 Mio. t CO₂-Äq. Davon entfielen 56 % auf den Energiewirtschaftssektor, 18 % auf Gebäude, 12 % auf die Industrie und 6 % auf den Verkehr. Der Landwirtschaftssektor war verantwortlich für 4 % der Emissionen und die Emissionen in der Abfallwirtschaft und Sonstiges machten ebenfalls etwa 4 % aus. Bis zum Jahr 2020 haben sich diese Emissionen im Freistaat Sachsen mehr als halbiert auf insgesamt **45,1 Mio. t CO₂-Äq.** Der Anteil der Emissionen, die auf den Energiesektor entfallen, belief sich auf etwa 61 %. Der Gebäudesektor verzeichnet den zweitgrößten Anteil an Emissionen, gefolgt vom Verkehrssektor, wobei beide Sektoren jeweils etwa 12 % der Gesamtemissionen ausmachen. Emissionen aus der Industrie stellen knapp 8 % der Gesamtemissionen dar. Der Sektor Landwirtschaft hatte im Jahr 2020 einen Anteil von ca. 6 %, die Emissionen des Sektors Abfallwirtschaft und Sonstiges entsprachen etwa 1 % der bilanzierten Gesamtemissionen.

Im **Trend-Szenario** wird projiziert, dass die Emissionen bis 2030 auf ca. 35,3 Mio. t CO₂-Äq. sinken. Nach dem Ausstieg aus der Kohleverstromung im Jahr 2038 wird ein deutlicher Abfall der Emissionen auf ca. 14,2 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2040 prognostiziert. Für das Jahr 2045 werden Restemissionen in Höhe von ca. 11,6 Mio. t CO₂-Äq. erwartet. Dies entspricht einer Reduktion von 74 % gegenüber dem Jahr 2020. Anteilig nach Sektoren entfallen die Emissionen im Jahr 2045 zu 26 % auf den Sektor Energiewirtschaft, zu 25 % auf den Verkehrssektor, zu 21 % auf die Industrie, zu 16 % auf die Landwirtschaft, zu 11 % auf den Gebäudesektor und zu 1 % auf den Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges.

Basierend auf der Modellierung des **KSG-Szenarios** wird erwartet, dass die Emissionen bis 2030 auf ca. 22,7 Mio. t CO₂-Äq. sinken. Dabei zeigt sich, dass die Reduktion der Emissionen im KSG-Szenario bis zum Jahr 2030 nicht so schnell verläuft, wie es gemäß Tabelle 2 erforderlich wäre. Dies liegt insbesondere am Sektor Verkehr, in dem das auf Sachsen übertragene Minderungsziel des KSG um ca. 1,1 Mio. t CO₂-Äq. verfehlt wird. Grund ist, dass mit keiner Maßnahme in den Jahren bis 2030 eine rechtzeitige Umstellung des Straßengüterverkehrs auf nicht-fossile Antriebe erreicht werden kann.⁸ Die Kohleverstromung endet im KSG-Szenario zwar wie im Trend-Szenario im Jahr 2038, jedoch wird angenommen, dass einige Kraftwerksblöcke bereits früher als im Trend-Szenario abgeschaltet werden (siehe Erläuterungen zu den Modellierungsannahmen in Kapitel 5.1.1). Dies ist einer der Hauptgründe dafür, dass die Emissionen bis zum Jahr 2035 auf 16,5 Mio. t CO₂-Äq. sinken. Für das Jahr 2040 werden Emissionen in Höhe von ca. 4,5 Mio. t CO₂-Äq. erwartet. Im Jahr 2045 summieren sich die THG-Emissionen im KSG-Szenario auf 1,3 Mio. t CO₂-Äq. Dies entspricht einer Reduktion von 97 % gegenüber dem Jahr 2020. Anteilig nach Sektoren entfallen die Emissionen im Jahr 2045 zu 68 % auf die Landwirtschaft, zu 17 % auf die Industrie und zu 11 % auf den Sektor Energiewirtschaft. Der Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges hat einen Anteil von 4 %. Die Sektoren Verkehr und Gebäude sind im KSG-Szenario bis 2045 nahezu emissionsfrei.

Dabei weicht die prozentuale Reduktion in den Sektoren für das Jahr 2045 von den Zielwerten in Tabelle 2 ab. Dies ist damit erklärbar, dass sich anders als bei der Entwicklung des KSG-Szenarios vorgesehen im Rahmen der Modellierung herausgestellt hat, dass sich einzelne Restemissionen vor allem im Sektor Energiewirtschaft (sowie zu einem deutlich geringeren Teil im Industrie-, Verkehrs- und Gebäudesektor), die auf den sogenannten Methanschlupf bei Biogasanlagen zurückzuführen sind (nicht genutztes oder nicht verbranntes Methan, das in die Atmosphäre entweicht), nur schwer reduzieren lassen. Gleichzeitig ließen sich die Emissionen im Landwirtschaftssektor jedoch etwas weiter reduzieren, sodass in der Summe das Gesamtminderungsziel für das Jahr 2045 erreicht wird.

In der Modellierung des **Paris-Szenarios** sinken die Emissionen bis 2025 auf 18,5 Mio. t CO₂-Äq. Dies entspricht gegenüber dem Jahr 2020 einer Senkung um knapp 60 %. Die Kohleverstromung endet im Paris-Szenario bereits zum 31.12.2024. Bis zum Jahr 2030 sind die Emissionen auf ca. 10,4 Mio. t CO₂-Äq. gesunken. Im Jahr 2035 betragen die Emissionen noch ca. 6,3 Mio. t CO₂-Äq. und bis 2040 halbieren sie sich nochmals auf etwa 3,1 Mio. t CO₂-Äq. Im Jahr 2045 werden insgesamt noch 1,1 Mio. t CO₂-Äq.

⁸ Beispielsweise wäre die notwendige Elektrifizierung des Fahrzeugbestandes bis zum Jahr 2030 aufgrund der langen Haltedauer der Fahrzeuge selbst dann nicht erreichbar, wenn ab dem 01.07.2024 in Sachsen die Zulassung von Fahrzeugen mit fossilen Antrieben verboten würde. Im Sektor Energiewirtschaft wird das Minderungsziel für 2030 um ca. 1 % verfehlt.

emittiert, davon entfallen 67 % auf den Landwirtschaftssektor, 18 % auf den Industriesektor, 11 % auf den Energiewirtschaftssektor und 4 % auf den Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges.

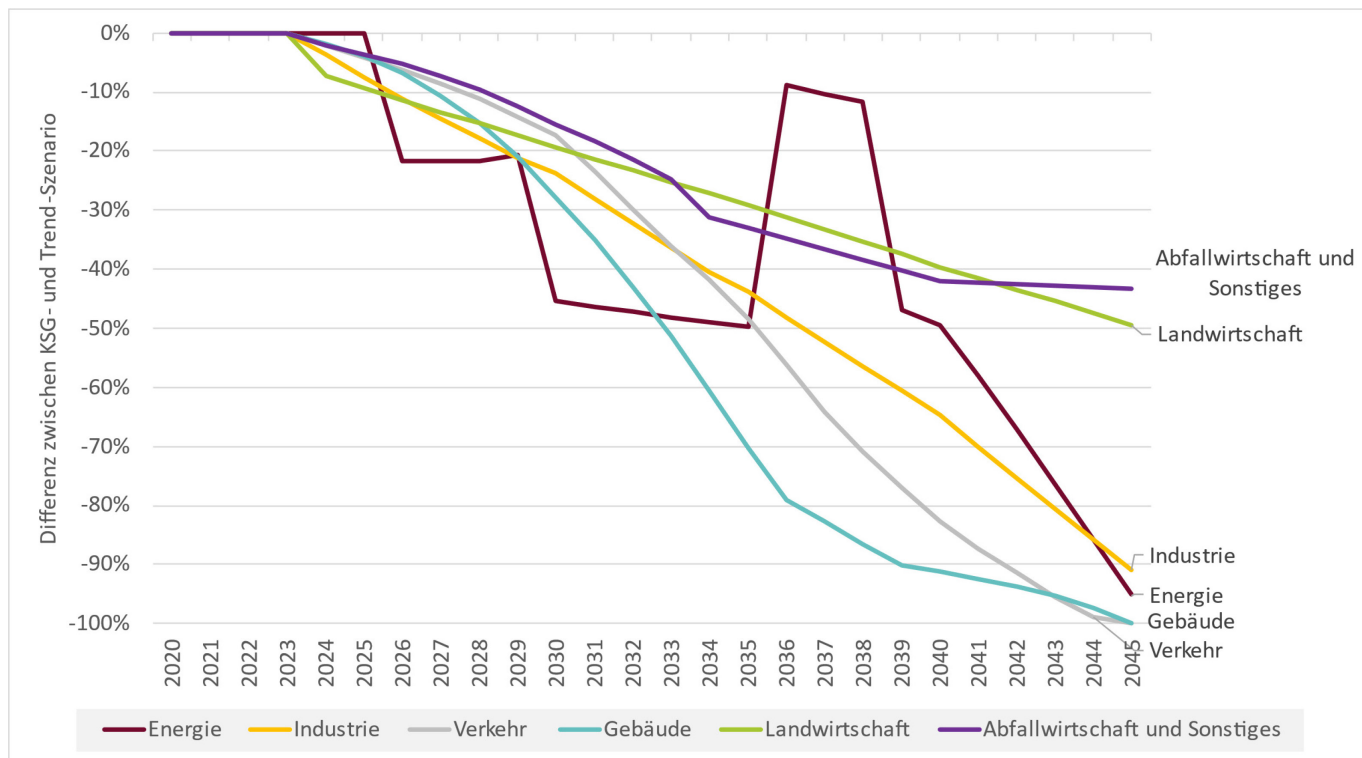
Mit Blick auf die Entwicklung der Gesamtemissionen beträgt der Unterschied zwischen dem Trend- und dem KSG-Szenario bis zum Jahr 2030 bereits etwa 12 Mio. t CO₂-Äq. Dies entspricht im KSG-Szenario einer Reduktion von etwa 50 % im Vergleich zu den Emissionen von 2020. Im Gegensatz dazu prognostiziert das Trend-Szenario eine Reduktion von 22 %. Bis 2035 sind die Emissionen mit ca. 17 Mio. t CO₂-Äq. u. a. aufgrund des im KSG-Szenario vorgezogenen Ausstiegspfad aus der Kohleverstromung in etwa halbiert gegenüber dem Trend-Szenario. Gegenüber dem im Kohleverstromungsbeendigungsgesetz (KVBG) vorgesehenen und dem Trend-Szenario zugrundeliegenden Ausstiegspfad werden im KSG-Szenario das Kraftwerk Lippendorf bereits 2029 statt 2035 und die Blöcke N und P des Kraftwerkes Boxberg bereits 2025 anstatt 2029 abgestellt. Im Paris-Szenario wird der Ausstieg aus der Kohleverstromung bereits für das Jahr 2024 festgelegt, damit das im Rahmen der Szenarioentwicklung abgeleitete CO₂-Budget für den Freistaat Sachsen eingehalten wird. Im Jahr 2025 betragen die Emissionen im Paris-Szenario ca. 18,5 Mio. t CO₂-Äq. Dies sind bereits zu diesem Zeitpunkt 57 % weniger gegenüber den Emissionen im Trend-Szenario und 56 % weniger gegenüber dem KSG-Szenario.

Der zentrale Unterschied zwischen dem Trend-, dem KSG- und dem Paris-Szenario liegt in der Geschwindigkeit, in der die Emissionen sinken. So sinken die THG-Emissionen im Paris-Szenario von ca. 42 Mio. t CO₂ im Jahr 2020 auf ca. 10 Mio. t CO₂-Äq. bis zum Jahr 2030. Zum gleichen Zeitpunkt betragen die Emissionen im Trend-Szenario noch etwa 35 Mio. t CO₂-Äq. und im KSG-Szenario 23 Mio. t CO₂-Äq. Insgesamt wird im Trend-Szenario mehr als doppelt so viel CO₂ verbraucht, als es Sachsen nach dem abgeleiteten CO₂-Budget für einen Paris-konformen Entwicklungspfad zustehen würde. Und selbst im KSG-Szenario wird noch anderthalbmal so viel CO₂ verbraucht.

Hinsichtlich der Emissionen im Zieljahr 2045 ist vor allem ein Unterschied zwischen dem Trend-Szenario auf der einen und dem KSG- und dem Paris-Szenario auf der anderen Seite zu sehen. Im Trend-Szenario liegen die Emissionen im Jahr 2045 bei 11,5 Mio. t CO₂-Äq., während sie im KSG-Szenario mit ca. 1,3 Mio. t CO₂-Äq. deutlich niedriger und nur unwesentlich über den 1,1 Mio. t CO₂ im Paris-Szenario liegen. In beiden Fällen entspricht dies einer Reduktion von etwa 97 % im Vergleich zu den Emissionen von 2020. Im Trend-Szenario sinken die Emissionen bis 2045 hingegen nur um 74 % gegenüber 2020.

4.2 Umsetzungslücke zwischen Trend- und KSG-Szenario

Der Unterschied in der THG-Trendentwicklung in den Sektoren von den auf Sachsen übertragenen Zielvorgaben im KSG-Sektor wird herangezogen, um aufzuzeigen, wie groß der relative Handlungsbedarf ist. Im Folgenden wird diese Differenz als Umsetzungslücke bezeichnet, da die im Trend-Szenario berücksichtigten Maßnahmen gemäß den Modellierungen nicht ausreichen, um die Zielvorgaben des KSG zu erreichen. Zur Darstellung der Umsetzungslücke zwischen Trend- und KSG-Szenario stellt Abbildung 2 die Differenz zwischen den Emissionen aus dem KSG- und dem Trend-Szenario relativ zu den Emissionen im Trend-Szenario auf jährlicher Basis nach Sektoren dar.



Quelle: StLA Sachsen (2022), LfULG (2022), AK UGRDL (2022), Vos et al. (2022), eigene Berechnungen.

Abbildung 2: Relative Differenz der Treibhausgasemissionen zwischen dem KSG- und dem Trend-Szenario nach Sektoren für die Jahre 2020 bis 2045 in Sachsen

Zunächst ist in der Abbildung erkennbar, dass sowohl für das Trend- und KSG-Szenario (aber auch für das Paris-Szenario) bis zum Jahr 2023 die gleiche Emissionsentwicklung auf Basis des Trend-Szenarios angenommen wurde. Erst ab dem Jahr 2024 wurde die Entwicklung unterschiedlich modelliert, da die Modellierung selbst erst im Jahr 2023 abgeschlossen wurde und der Freistaat Sachsen somit erst ab 2024 die Möglichkeit haben wird, basierend auf den Erkenntnissen dieses Projekts in die Emissionsentwicklung einzugreifen.

Bezüglich der Entwicklung der Lücke zwischen den Emissionen im Trend- und KSG-Szenario lassen sich die Sektoren in drei Gruppen sortieren.

- Der Sektor Energiewirtschaft sticht in der Entwicklung zunächst heraus. Bis zum Jahr 2035 ist es der Sektor, bei dem die Lücke zwischen Trend- und KSG-Szenario besonders schnell wächst. Die stufenweise Entwicklung steht dabei im Zusammenhang mit der Abschaltung einzelner Kohlekraftwerke und der daraus resultierenden Emissionssenkung, die im KSG-Szenario gegenüber dem Trend-Szenario zum Teil vorgezogen wurde. Zwischen den Jahren 2036 und 2038 wird die Lücke zwischen den beiden Szenarien zunächst wieder deutlich kleiner, da in diesem Zeitraum in beiden Szenarien die Kohleausstiegspfade wieder parallel laufen. Ab dem Jahr 2039 läuft die Entwicklung der Emissionen wieder auseinander, was u. a. auf Unterschiede hinsichtlich der angenommenen installierten Leistungen der erneuerbaren Energien zurückzuführen ist. Bis zum Jahr 2045 beträgt der relative Unterschied der Emissionen zwischen den beiden Szenarien 95 %, d. h. im KSG-Szenario werden gegenüber dem Trend-Szenario 95 % weniger Emissionen emittiert.
- Die relative Lücke zwischen dem KSG- und dem Trend-Szenario wächst in den drei Sektoren Industrie, Verkehr und Gebäude in etwa ähnlich kontinuierlich. Dabei ist die Lücke im Gebäudesektor im betrachteten Zeitraum im Durchschnitt der drei Sektoren am größten, gefolgt vom Verkehrssektor und dem

Industriesektor. Da für den Industriesektor angenommen wurde, dass sich nicht alle prozessbedingten Emissionen bis zum Jahr 2045 vermeiden lassen werden, beträgt der relative Unterschied zwischen dem KSG- gegenüber dem Trend-Szenario 91 % und ist somit kleiner als im Gebäude- und Verkehrssektor.

- In den Sektoren Landwirtschaft sowie Abfallwirtschaft und Sonstiges verläuft die relative Lücke ebenfalls ähnlich. Ab Anfang der 2030er Jahre ergibt sich im Vergleich zu den anderen Sektoren ein langsames Anwachsen der Lücke. Bis zum Jahr 2045 beträgt die Differenz im Landwirtschaftssektor 50 % gegenüber dem Trend-Szenario und im Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges 43 %.

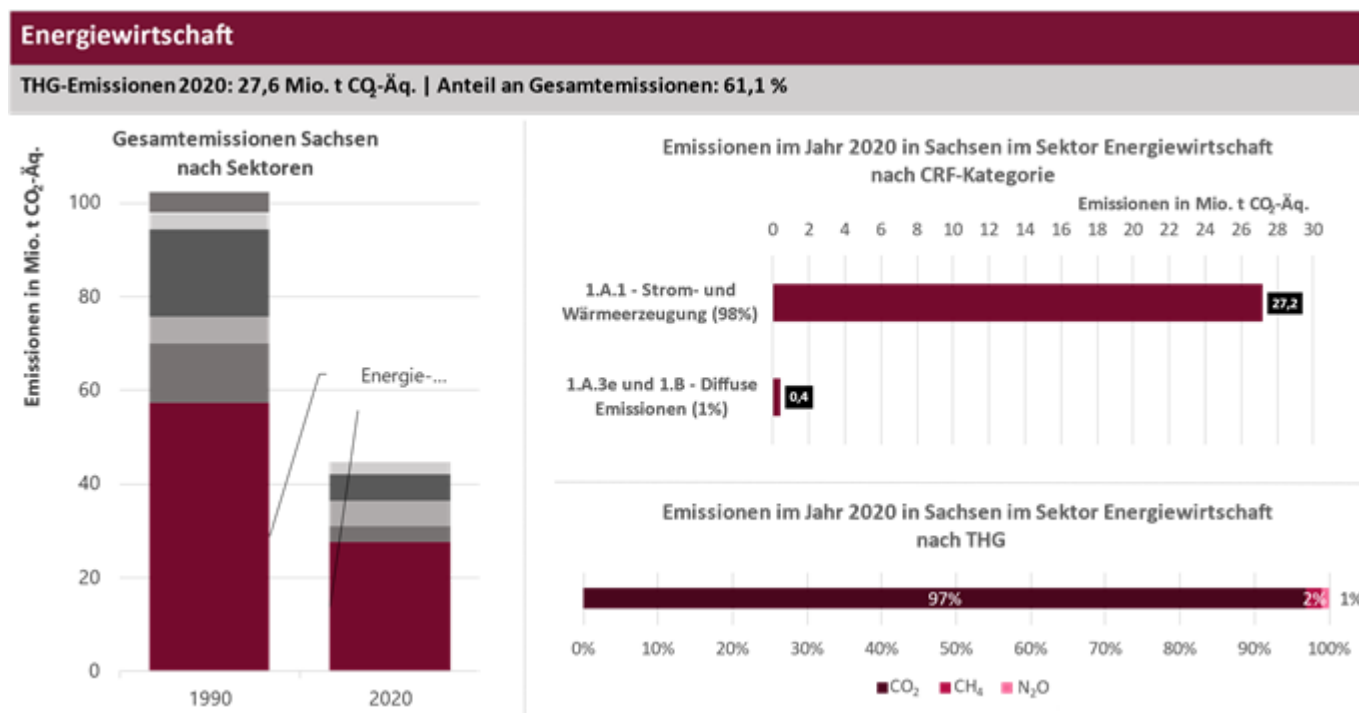
Bezüglich der Restemissionen im Jahr 2045 weist der Verkehrssektor mit einer Differenz von ca. 2,9 Mio. t CO₂-Äq. zwischen Trend- und KSG-Szenario die größte Lücke in absoluter Höhe auf. Mit einer Differenz von 2,9 Mio. t CO₂-Äq. bzw. 2,2 Mio. t CO₂-Äq. finden sich im Energiewirtschafts- und Industriesektor ähnlich große Diskrepanzen in der absoluten Emissionshöhe. Im Gebäudesektor ist die Differenz zwischen Trend- und KSG-Szenario mit ca. 1,3 Mio. t CO₂-Äq. etwas kleiner. Die abgeleitete Zielvorgabe des KSG, bis 2045 emissionsfrei zu sein, wird dennoch nicht erreicht. Die Emissionen des Landwirtschaftssektors liegen im Trend-Szenario um 0,9 Mio. t CO₂-Äq. höher als im KSG-Szenario. Die Emissionen im Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges weichen mit 0,04 Mio. t CO₂-Äq. in absoluter Höhe am wenigsten vom KSG-Zielpfad ab.

5 Sektorale Betrachtung

Das folgende Kapitel stellt die Sektorenmodellierungen, die Analyse zur systematischen Bewertung der EKP-Maßnahmen sowie die unter Berücksichtigung des sächsischen Handlungsrahmens abgeleiteten Maßnahmenvorschläge zur Lückenschließung der Emissionsentwicklung zwischen dem Trend- und dem KSG-Szenario dar. Zudem werden die Modellierungen und Ergebnisse für das Paris-Szenario ausgewiesen. Sie dienen dazu, für die einzelnen Sektoren aufzuzeigen, wie groß und zeitlich dringend der Handlungsbedarf zur Einhaltung eines Paris-konformen THG-Entwicklungspfades ist. Die Ausnahme bildet der Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges, für den kein eigenständiges Paris-Szenario modelliert wurde, da für diesen Sektor kein CO₂-Budget nach KSG-Sektorbilanzierung abgeleitet werden konnte.

5.1 Energiewirtschaft

Mit Treibhausgasemissionen in Höhe von 27,6 Mio. t CO₂-Äq. ist der Sektor Energiewirtschaft im Jahr 2020 mit einem Anteil von 61,1 % an den Gesamtemissionen der größte Emittent in Sachsen (siehe Abbildung 3). Dementsprechend ergibt sich in diesem Sektor ein besonders großes Potenzial zur Einsparung von Treibhausgasemissionen. Die größten Emittenten sind die Braunkohlekraftwerke Lippendorf und Boxberg. In der Betrachtung der Treibhausgasemissionen wird differenziert zwischen Strom- und Wärmezeugung (Quellkategorie CRF 1.A.1) und diffusen Emissionen aus der Förderung und Verteilung von Brennstoffen (Quellkategorie CRF 1.A.3.e und CRF 1.B). Aufgrund der Kohleverstromung ist die gegenwärtige Stromerzeugung höher als der Strombedarf in Sachsen. Daher ist der Freistaat Sachsen bilanziell betrachtet derzeit Stromexporteur.



Quelle: StLA Sachsen (2022), LfULG (2022), eigene Berechnungen.

Abbildung 3: Überblick Treibhausgasemissionen im Sektor Energiewirtschaft im Jahr 2020

5.1.1 Modellierungsannahmen

Im Jahr 2020 wurden 19 % der Stromerzeugung in Sachsen durch erneuerbare Energien bereitgestellt. Die fossilen Erzeugungskapazitäten innerhalb des Freistaates sind gegenwärtig größtenteils auf die Kraftwerke Lippendorf und Boxberg zurückzuführen.

Im **Trend-Szenario** werden für die Modellierung des Ausbaus der erneuerbaren Energien die Ausbauziele aus dem Erneuerbaren-Energie-Gesetz auf Sachsen angewandt. Hierbei wird für die Windenergie das bundesweite Ausbauziel anhand der Landesfläche und dem Flächenbeitragswert aus dem Windenergieflächenbedarfsgesetz auf Sachsen bezogen, während im Bereich der Photovoltaik die Einwohnerzahl als Bezugsgröße dient. Für die Windenergie in Sachsen würde das eine zu installierende Leistung von 8 Gigawatt (GW) bis 2040 (2020: 1,3 GW) ergeben und für die Photovoltaik 19,6 GW bis 2040 (2020: 2,2 GW). Nach 2040 wird ein Leistungserhalt angestrebt. Die Kraftwerke Lippendorf und Boxberg werden zu den im KVBG festgelegten Zeitpunkten vom Netz genommen. Der Einfluss von Heizkraftwerken der allgemeinen Versorgung wird durch einen gesteigerten Fernwärmebedarf bis 2045 zunehmen. Im Verlauf des Szenarios werden die in Heizkraftwerken eingesetzten Mengen an Braunkohle durch Erdgas ersetzt. Die Wärmeerzeugung in Heizwerken steigt ebenfalls leicht an.

Im **KSG-Szenario** wird bis 2045 eine zu installierende Leistung der Windenergie von 10 GW angenommen. Im Hinblick auf die bis 2045 angestrebten Erzeugungskapazitäten durch Photovoltaik werden 40 GW anvisiert. Die signifikante Differenz gegenüber dem Trend-Szenario ergibt sich durch einen erhöhten Strombedarf aufgrund der umfassenden Elektrifizierung in den verschiedenen Verbrauchssektoren und der Erzeugung von Wasserstoff und wasserstoffbasierten Energieträgern. Um den Zielsetzungen aus dem Bundesklimaschutzgesetz zu entsprechen, wurde die Abschaltung der Kraftwerke Lippendorf und Boxberg teilweise vorgezogen. So gehen die älteren Blöcke des Kraftwerks Boxberg bereits 2025 vom Netz, während das Kraftwerk Lippendorf nur noch bis ins Jahr 2029 betrieben wird. Der gesteigerte Bedarf an Fernwärme wird durch die Heizkraftwerke und Heizwerke gedeckt. Hierbei wird ein verstärkter Einfluss der Solarthermie angenommen. Ab 2031 wird zur Substitution des Erdgases im konventionellen Kraftwerkspark zunehmend Power-to-Gas⁹ eingesetzt.

Im **Paris-Szenario** erfolgt die Modellierung der Stromerzeugung aus Windenergie und Photovoltaik identisch gegenüber dem KSG-Szenario. In Anbetracht des sehr limitierten CO₂-Budgets werden die Kraftwerke Lippendorf und Boxberg bereits Ende 2024 vom Netz genommen. Der Einsatz von Power-to-Gas im konventionellen Kraftwerkspark beginnt bereits ab dem Jahr 2024 und substituiert bis 2045 sämtliche fossile Energieträger.

Die Erzeugungskapazität auf Basis des Energieträgers **Biomasse** wird in den Szenarien als rückläufig angenommen, wobei in KSG- und Paris-Szenario dieser Rückgang gegenüber dem Trend-Szenario verlangsamt wurde. In allen Szenarien ergibt sich ein geringfügiger Anstieg der Stromerzeugung aus Wasserkraftanlagen. Die Stromerzeugung aus Deponie- und Klärgas wird in den verschiedenen Szenarien als deckungsgleich angenommen und verändert sich nur geringfügig gegenüber dem Jahr 2020. Die Stromerzeugung in den Industriewärme- und Heizkraftwerken wird in allen Szenarien rückläufig angenommen. Anwendungen aus dem Bereich der Tiefengeothermie hatten keinen Einfluss auf die Modellierung der Szenarien.

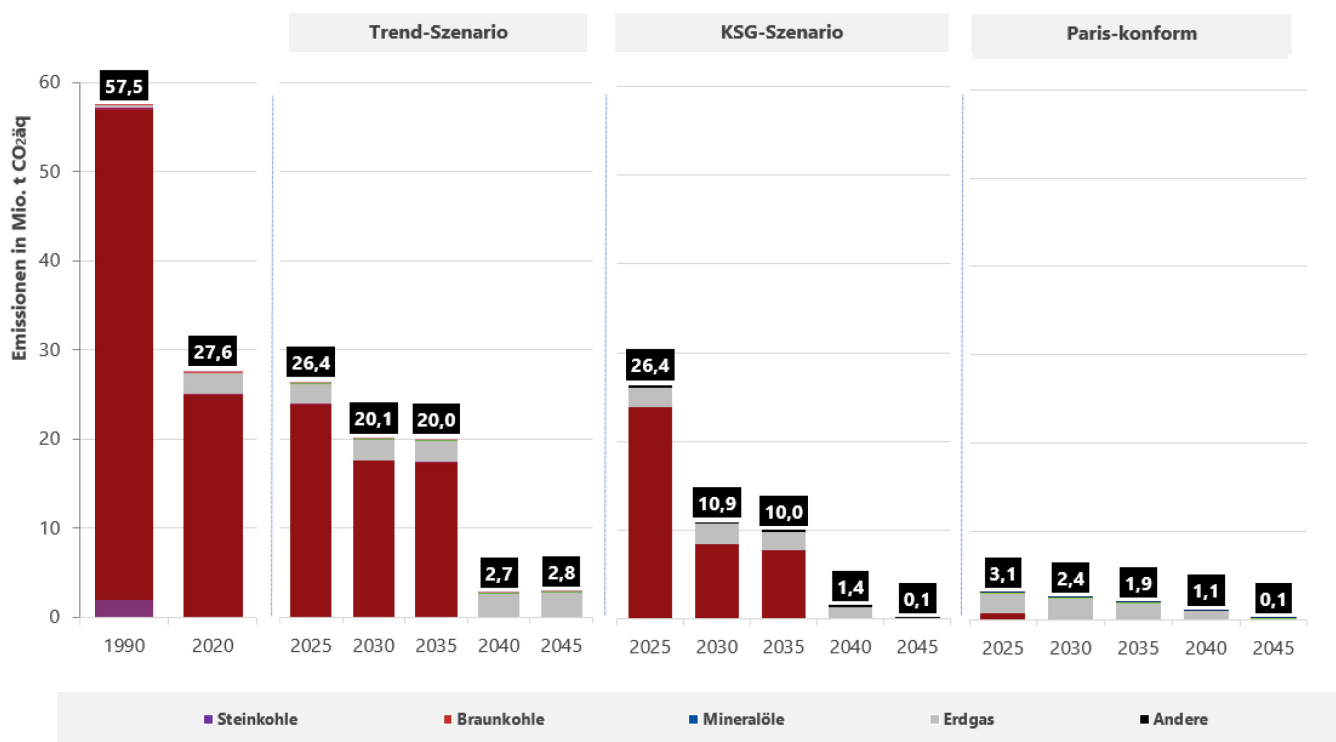
⁹ Detailbeschreibung s. Langfassung Kapitel 6.1.3.8.

Die bilanzielle Deckung von Strombedarf und Eigenerzeugung kann in KSG- und Paris-Szenario nur annähernd erreicht werden.

Zur Übersichtlichkeit ist dem Anhang die Abbildung 16 zur Entwicklung der modellierten Bruttostromerzeugung in Sachsen nach Energieträgern beigefügt.

5.1.2 Treibhausgasemissionen

Die Abbildung 4 verdeutlicht zunächst, dass die jährlichen Emissionen von 1990 bis 2020 erheblich gesunken sind. Der Rückgang von 53 % ist insbesondere auf den verminderten Einsatz von Braunkohle zurückzuführen. Im Trend-Szenario ergibt sich bis 2040 eine Verminderung der Emissionen von 90 % gegenüber dem Jahr 2020. Diese Entwicklung ist maßgeblich auf das Abschalten der Kohlekraftwerke gemäß KVBG zurückzuführen. Im KSG-Szenario wurde der Kohleausstieg beschleunigt, um den Reduktionszielen des Klimaschutzgesetzes zu entsprechen. Im Paris-Szenario ergibt sich bis 2025 gegenüber dem Jahr 2020 eine Treibhausgaseminderung von 88 %. Es wird somit verdeutlicht, dass eine drastische Senkung der Treibhausgasemissionen notwendig ist, um dem CO₂-Budget des Pariser Klimaabkommens zu entsprechen. Es verbleiben zudem fossile Restemissionen von 0,12 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2045.



Quelle: StLA Sachsen (2022), LfULG (2022), eigene Berechnungen.

Abbildung 4: Treibhausgasemissionen im Sektor Energiewirtschaft nach Energieträgern für die Jahre 1990 und 2020 sowie in den Szenarien bis 2045 in Sachsen

5.1.3 Zielstrategien

Der Vergleich des Trend-Szenarios mit dem KSG-Szenario ergibt eine Umsetzungslücke von etwa 2,7 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2045. Elementar für die Senkung der Treibhausgasemissionen ist die **Reduktion fossiler Energieträger**. Die Emissionen werden insbesondere durch den Einsatz von Braunkohle und Erdgas verursacht. Bis Ende 2038 ist ein Ende der Kohleverstromung gesetzlich vorgeschrieben. In Anbetracht der modellierten Entwicklungspfade sollte der Freistaat Sachsen die Reduktion fossiler Energieträger weiter beschleunigen. Für die Etablierung einer klimaneutralen Energieversorgung ist ein massiver **Ausbau der erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung** von zentraler Bedeutung. Dieser Ausbaubedarf begründet sich einerseits durch die Reduktion fossiler Energieträger, andererseits durch einen erhöhten Strombedarf z. B. durch die verstärkte Elektrifizierung des Verkehrssektors. Der **Ausbau der erneuerbaren Energien zur Wärmeerzeugung** ist ebenfalls ein zentraler Aspekt für das Erreichen der Klimaneutralität in Sachsen. Im Sektor Energiewirtschaft wird die Dekarbonisierung vorrangig durch die Substitution des in Heizkraftwerken und Heizwerken eingesetzten Erdgases durch Power-to-Gas angestrebt. Darüber hinaus gilt es, die Forschungstätigkeiten im Bereich der Tiefengeothermie, insbesondere hinsichtlich der petrothermalen Systeme, weiter voranzutreiben. **Der Einsatz von Power-to-Gas** im Energiesektor ist von zentraler Bedeutung, um die Zielvorgaben des Bundesklimaschutzgesetzes zu erfüllen. Dies steht im Kontext zu der Reduktion fossiler Energieträger, da im KSG- sowie im Paris-Szenario eine Substitution des in Kraftwerken eingesetzten Erdgases durch Wasserstoff und wasserstoffbasierte Energieträger erfolgen muss. Im Trend-Szenario finden diese Energieträger perspektivisch lediglich in den Sektoren Industrie und Verkehr Anwendung. In Anbetracht des steigenden Strombedarfes durch beispielsweise die Erzeugung von Wasserstoff und wasserstoffbasierten Energieträgern oder dem Betrieb von Wärmepumpen, stellt die im Koalitionsvertrag anvisierte **Deckung des Strombedarfes durch Eigenerzeugung** den Freistaat Sachsen vor eine große Herausforderung. Darüber hinaus müssen die aktuellen Kapazitäten der Bruttostromerzeugung in den Wärmekraftwerken vollständig ersetzt werden. Dementsprechend kann dieses Ziel maßgeblich durch ambitionierte Ausbaupfade in den erneuerbaren Energien erreicht werden.

5.1.4 Einordnung der EKP-Maßnahmen

Von den 25 Maßnahmen, die für den Sektor Energiewirtschaft relevant sind, konnten 18 auf die Zielstrategien des Energiesektors zugeordnet und bewertet werden (siehe Anhang A 1.3 Tabelle 12). Die meisten Maßnahmen sind den Zielstrategien Ausbau erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung und zur Wärmeerzeugung zuzuordnen. Der Freistaat Sachsen kann hier vielfach nur in Abstimmung mit dem Bund wirksam werden, weshalb viele Maßnahmen lediglich flankierend wirksam sind oder ihre Wirksamkeit noch unsicher ist. Zehn Maßnahmen beinhalten den Ausbau der Photovoltaik u. a. auf Landesliegenschaften, die Prüfung einer Pflicht zur Installation und Nutzung von Photovoltaik (PV)-Anlagen auf Dachflächen oder offenen Parkplätzen, die Umsetzung der Photovoltaik-Freiflächenverordnung (PVFVO) oder die Unterstützung von Pilotprojekten für Agri- und Floating-PV. Zum Ausbau der Windkraft und zur Umsetzung des Flächenziels von 2 % der Landesfläche bis bereits Ende 2027, wurde ein flexibleres Zielabweichungsverfahren für die Windenergie (Flexibilisierungsklausel nach § 20 Absatz 3 des Landesplanungsgesetzes (SächsLPIG)) eingeführt. Weiterhin sind Maßnahmen enthalten, die die Akzeptanz der erneuerbaren Energien u. a. durch eine erhöhte finanzielle Beteiligung der Kommunen an den Erträgen steigern sollen. Für den Ausbau der erneuerbaren Energien zur Wärmeerzeugung sind im EKP-Maßnahmenplan fünf Maßnahmen enthalten. Die Maßnahmen sind sehr komplex und beinhalten zunächst die Unterstützung von Potenzialanalysen, Fachgutachten, Machbarkeitsstudien und Forschungsvorhaben in den Bereichen mit-

teltiefe und tiefe Geothermie, Thermalwasservorkommen, Erdwärmenutzung zur Einbindung in Quartierslösungen oder in die Fernwärmeversorgung und sollen die Basis für eine übergeordnete Strategie zur Wärmewende in Sachsen bilden.

5.1.5 Vorschläge für weitere Maßnahmen

Insgesamt folgen die Maßnahmenvorschläge zur Weiterentwicklung des EKP 2021 den Zielstrategien zum Ausbau der erneuerbaren Energien zur Strom- und Wärmeerzeugung. Dabei ist der Ausbau der erneuerbaren Energien vordringlich, um den Einsatz fossiler Energien zügig zu verringern und auch den Strombedarf durch Eigenerzeugung zu decken. Viele Entscheidungen werden hier allerdings auf Bundesebene getroffen. Weiterhin sollten die Maßnahmen noch stärker in den bundespolitischen Kontext eingeordnet und Synergien herausgearbeitet werden. Generell ist anzumerken, dass eine stärkere Ausrichtung der energiepolitischen Zielsetzungen zum Ausbau der erneuerbaren Energien erfolgen sollte. Es wird empfohlen, kurz-, mittel- und langfristige Ausbaupfade für die jeweiligen Energieträger zu erarbeiten und zu kommunizieren. Die Ausbauziele sind regelmäßig zu überprüfen und wenn erforderlich anzupassen. Die Überprüfung der Ausbauziele sollte ein strategischer Bestandteil eines EKP sein und sich in der Ausformulierung von Zielstrategien wiederfinden und nicht nur als eine Einzelmaßnahme im EKP-Maßnahmenplan enthalten sein.

5.1.5.1 Maßnahmen zur Zielstrategie Ausbau der erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung

- Es wird empfohlen, eine Landessolarpflicht einzuführen (diese soll laut Maßnahme 3.04 für Gebäude und Parkplätze bis Mitte 2024 geprüft werden).
- Die Maßnahmen 1.08 und 1.17 sollten in einer Maßnahme zusammengefasst und um konkrete Zielsetzung für den PV-Ausbau ergänzt werden.
- Einführung einer PV-Pflicht für Landesliegenschaften.
- Forcierung und verstärkte Anreizsetzung im Bereich Agri-PV.
- Die Maßnahme 3.04 (Umsetzung der Ausbauziele für Windenergie und Photovoltaik aus dem EKP 2021) sollte in weitere Maßnahmen unterteilt werden. Hierbei wird eine Differenzierung nach Maßnahmen zum Ausbau der Windenergie und der Photovoltaik empfohlen.
- Verstärkte Nutzung von Flächensynergien durch Modifikationen der PVFVO.
- Prüfung einer Fortführung der Flexibilisierungsoption nach dem Landesplanungsgesetz (SächsLPIG) bezüglich der Errichtung von Windenergieanlagen (WEA) außerhalb von Vorrang- und Eignungsgebieten und im Wald.
- Prüfung und Einführung von Beteiligungsmodellen für Windenergieanlagen.
- Weiterentwicklung der Maßnahme 1.13 (Bezug von Ökostrom), in deren Zusammenhang ein Regionalnachweis als Herkunftsnachweis empfohlen wird.

5.1.5.2 Maßnahmen zur Zielstrategie Ausbau der erneuerbaren Energien zur Wärmeerzeugung

- Es wird eine stärkere Verzahnung mit den Förderprogrammen des Bundes empfohlen. Hier kann geprüft werden, die Bundesförderung zu ergänzen und zusätzliche Anreize für den Ausbau der Geothermie zu schaffen. Dies betrifft insbesondere die Maßnahmen 3.10 und 3.11.
- Um die Planung und Umsetzung klimafreundlicher Wärmeversorgungs-systeme in Kommunen mit dem Potenzial zur Versorgung durch Wärmenetze zu fördern, kann das Programm "Zukunftsfähige Energieinfrastruktur" in Rheinland-Pfalz als Vorbild dienen.

- Das Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze ist zum 01.01.2024 zusammen mit dem Gebäudeenergiegesetz in Kraft getreten. Es sieht die Verpflichtung der Länder vor, sicherzustellen, dass auf ihrem Hoheitsgebiet bis zum 30.06.2026 für Großstädte bzw. bis zum 30.06.2028 für Gemeinden mit weniger als 100.000 Einwohnern Wärmepläne erstellen. Das Land Sachsen kann den Kommunen hierfür vielfältige Unterstützungen anbieten. Bundesländer, die bereits die Pflicht zur Erstellung von kommunalen Wärmeplänen, z. B. im Rahmen von Landesklimaschutzgesetzen, eingeführt hatten, flankieren dies mit vielfältigen Maßnahmen wie gesetzlichen Regelungen zur Datenerfassung oder auch der Bereitstellung von Daten. Das Land Hessen hat hierfür u. a. den Wärmeatlas Hessen erarbeitet. Derzeit sind noch nicht alle Kommunen verpflichtet eine kommunale Wärmeplanung durchzuführen. Wenn sie dies freiwillig tun, können sie z. B. in Hessen Fördermittel beantragen. In Niedersachsen erhalten Kommunen einen vereinfachten und kostenfreien Zugang zu den Daten der örtlichen Energieversorger für die Planung der Wärmenetze. Zudem stellt die Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen seit 2023 eine digitale, gebäudescharfe Wärmebedarfskarte bereit.
- Das Land Sachsen kann die in § 9a Gebäudeenergiegesetz (GEG)¹⁰ explizit formulierte Abweichungsbefugnis nutzen, indem die Einhaltung der GEG-Mindestanforderungen oder gar ein 100-prozentiges Verbot neuer fossiler Heizungssysteme unabhängig von der Wärmeplanung bereits ab 2024 vorgeschrieben wird, wenn ein Wärmenetzanschluss als unwahrscheinlich gilt, z. B. in kleinen und dünnbesiedelten Räumen.

5.1.5.3 Maßnahmen zur Zielstrategie Reduktion fossiler Energieträger

Bis Ende 2038 ist ein Ende der Kohleverstromung gesetzlich vorgeschrieben. Die Szenarienmodellierung hat im Trend-Szenario die aktuellen Planungen gemäß KVBG berücksichtigt und entspricht somit auch den Aussagen des EKP 2021, dass der Kohlekompromiss gilt und die Braunkohleverstromung bis zum Jahr 2038 beendet wird. Die Modellierung des KSG-Szenarios zeigt auf, dass der Ausstieg auch erst Ende 2038 erfolgen kann, jedoch die Stilllegung einzelner Kraftwerksblöcke deutlich eher erfolgen muss. Somit wird empfohlen, einen schnelleren Ausstieg aus der Braunkohlenverstromung als Maßnahme im EKP-Maßnahmenplan aufzunehmen.

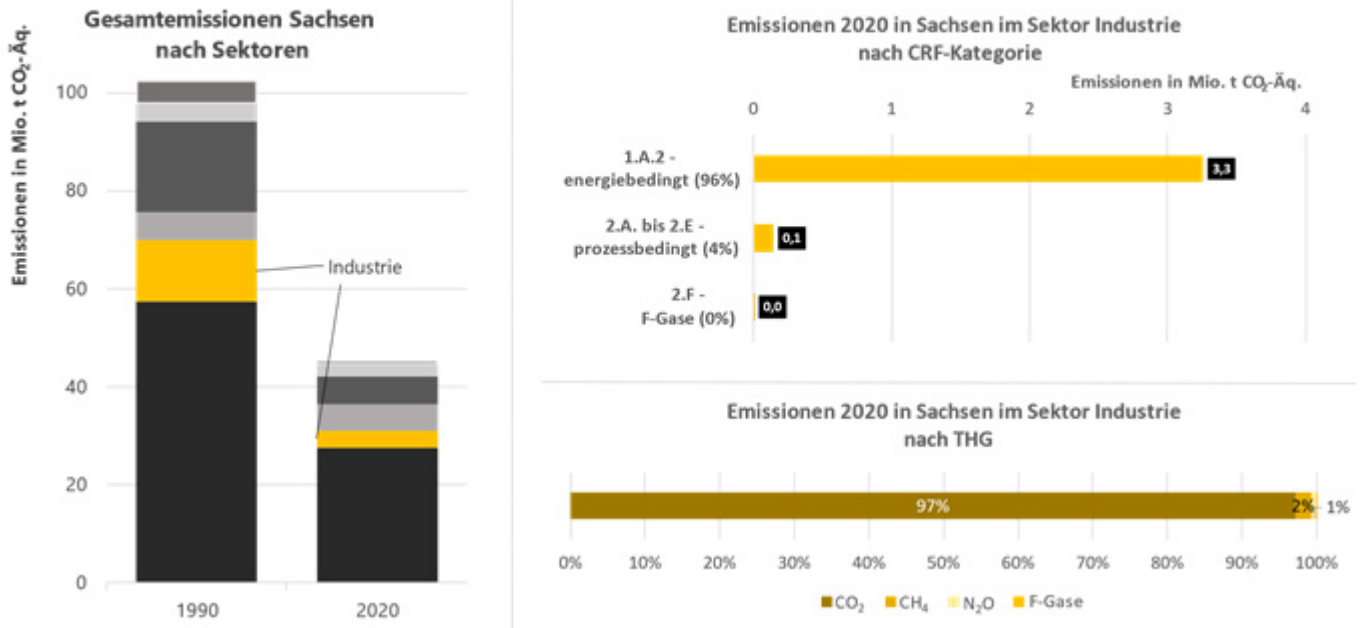
5.2 Industrie

Mit Emissionen von 3,4 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2020 betrug der Anteil des Industriesektors an den Gesamtemissionen in Sachsen lediglich 7,5 % (siehe Abbildung 5). Der Sektor Industrie umfasst nach internationaler Nomenklatur die folgenden CRF-Kategorien: CRF 1.A.2 (Verarbeitendes Gewerbe - energiebedingt), CRF 2.A bis 2.E (Industrieprozesse - prozessbedingt) und 2.F (F-Gase).

¹⁰ Im Rahmen der letzten GEG-Novellierung zum 1.1.2024 wurde der § 56 GEG in den neu eingefügten § 9a GEG überführt.

Industrie

THG-Emissionen 2020: 3,4 Mio. t CO₂-Äq. | Anteil an Gesamtemissionen: 7,5 %



Quelle: StLA Sachsen (2022a), AK UGRdL (2022), eigene Berechnungen.

Abbildung 5: Überblick Treibhausgasemissionen im Sektor Industrie im Jahr 2020

Die energiebedingten Emissionen verursachten 3,3 Mio. t CO₂-Äq. und die prozessbedingten Emissionen 0,1 Mio. t CO₂-Äq. Im Jahr 2020 betragen die Emissionen aus F-Gasen ca. 660 t CO₂-Äq. Im Industriesektor sind die Treibhausgasemissionen im Jahr 2020 vor allem auf den Einsatz von Erdgas und Mineralöl zurückzuführen. Mit 29,5 % ist der größte Anteil des Endenergieverbrauchs (EEV) des gesamten Verarbeitenden Gewerbes in Sachsen auf die Chemieindustrie zurückzuführen. Die Automobilbranche hat mit 5,6 % den niedrigsten Anteil.

5.2.1 Modellierungsannahmen

Bezüglich der **energiebedingten Emissionen** bilden im **Trend-Szenario** die deutschlandweiten Annahmen aus dem Projektionsbericht 2021 (UBA, 2022a) und darin insbesondere die enthaltenen Daten und Analysen zur zukünftigen Entwicklung des Strom- und Brennstoffverbrauches nach Energieträgern in der Industrie die Grundlage für die Modellierung bis 2040. Mit den Angaben aus dem Projektionsbericht wurden die Änderungsraten im Vergleich zu 2018 zur Entwicklung des Strom- und Brennstoffverbrauches für die Jahre 2025, 2030, 2035 und 2040 ermittelt. Für die Zeit bis 2045 wurden die Daten extrapoliert. Die ermittelten Änderungsraten aus dem Projektionsbericht wurden auf Sachsen übertragen und als Zielgrößen im verwendeten Berechnungsmodell hinterlegt. Die angenommene Stromverbrauchsentwicklung wird von 2018 bis 2045 um 7,9 % absinken, während die angenommene Brennstoffverbrauchsentwicklung in diesem Zeitraum sogar um 15,4 % absinkt. Mit Hilfe der zukünftigen Entwicklung der Bruttowertschöpfung

und Annahmen zur Strom- und Brennstoffeffizienzentwicklung wurde die Energieintensität¹¹ ermittelt und schließlich zukünftige Energieverbräuche je Energieträger bestimmt. Es wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass die Bruttowertschöpfung schneller ansteigt als der Energieträgereinsatz. Die industrielle Produktion erfordert somit weiterhin einen entsprechenden Energieeinsatz, dieser steigt aber künftig langsamer als die Bruttowertschöpfung an. Die Energieintensität nimmt somit im Trend-Szenario ab. Die Energiebilanzen zeigen die historische Entwicklung einzelner Energieträger und geben Aufschluss über Entwicklungstendenzen. Der Einsatz von Steinkohle im Trend-Szenario wird bis 2045 auf 0 % reduziert, während für den Einsatz von Braunkohle eine Verringerung auf 1 % angesetzt wurde. Beim Erdgas wird von einem Rückgang auf 28 % ausgegangen. Der Anteil von wasserstoffbasierten Energieträgern steigt auf 4 % an. Zudem wird angenommen, dass erneuerbare Energien mit einem Anteil von 7 % verstärkt genutzt werden und der Einsatz von Strom auf 40 % ansteigt. Im Trend-Szenario behalten die fossilen Brennstoffe mit einem Anteil von 42 % bis 2045 eine zentrale Rolle, während erneuerbare Energien und wasserstoffbasierte Energieträger (z.B. grüner Wasserstoff¹²) bis dahin einen Anteil von 11 % erreichen.

Die wesentlichen Unterschiede des **KSG-Szenarios** im Vergleich zum Trend-Szenario ergeben sich durch abweichende Annahmen zur Strom- und Brennstoffeffizienzentwicklung, welche zu einer niedrigeren Energieintensität führen. Ein weiterer Einflussfaktor ist die Prognose des zukünftigen Energieträgereinsatzes. Im KSG-Szenario wird eine deutliche Steigerung der Nutzung erneuerbarer Energien angestrebt. Es wird davon ausgegangen, dass alle Formen der Biomassenutzung strukturell (z. B. Papier, Baustoffe), stofflich (z. B. Nahrungsmittelindustrie, chemische Industrie) und energetisch (Strom, Wärme, Treibstoffe) in der Industrie zum Einsatz kommen (Energy4Climate, 2023). Hinzu kommt eine verstärkte Erschließung anderer erneuerbarer Energiequellen wie Abwärme. Bis zum Jahr 2045 erhöht sich im KSG-Szenario der Wasserstoffbedarf auf etwa 14.400 TJ, was etwa dem Vierfachen des Bedarfes im Trend-Szenario mit rund 3.500 TJ entspricht. Solarenergie und geothermische Anlagen zur Wärmeerzeugung sind ergänzende Optionen. Der Anteil des Endenergieverbrauchs der sächsischen Industrie, der im Jahr 2045 durch erneuerbare Energien gedeckt wird, liegt im KSG-Szenario um 125 % höher als im Trend-Szenario. Im KSG-Szenario wird der Einsatz von fossilen Brennstoffen bis 2045 vollständig beendet, während erneuerbare Energien und Wasserstoff einen Anteil von 43 % ausmachen werden.

Die wesentlichen Unterschiede des **Paris-Szenarios** im Vergleich zu den beiden anderen Szenarien ergeben sich durch andere Annahmen zur Strom- und Brennstoffeffizienzentwicklung, welche zu anderen Energieintensitäten führen, sowie abweichende Annahmen zur zukünftigen Energieträgerentwicklung. Strom, Wasserstoff und erneuerbare Energien spielen eine noch wichtigere Rolle. Fossile Energieträger sind aus dem System verschwunden. Im Paris-Szenario ist der Endenergieverbrauch im Jahr 2045 im Vergleich zum Trend-Szenario niedriger, was dazu führt, dass die rechnerischen Anteile an Biomasse und anderen erneuerbaren Energieträger im Vergleich der Szenarien niedriger sind.

¹¹ Über die Relation zwischen Bruttowertschöpfung und Endenergieverbrauch ergibt sich die Energieintensität der Industrie in verschiedenen Jahren als Zeitreihe, die u. a. technische Fortschritte der Energieeffizienz abbildet.

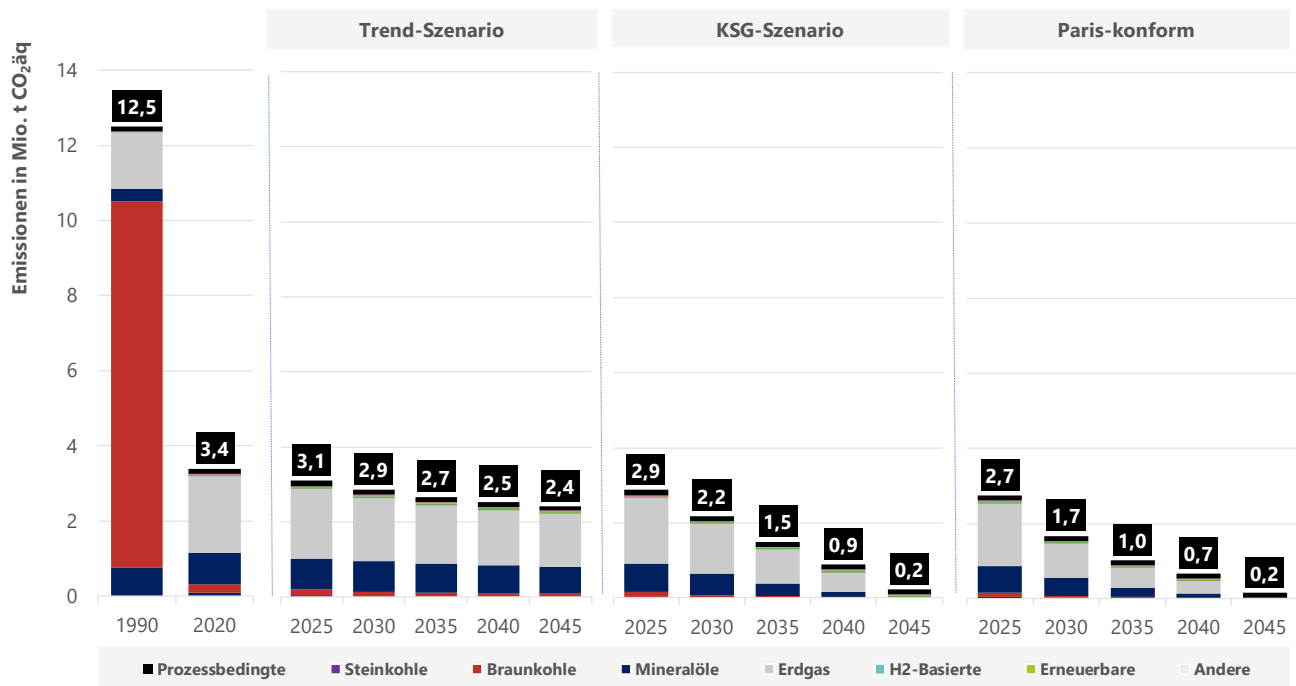
¹² Wasserstoff, der elektrochemisch mittels erneuerbaren Energien hergestellt wird, wobei der Wasserstoff zur Speicherung oder zum Transport auch in anderen Energieträgern chemisch oder physikalisch gespeichert werden kann.

Bis zum Jahr 2019 liegen Daten zur Entwicklung der **prozessbedingten Emissionen** vor. Die sich abzeichnende Trendentwicklung wurde zunächst bis zum Jahr 2020 fortgeschrieben. Für die zukünftige Entwicklung bis 2045 wurden die Absenkungspfade der jeweiligen Gasemissionen des Projektionsberichtes 2021 (UBA, 2022) auf Sachsen übertragen. Darüber hinaus wurden in keiner Literaturquelle weitere Maßnahmen gefunden, die zu einer stärkeren Absenkung dieser Emissionen führen könnten. Daher wurden diese Minderungsraten nicht nur im Trend-Szenario, sondern auch für das KSG-Szenario und für das Paris-Szenario angenommen. Es ergibt sich für das Jahr 2045, dass 79 % der CO₂-, 100 % der CH₄- und 14 % der N₂O-Emissionen aus dem Jahr 2018 weiterhin zu erwarten sind.

Im Projektionsbericht 2021, der die Grundlage des Trend-Szenarios bildet, wird angenommen, dass die **F-Gas-Emissionen** besonders zwischen 2025 und 2030 zunächst stark abnehmen werden. Ab 2030 nimmt die jährliche Minderungsrate dann stetig ab. Für das KSG-Szenario wurde keine separate Modellierung vorgenommen, da der Emissionspfad aus dem Trend-Szenario für eine KSG-konforme Entwicklung ausreicht. Ebenso wurde für das Paris-Szenario keine separate Modellierung vorgenommen, da F-Gase bei der Berechnung des CO₂-Budgets nicht zu berücksichtigen sind.

5.2.2 Treibhausgasemissionen

In der Abbildung 6 wird der Rückgang der Emissionen der sächsischen Industrie um 74 % von 1990 bis 2020 dargestellt. Darüber hinaus gibt die Abbildung einen Überblick über die im Trend-Szenario erwartete Reduktion der Emissionen bis 2045 um 29 % gegenüber 2020. Die Reduktionspfade des KSG-Szenarios und des Paris-Szenarios weisen einen Rückgang der Emissionen um 97 % und 98 % auf. Die verbleibenden energiebedingten Emissionen von ca. 0,1 Mio. t CO₂-Äq im Jahr 2045 im KSG-Szenario ergeben sich in geringem Umfang aus dem Einsatz gasförmiger erneuerbarer Energieträger (z. B. Biomethan), insbesondere durch den sogenannten Methanschluß. Für die prozessbedingten Emissionen wurden im Jahr 2045 Emissionen von 0,12 Mio. t CO₂-Äq. ermittelt. Die Entwicklung der prozessbedingten Emissionen ist in allen drei Szenarien gleich hoch. Zudem sinken die Emissionen aus F-Gasen bis 2030 um 57 % gegenüber 2020. Im Jahr 2045 verbleiben noch 242 t CO₂-Äq. Die gesamten Emissionen im KSG-Szenario betragen somit im Jahr 2045 noch 0,22 Mio. t CO₂-Äq.



Quelle: StLA Sachsen (2022a), AK UGRdL (2022), eigene Berechnungen.

Abbildung 6: Prozess- und energiebedingte Treibhausgasemissionen im Sektor Industrie nach Energieträgern in den Jahren 1990 und 2020 und nach Szenarien bis 2045 in Sachsen

5.2.3 Zielstrategien

Der Vergleich des Trend-Szenarios mit dem KSG-Szenario zeigt eine Umsetzungslücke im Sektor Industrie von 2,2 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2045. Einen substantiellen Beitrag zur Schließung dieser Differenz kann die **Reduktion des Einsatzes fossiler Endenergieträger** leisten, nicht nur, um den Umweltauswirkungen entgegenzuwirken, sondern auch, um die Wettbewerbsfähigkeit der sächsischen Industrie durch eine stärkere Unabhängigkeit von fossilen Energieimporten und deren Kosten zu stärken. Die **Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch** in Sachsen geht mit der ersten Zielstrategie einher und soll die zukünftige Energieversorgung der Industrie gewährleisten. Dieser Paradigmenwechsel setzt einen deutlichen Ausbau der erneuerbaren Energien voraus. Der **Einsatz von Wasserstoff** und daraus gewonnenen flüssigen und gasförmigen Energieträgern (PtX) bietet eine Option, insbesondere in Situationen, in denen strombasierte Alternativen nicht realisierbar sind. Die **Steigerung der Energieeffizienz** zielt darauf ab, die Nutzung von Brennstoffen und Strom in der Industrieproduktion effizienter zu gestalten. Die Reduzierung der Energieintensität, die sich aus diesen Effizienzsteigerungen ergibt und sich auf den Brennstoff- und Stromeinsatz bezieht, ist ein zentraler Faktor für die Umsetzungslücken zwischen den verschiedenen Szenarien.

5.2.4 Einordnung der EKP-Maßnahmen

Ein zentraler Schwerpunkt des EKP 2021 ist die Steigerung der Ressourcen- und Energieeffizienz, insbesondere im Industriesektor. Damit soll die industrielle Produktion in Sachsen nachhaltiger gestaltet und ein wichtiger Beitrag zur Erreichung der Klimaziele geleistet werden. Insgesamt enthält der EKP-Maßnahmenplan elf Maßnahmen, deren Wirkungen primär dem Industriesektor zugeordnet werden (siehe Anhang A 1.3 Tabelle 13). Davon hat laut EKP-Maßnahmenplan nur eine Maßnahme (1.16) einen direkten, d. h. zumindest theoretisch berechenbaren Einspareffekt. Sechs der elf Maßnahmen haben die Steigerung der

Energieeffizienz zum Ziel. Die restlichen fünf Maßnahmen zielen auf die Reduktion fossiler Energieträger und unterstützen gleichzeitig, wenn auch indirekt, den Ausbau erneuerbarer Energien.

5.2.5 Vorschläge für weitere Maßnahmen

Für eine Weiterentwicklung des EKP-Maßnahmenplanes werden insbesondere Handlungsempfehlungen gegeben, die auf den Zielstrategien Reduktion des Einsatzes fossiler Endenergieträger, Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch sowie Einsatz von Wasserstoff und daraus gewonnenen flüssigen und gasförmigen Energieträgern beruhen.

5.2.5.1 Maßnahmen zur Zielstrategie der Reduktion fossiler Endenergieträger

- Der Freistaat Sachsen sollte Anreize schaffen, um die Erfassung, Speicherung und effiziente Nutzung von Abwärme aus industriellen Prozessen zu fördern. Dies könnte durch eine Förderrichtlinie geschehen, die die Investitionskosten für den Aufbau von Wärmenetzen bezuschusst.
- Es wird empfohlen, die Genehmigungsverfahren durch den Ausbau personeller Kapazitäten zu beschleunigen.

5.2.5.2 Maßnahmen zur Zielstrategie der Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien

- Industriebetriebe können einen Teil ihres Strombedarfs durch Eigenherzeugung decken, insbesondere durch Photovoltaik. Die Integration der Eigenstromerzeugung aus erneuerbaren Energien wird als sinnvolle Maßnahme angesehen und Unternehmen sollten bei den Vorbereitungen zur Realisierung von PV-Anlagen auf ihren Liegenschaften (Berücksichtigung der Dachstatik, größenabhängige Kosten-Nutzen-Betrachtung, Verfahren zur Netzanbindung etc.) weiterhin personell durch die Sächsische Energieagentur (SAENA) unterstützt werden. In diesem Kontext wird ein weiterer Ausbau der Beratung empfohlen.
- Es wird empfohlen, eine detaillierte Prüfung des Einsatzes von Biomasse zur dezentralen Strom- und Wärmeerzeugung in Unternehmen durch die Erstellung einer Potenzialanalyse zum Einsatz der Biomasse unter Berücksichtigung aller Unternehmensstandorte und strategischer Standorte für Biomasseanlagen in Industriegebieten vorzunehmen.
- Die Verpflichtung zur dauerhaften Überwachung der betriebenen geförderten Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien oder von Anlagen, die mit dem Ziel der Energieeffizienz modernisiert worden sind, dient der Sicherstellung der CO₂-Einsparung. Zur Überwachung der Emissionsreduktionen wird die Einrichtung einer Monitoringstelle empfohlen. Es sollte überprüft werden, ob bereits vorhandene Kontrollkapazitäten, insbesondere im Bereich der Emissionsüberwachung, genutzt werden können.

5.2.5.3 Maßnahmen zur Zielstrategie des Einsatzes von Wasserstoff und daraus gewonnenen Energieträgern

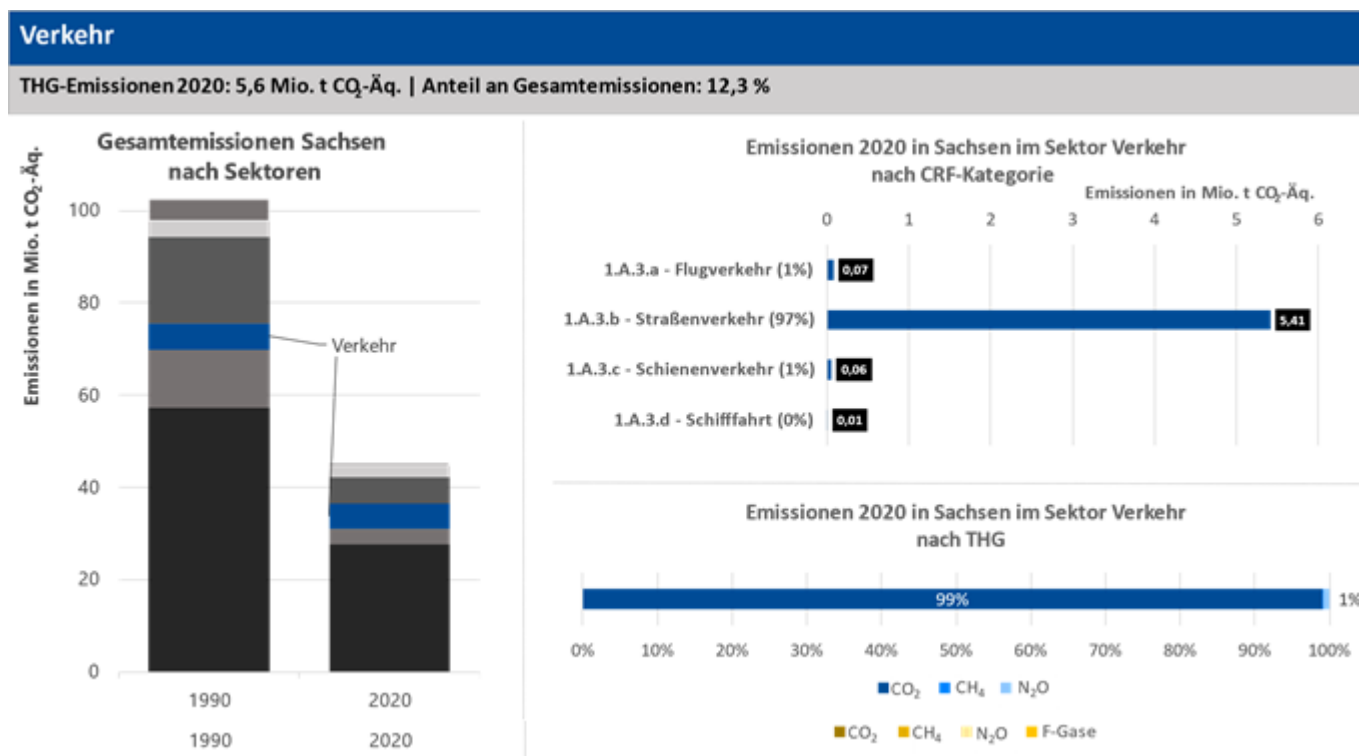
- Die sächsische Wasserstoffstrategie fokussiert sich auf den Einsatz von Wasserstoff und PtX-Technologien in der Industrie, um die Dekarbonisierung voranzutreiben und das Wirtschaftswachstum zu fördern. Zur Umsetzung der Strategie wurde eine Kompetenzstelle und eine interministerielle Arbeitsgruppe bereits eingerichtet. H₂ und PtX-Brennstoffe können eine Lösung für nicht elektrifizierbare Anlagen sein. Förderprogramme können die Einführung beschleunigen.
- Der Freistaat Sachsen fordert zügige Entscheidungen über Fördermöglichkeiten wie z. B. Carbon Contracts for Difference, um die höheren Betriebskosten von Wasserstoffprojekten auszugleichen und die Dekarbonisierung der Industrie zu unterstützen. Der Freistaat Sachsen könnte eine Landesinstitution (z. B. die SAENA) damit beauftragen, eine unterstützende Beratung hierzu durchzuführen.

5.2.5.4 Maßnahmen zur Zielstrategie der Steigerung der Energieeffizienz

Das Energieeffizienzgesetz und die im EKP-Maßnahmenplan vorgeschlagenen Maßnahmen bieten bereits Anreize zur Steigerung der Energieeffizienz in der Industrie. Sollten diese Maßnahmen nicht ausreichen, um die Effizienzziele zu erreichen, ist ein verstärkter Ausbau der erneuerbaren Energien einschließlich des grünen Wasserstoffs und seiner Folgeprodukte erforderlich, um den steigenden Energiebedarf der Industrie zu decken. Es wird empfohlen, eine umfassende Analyse der Input- und Outputdaten aller Unternehmen in Sachsen durchzuführen und ein detailliertes Ressourcenkataster zu erstellen, um Abfälle als Rohstoffe für benachbarte Unternehmen nutzbar zu machen. Darüber hinaus sollte die Situation der Haushalte im Einzugsbereich der Unternehmen, insbesondere im Zusammenhang mit der Abwärmenutzung, berücksichtigt werden.

5.3 Verkehr

Der Verkehrssektor ist bis heute von fossilen Kraftstoffen (insbesondere Rohöl) besonders abhängig. Auf Mineralölprodukte entfallen regelmäßig über 99 % aller THG-Emissionen des Verkehrssektors. Daneben werden Strom als Energieträger im Schienen- und Straßenverkehr sowie Biokraftstoffe als Beimischung zu fossilen Kraftstoffen eingesetzt. Die THG-Emissionen in Sachsen lagen 2020 bei 5,6 Mio. t CO₂-Äq., was 12,3 % der Gesamtemissionen in Sachsen entspricht (siehe Abbildung 7). Dieser Wert lag 2020 nur wegen der pandemiebedingten Einschränkungen der Verkehrsnachfrage deutlich niedriger als 2019, zuvor waren die Emissionen etwa 14 Jahre lang stabil auf einem Niveau von ungefähr 6,3 Mio. t CO₂-Äq. Als Beitrag zum Klimaschutz müssen der Energieverbrauch des Verkehrs gesenkt und der Energieträger Mineralöl abgelöst werden.



Quelle: StLA Sachsen (2022), eigene Berechnungen.

Abbildung 7: Überblick Treibhausgasemissionen im Sektor Verkehr im Jahr 2020

5.3.1 Modellierungsannahmen

Der Endenergieverbrauch des Verkehrs konzentriert sich auf den Straßenverkehr und wird dort weiterhin durch Mineralölprodukte geprägt, die zu knapp einem Drittel dem Güterverkehr und zu gut zwei Dritteln dem Personenverkehr (motorisierter Individualverkehr, kurz MIV, sowie öffentlicher Straßenpersonenverkehr, kurz ÖSPV) zuzurechnen sind (BMDV, 2022). Elektrizität spielt im Straßenverkehr noch eine untergeordnete Rolle, weil der Anteil rein elektrischer Fahrzeuge am Fahrzeugbestand in Sachsen zum Jahresanfang 2023 bei allen Fahrzeugtypen noch unter 2 % lag (KBA, 2023) und der spezifische Endenergieverbrauch der elektrisch angetriebenen Fahrzeuge besonders niedrig ist. Die Ausgangslage konnte auf dieser Datengrundlage bis einschließlich 2022 realistisch abgeschätzt werden. Beim Schienenverkehr dominiert der elektrische Antrieb, differenziert wurde nach Schienengüterverkehr (SGV), Schienenpersonennahverkehr (SPNV) und Schienenpersonenfernverkehr (SPFV). Binnenschifffahrt findet nur auf der Elbe statt, hier dominiert Diesel als Energieträger. Der inländische Luftverkehr machte von 2014 bis 2019 lediglich zwischen 9,5 % und 12 % des gesamten sächsischen Luftverkehrs aus, wie sich aus den Emissionsdaten der UGRdL ergibt (AK UGRdL, 2023). Es dominieren internationale Luftfracht und internationale Passagierflüge, die aber nicht in die sächsische Bilanz eingehen. Davon ausgehend wurden für die drei Szenarien folgende wesentlichen Entwicklungsannahmen getroffen:

Im **Trend-Szenario** sind die zentralen Annahmen für den Zeitraum bis 2040 aus dem Projektionsbericht 2021 (UBA, 2022) abgeleitet, der bereits die bundesweit wirkenden Klimaschutzmaßnahmen (z. B. Emissionshandel) berücksichtigt, danach wurde bis 2045 in der Regel extrapoliert. Die mittlere Verkehrsnachfrage je Einwohner im MIV erreicht 2025 wieder das Niveau von 2019 (jährlich gut 7.800 km je Einwohner) und liegt 2045 um 3,4 % höher als 2020 bzw. um 12,8 % höher als 2020. Die Fahrleistungen der Lastkraftwagen (Lkw) und Sattelzugmaschinen steigen von 2020 bis 2045 um 26,7 % an. 2045 werden 68,7 % der Personenkraftwagen (Pkw)-Fahrleistung elektrisch zurückgelegt, der mittlere Strombedarf je Fahrzeugkilometer bleibt dabei gleich. Bei Lkw werden 2045 insgesamt 30 % erreicht. 2030 werden die Fahrplänenwürfe des Deutschland-Taktes in die Realität umgesetzt und ab diesem Zeitpunkt bis 2045 unverändert beibehalten. Die 2028 erwarteten Fahrplankilometer im Bereich SPNV werden bis 2045 unverändert mit denselben Traktionsarten bestellt. Der SGV je Einwohner wächst bis 2040 in dem Maße an, wie es im Projektionsbericht (UBA, 2022) beschrieben ist, danach bleibt er gleich; d. h. durch die leicht sinkenden Einwohnerzahlen bis 2045 findet von 2040 bis 2045 ein leichter Rückgang statt. Der Energiebedarf der Binnenschifffahrt entspricht in allen Jahren von 2021 bis 2045 dem Mittelwert der Jahre 2016 bis 2020. Für die Luftfahrt wurde die Entwicklung aus Sachsens Anteil an der bundesweiten Prognose der Inlands-Luftverkehrsnachfrage im Personenverkehr abgeschätzt (Anstieg nach Projektionsbericht bis 2040 um 20 %). Für den Luftfrachtverkehr wurde das gleiche Wachstum angenommen. Für Sachsen wurde beim nationalen Luft-Passagierverkehr für 2025 ein Anteil von 6 % an den bundesweiten Werten angenommen, dies entspricht etwa dem Mittelwert der Jahre 2014 bis 2018. Analog zum Anteil der sächsischen an der bundesdeutschen Bevölkerung sinkt der Anteil Sachsens an den bundesweiten Werten des Projektionsberichts bis 2045 auf 5,7 %. Die 2022 erreichten Werte beim Energiebedarf je Flugbewegung und beim Anteil der inländischen an allen Flügen werden für die Folgejahre bis 2045 als unverändert angenommen. Der Energiebedarf der Luftfahrt wächst mit der Nachfrage. Von 2030 bis 2045 werden zunehmend Power-to-Liquid (PtL)-Kraftstoffe auf Basis von grünem Wasserstoff dem Kerosin beigemischt, 2045 erreicht deren Anteil 5 %.

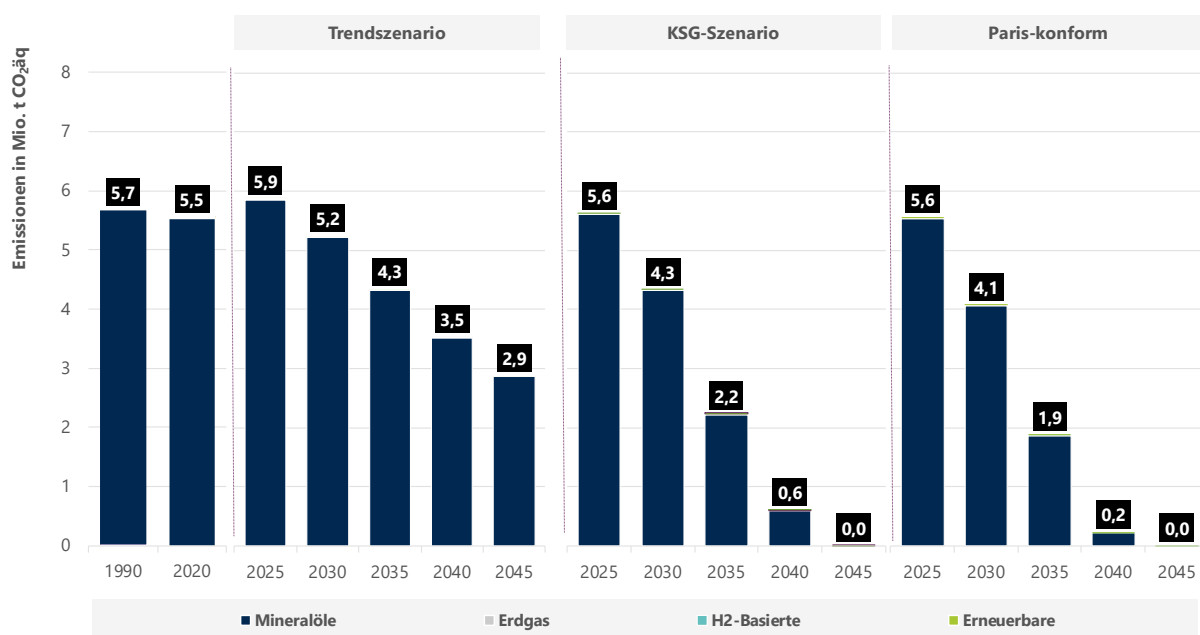
Zusätzlich zu den Grundannahmen des Projektionsberichtes treten im **KSG-Szenario** folgende Veränderungen ein: Durch Dezentralisierung (mehr ländliche Versorgungszentren, dichteres Schulnetz) verkürzen sich schrittweise die zurückzulegenden Wege. Dadurch liegt die Fahrleistung der Pkw ab 2037 um 15 % niedriger als im Trend-Szenario. Durch eine Ausweitung des Angebots im öffentlichen Verkehr und dessen Einfluss auf den Modal Split sinkt – zusätzlich zur Verkehrseinsparung – die MIV-Nachfrage bis 2035 um 2,6 % gegenüber dem Trend-Szenario und danach weiter, sodass sie in den Jahren 2040 bis 2045 um 5,8 % niedriger ausfällt. Durch Dezentralisierung von Lieferketten, eine stärkere Ausrichtung der Kundennachfrage nach regionalen Produkten und weitere Maßnahmen wird dem Zuwachs des Güterkraftverkehrs entgegengewirkt. Die Fahrleistung der Lkw liegt dadurch bis 2045 um 15,75 % niedriger als im Trend-Szenario bzw. um 6,8 % höher als im Corona-Jahr 2020. Der Anteil der MIV-Fahrleistung, der mit elektrischen Fahrzeugen zurückgelegt wird, steigt schrittweise stärker als im Trend-Szenario an, er erreicht im Jahr 2045 bei Pkw und Bussen 100 %, bei Lkw 94 %. Die elektrischen Pkw verbrauchen durch Effizienzfortschritte schrittweise weniger Strom, in den Jahren 2040 bis 2045 sind es 8 % weniger je Fahrzeugkilometer als 2020. Die für den Straßenverkehr benötigten flüssigen Kraftstoffe werden von 2030 bis 2045 schrittweise von Diesel auf PtL-Kraftstoffe auf der Basis von grünem Wasserstoff umgestellt. Diese Umstellung betrifft nur solche Nischen im Straßenverkehr, in denen elektrischen Alternativen bis 2045 noch nicht alle Verbrennungsmotoren ablösen können (etwa Sattelzugmaschinen für den Straßengüterfernverkehr und bestimmte Sonder- und Spezialfahrzeuge). Im Sektor Energie wird der zusätzliche Bedarf an PtL-Kraftstoffen in diesem Szenario entsprechend berücksichtigt. Sowohl im SPNV als auch im Schienenpersonenfernverkehr wird das Zugangebot nach 2030 über den Deutschlandtakt hinaus weiter ausgeweitet, bis es in den Jahren 2040 bis 2045 um 22 % umfangreicher als 2030 ist. Der Energiebedarf je Zugkilometer sinkt bis 2030 um 3 %, vor allem durch veränderte Klimatisierungseinstellungen in bestehenden Zügen, bis 2040 werden von der verbleibenden Energie noch 10 % durch effizientere Antriebstechnik bei neu bestellten Zügen eingespart. Die bisher bestellten Dieseltriebwagen werden im Zuge von Ausschreibungen schrittweise auf Akkutriebwagen umgestellt, angenommen wurde die Umstellung für je ein Drittel der bestellten Leistungen in den Jahren 2029, 2033 und 2037. Die Dampfbahnen mit Kohletraktion werden ab 2035 auf Brennstoffzellenbetrieb umgestellt. Durch effizientere Antriebs- und Bremstechnik sinkt der Energiebedarf je Zug zwischen 2030 und 2040 um 10 %. Der Energiebedarf der Binnenschifffahrt ändert sich nicht, ihre Energieversorgung wird allerdings von 2030 bis 2045 sukzessive vollständig auf Biokraftstoffe umgestellt, für die im Straßenverkehr kein Bedarf mehr besteht. 2045 nutzt die Binnenschifffahrt dann zu 100 % Biokraftstoffe. Die Verbesserungen des inländischen Zugverkehrs führen bis 2030 zu einem geringeren Anstieg des Flugverkehrs als im Trend-Szenario, danach wird der inländische Flugverkehr zunehmend unwirtschaftlich, bis 2040 alle inländischen Linienflüge eingestellt werden. Die verbleibenden Flüge von Kleinflugzeugen und Hubschraubern (z. B. Rettungsflüge) fallen statistisch nicht ins Gewicht. In den Jahren von 2030 bis 2040 wird der Energiebedarf des (internationalen und auch inländischen) Luftverkehrs zunehmend durch PtL-Kraftstoffe auf der Basis von grünem Wasserstoff gedeckt. 2039 – kurz vor Einstellung der letzten Inlandsflüge – erreicht dieser Anteil 60 %.

Im **Paris-Szenario** greift die Verkehrseinsparung im Personen- und Güterverkehr ebenso wie im KSG-Szenario. Bis 2040 vermindert sich die MIV-Nachfrage wie im KSG-Szenario, die Tendenz wird bis 2045 fortgesetzt, 2045 sind 7,56 % der verbleibenden MIV-Nachfrage auf öffentliche Verkehrsmittel verlagert. Bereits 2040 erreicht der Anteil elektrischer Pkw und Busse 100 %. Die Fahrplanleistungen im SPNV und SPFV steigen von 2040 bis 2045 weiter an (wie 2030 bis 2040). Die Umstellung von Diesel- auf Akkutriebwagen im SPNV erfolgt bereits zwei Jahre früher als im KSG-Szenario, die Umstellung von Kohletraktion

auf Brennstoffzellen schon 2030. Die Energieversorgung der Binnenschiffe wird bei unverändertem Bedarf von 2025 bis 2040 vollständig auf Biokraftstoffe umgestellt, also um fünf Jahre schneller als im KSG-Szenario. Der inländische Luftverkehr bleibt zwischen 2023 und 2028 etwa stabil und damit auch unter den Wachstumsraten des KSG-Szenarios. Ab dem Jahr 2029 werden Inlandsflüge eingestellt. Durch die frühzeitige Einstellung des Inlandsflugverkehrs dient die Einführung der PtL-Kraftstoffe im Flugverkehr ab 2030 allein der Aufrechterhaltung des internationalen Flugverkehrs. Alle übrigen Annahmen entsprechen dem KSG-Szenario.

5.3.2 Treibhausgasemissionen

In Abbildung 8 wird deutlich, dass fast alle THG-Emissionen des Verkehrs auf der Verbrennung von Mineralölprodukten beruhen. Emissionen aus anderen Energieträgern sind marginal. Dementsprechend sinken die Emissionen in den drei Szenarien in dem Maße, wie mineralölbasierte Kraftstoffe verdrängt werden: Während das Trend-Szenario 2045 noch etwa die Hälfte der Emissionen des Jahres 2025 aufweist, wird in den beiden anderen Szenarien 2045 die THG-Neutralität erreicht. Von den dargestellten Emissionen beruhen in allen Szenarien und in allen Jahren bis 2045 zwischen 88 % und 97 % auf dem Straßenverkehr. Die Rolle des Luftverkehrs bleibt klein, weil nur inländische Flüge mit bilanziert wurden. Der Schienenverkehr verkehrt überwiegend elektrisch (Emissionen der Stromerzeugung zählen zum Energiesektor), die Rolle der Binnenschifffahrt bleibt marginal.



Quelle: StLA Sachsen (2022), eigene Berechnungen.

Abbildung 8: Treibhausgasemissionen des Verkehrs nach Szenarien und Energieträgern in den Jahren 1990 und 2020 sowie nach Szenarien bis 2045 in Sachsen

5.3.3 Zielstrategien

Der Vergleich des Trend-Szenarios mit dem KSG-Szenario zeigt eine Umsetzungslücke im Verkehrssektor von etwa 2,9 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2045. Ausgehend von der Grundidee "vermeiden" (Ansatz bei der Verkehrsentstehung), "verlagern" (von motorisierten Straßenverkehrsmitteln zu effektiveren Verkehrsmitteln), "optimieren" (effizienter fahren, Routenwahl etc.), können folgende Zielstrategien wichtige Beiträge zum Schließen der festgestellten Umsetzungslücke leisten. Die Idee der **Verkehrseinsparung** geht die Verkehrsentstehung sehr grundsätzlich an und fokussiert sich auf den Wegfall und die Verkürzung von Wegen. Die **Verlagerung von Verkehr auf effizientere Verkehrsmittel** wird dort als Ziel verfolgt, wo die Verkehrsmittel des öffentlichen und des nichtmotorisierten Verkehrs (zusammenfassend oft als Umweltverbund bezeichnet) gefördert werden. Es bezieht sich auf die Veränderung des Modal Split beim Personenverkehr hin zum Rad- und Fußverkehr sowie zum öffentlichem Personennahverkehr (ÖPNV), beim Güterverkehr von Lkw und Luftfracht hin zu Bahn, Pipeline und Binnenschiff. Der **Antriebswechsel** von fossilen auf regenerative oder elektrische Antriebe oder ggf. Kraftstoffen auf Basis von grünem Wasserstoff wird in der öffentlichen Diskussion oft als "Antriebswende" bezeichnet. Diese Zielstrategie setzt bei den genutzten Fahrzeugen an und konzentriert sich auf die Verbreitung von Elektromotoren für Landverkehrsmittel aller Art. Daneben wird im Rahmen der Wasserstoffstrategie auch der Aufbau eines Netzes von Wasserstofftankstellen gefördert. Die **Optimierung der bestehenden Verkehrsmittel** zu mehr Effizienz kann auf unterschiedlichem Wege erfolgen, etwa durch kraftstoffsparende Fahrweise bei niedrigeren Geschwindigkeiten oder Informationssysteme zur Umfahrung von Staus.

Von zentraler Bedeutung für die Klimaziele ist die Geschwindigkeit, mit der die fossilen Kraftstoffe aus dem Markt verdrängt werden können (Antriebswechsel). Dabei steht der Straßenverkehr im Mittelpunkt, weil dieser alle Emissionen dominiert. Ebenfalls relevant für das Erreichen der Klimaziele sind Einsparungen von Verkehrsleistung sowie Veränderungen des Modal Split hin zu den nichtmotorisierten Verkehrsmitteln und zu den energieeffizienten Verkehrsmitteln des öffentlichen Verkehrs.

5.3.4 Einordnung der EKP-Maßnahmen

Der Schwerpunkt der EKP-Maßnahmen liegt in den Zielstrategien der Verkehrsverlagerung und der Verkehrsoptimierung (siehe im Anhang A 1.3 Tabelle 14). Zahlreiche Maßnahmen sind aber lediglich flankierend wirksam, oder ihre Wirksamkeit ist unsicher. Die Zielstrategie der Verkehrsverlagerung umfasst insbesondere Pull-Maßnahmen zugunsten des ÖPNV und des Radverkehrs, es fehlen jedoch Push-Maßnahmen zur gezielten Verminderung des Pkw-Verkehrs. Wenige Maßnahmen befassen sich mit der sehr wirksamen Zielstrategie des Antriebswechsels, wobei sich diese auf den Fuhrpark der Staatsregierung selbst konzentrieren. Auch die einzige Maßnahme zur Verkehrseinsparung betrifft die Staatsregierung selbst.

5.3.5 Vorschläge für weitere Maßnahmen

Die Empfehlungen zur Weiterentwicklung des EKP-Maßnahmenplanes beruhen auf den Zielstrategien der Verkehrseinsparung, der Verkehrsverlagerung sowie des Antriebswechsels. Wie sich bei der Szenarienmodellierung zeigte, kommt der Verkehrseinsparung als struktureller Maßnahme sowie insbesondere dem Ausstieg aus den fossilen Antrieben (Antriebswechsel) eine zentrale Rolle zu. Auch wenn der Freistaat Sachsen hier vielfach nur in Abstimmung mit dem Bund wirksam werden kann, werden nachfolgend doch Ergänzungen des EKP 2021 in diese Richtung empfohlen, um einen wirksameren Beitrag zum Erreichen des KSG-Szenarios zu leisten.

5.3.5.1 Maßnahmen zur Zielstrategie Verkehrseinsparung

- Durch Verwaltungsreform, Zentralisierung von Schulen, Praxisaufgabe ländlicher Hausärzte, Verdrängung kleiner Läden durch große Einkaufszentren etc. wurden die notwendigen Wege in den letzten drei Jahrzehnten meist verlängert. Es wird daher ein Dezentralisierungsprogramm empfohlen, um diesen Trend umzukehren. Sofern er nicht durch Verkehrsvermeidung lösbar ist (Beispiel: digitale Verwaltung), geht es darum, die zu erreichenden Standorte zu dezentralisieren (z. B. bei der Schulnetzplanung). Kernziel ist die Erreichbarkeit von Schulen, medizinischer Versorgung und Einkaufsmöglichkeiten des täglichen Bedarfs im Umkreis von 10 km für (fast) alle Einwohner. Dadurch ergeben sich zwei Effekte: Zum einen sinken Fahrleistungen, Energiebedarf und Emissionen der Pkw durch kürzere Wege, zum anderen werden etliche Wege so kurz, dass sie auch mit dem Fahrrad (oder E-Bike) erreichbar werden, sodass sich die Verkehrsmittelwahl verändert. Beide Effekte tragen zum Klimaschutz bei.
- Voraussichtlich werden zur Umsetzung Fördermittel benötigt, damit Dorfläden und Praxen im ländlichen Raum wirtschaftlich betrieben werden können. Zudem setzt das Programm eine Veränderung der Schulnetzplanung voraus, die in ländlichen Räumen das Prinzip der Mehrzügigkeit zugunsten kleinerer Schulstandorte aufgibt.

5.3.5.2 Maßnahmen zur Zielstrategie Verkehrsverlagerung

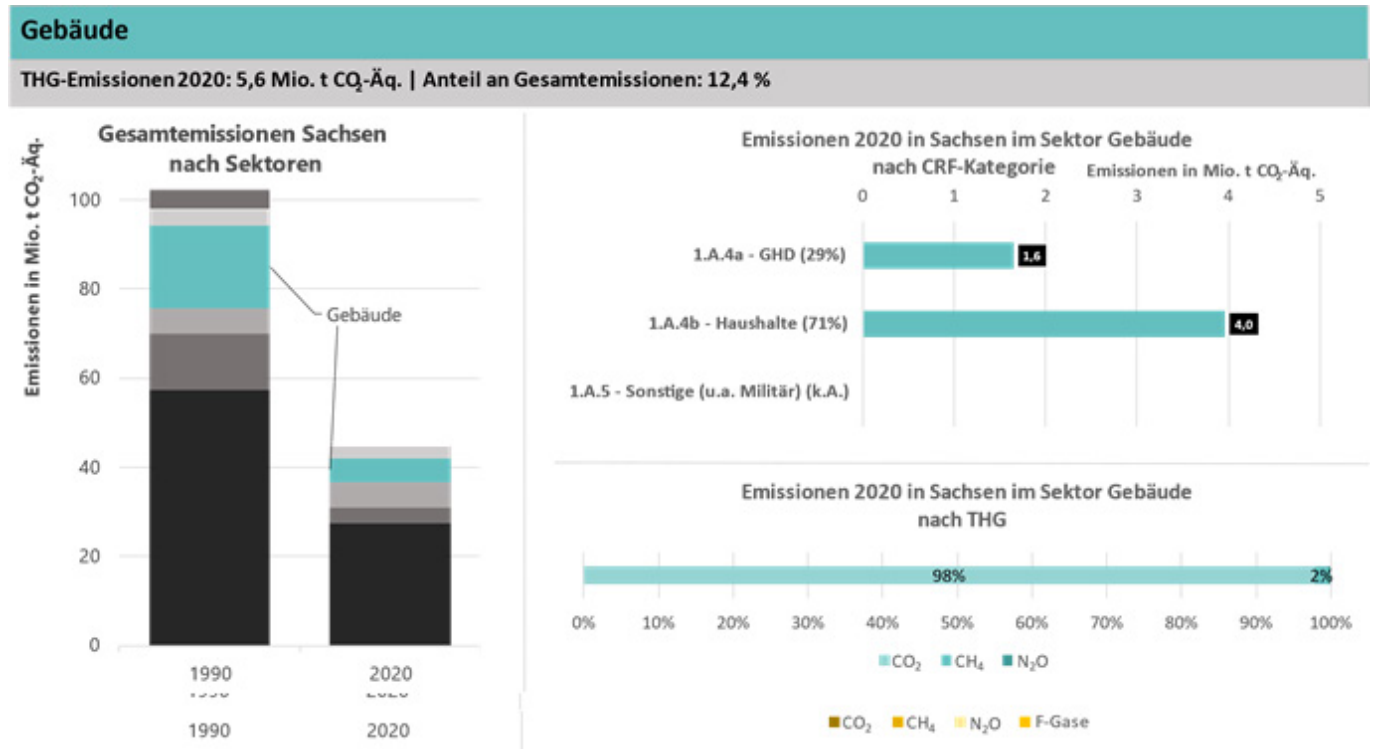
- Das bestehende Förderprogramm für den kommunalen Straßen- und Brückenbau benennt in Punkt 3 bereits den Vorrang von Erhaltungs- gegenüber Neubauinvestitionen. Vorgeschlagen wird, das Programm so zu modifizieren, dass Kommunen auch nicht-investive Maßnahmen für die Planung und Umsetzung nachhaltiger Verkehrskonzepte erhalten. Anstelle der gleichberechtigten Berücksichtigung aller Verkehrsarten sollte als neues Ziel die Verminderung des MIV-Anteils im Modal Split verankert werden. Dies betrifft z. B. die Straßenraumaufteilung, Parkraumbewirtschaftung oder andere Maßnahmen.
- Ein weiterer Vorschlag bezieht sich auf die Begrenzung des sehr energieintensiven Flugverkehrs: Der Freistaat Sachsen ist mit 77 % an der Mitteldeutsche Flughafen AG beteiligt. Diese finanziert auch Ausbauprojekte, die beispielsweise am Flughafen Leipzig/Halle dazu führen, dass ein weiteres Wachstum des Flugverkehrs möglich wird. Für den Flugverkehr ist bis 2045 jedoch noch keine voll regenerative Energieversorgung absehbar. Der Ausbau würde daher die Verbrauchsausweitung fossiler Kraftstoffe ermöglichen. Vorgeschlagen wird, alle Ausbaupläne, die dem Luftverkehr dienen, so lange zurückzustellen, bis der Luftverkehr vollständig auf der Grundlage regenerativer Kraftstoffe funktioniert.

5.3.5.3 Maßnahmen zur Zielstrategie Antriebswechsel

- Für die bestehenden Maßnahmen 1.19 und 1.20 wird vorgeschlagen, klare Fristen für das Auslaufen der verbliebenen Verbrenner-Kraftfahrzeuge (Kfz) zu setzen und beim Neukauf Verbrenner-Kfz nur noch in begründeten Ausnahmefällen zu beschaffen (z. B. Spezialfahrzeuge, die elektrisch noch nicht angeboten werden).
- Um den Bestand fossil betriebener Pkw schneller abzusenken, könnte der Freistaat Sachsen eine Prämie für die Stilllegung fossil angetriebener Pkw mit Verbrennungsmotor einführen (mit entsprechenden Nachweisen, dass keine Umgehungseffekte auftreten). Wichtig wären dabei eine Evaluierung und eine kontinuierliche Ausstattung mit Fördermitteln, um das Instrument kontinuierlich fortführen zu können.
- Für die bestehende ÖPNV-Finanzierungsverordnung (ÖPNVFinVO) wird vorgeschlagen, die Anschaffung von Bussen nur noch dann zu fördern, wenn diese keinen fossilen Antrieb aufweisen, also mit Strom oder Wasserstoff betrieben werden.

5.4 Gebäude

Mit THG-Emissionen in Höhe von 5,6 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2020 hat der Gebäudesektor einen Anteil von 12,4 % der Gesamtemissionen in Sachsen (siehe Abbildung 9). Dargestellt werden demnach nach internationaler Nomenklatur die CRF-Kategorien CRF 1.A.4a (Handel und Behörden, entsprechend dem GHD-Bereich) und CRF 1.A.4.b (Haushalte (HH)) sowie CRF 1.A.5 (sonstige Tätigkeiten im Zusammenhang der Verbrennung von Brennstoffen). Emissionen aus dem Militär (CRF-Kategorie 1.A.5) sind laut Bundes-KSG dem Gebäudebereich zuzuordnen, jedoch liegen hierfür keine Daten vor. Energieverbräuche der übrigen Verbraucher (CRF 1.A.5) sind dem GHD-Bereich zugeordnet.



Quelle: StLA Sachsen (2022), eigene Berechnungen.

Abbildung 9: Überblick Treibhausgasemissionen im Sektor Gebäude im Jahr 2020

5.4.1 Modellierungsannahmen

Entsprechend des BDEW-Regionalberichtes zum Heizungsmarkt in Sachsen (BDEW, 2019) wurde 2019 im Wohngebäudebereich in Sachsen noch zu einem Großteil von 80 % mit fossilen Wärmeerzeugern geheizt. Im Nichtwohngebäudebereich lag der Anteil fossiler Energieträger bei ca. 70 % (Hörner, 2021).

Im **Trend-Szenario** wird für Neubauten angenommen, dass der Anteil von Erdgasheizungen bis 2045 kontinuierlich auf 0 % sinkt. Ölheizungen werden im Wohngebäudebereich ab 2026 und im Nichtwohngebäudebereich ab 2024 nicht mehr eingebaut. Der Fernwärmeanteil im Wohngebäudebereich steigt auf 15 % und im Nichtwohngebäudebereich (NWG-Bereich) auf 28 %. Der Anteil von sonstigen Wärmeerzeugern (u. a. Geothermie, Umweltthermie und Strom) liegt im Jahr 2045 bei 71 % im Wohngebäudebereich und bei

58 % im NWG-Bereich. Für die energetische Sanierungsrate¹³ im Wohngebäudebereich wird angenommen, dass sich diese von 1,0 % (dena, 2019) auf ca. 1,4 % im Zeitraum 2040 – 2045 steigert. Gleichzeitig steigt auch die Sanierungstiefe, d. h. die prozentuale Reduktion des durch die energetische Maßnahme eingesparten Energiebedarfes, auf 36 %. Im NWG-Bereich wird eine Steigerung der Sanierungsrate von derzeit 0,6 % auf 1,0 % bei einer parallelen Steigerung der Sanierungstiefe auf 26 % im Zeitraum 2040 - 2045 angenommen. Die Wärmeerzeugeraustauschrate gibt an, in wie viel Prozent des Gebäudebestandes im Jahr Heizungssysteme ausgetauscht werden und bezieht sich hier lediglich auf die Umstellung fossil betriebener Heizungssysteme auf erneuerbaren Energien oder Strom basierte Systeme. Bei Wohngebäuden steigt diese bis zu den Jahren 2040 - 2045 auf ca. 4,0 %. Im NWG-Bereich ist die Wärmeerzeugeraustauschrate steigert sich die Austauschrate bis 2040 - 2045 auf 3,2 %. Für die Modellierung der Entwicklung von Emissionen aus Biomasse im Trend-Szenario diente der UBA-Projektionsbericht 2021 und die darin beschriebenen Entwicklungen als Referenzpunkt (UBA, 2022).

Im **KSG-Szenario** werden bei Wohngebäudeneubauten ab 2026 weder Erdgas- noch Ölheizungen eingebaut. Ölheizungen werden im NWG-Bereich bereits ab 2024 nicht mehr eingebaut.¹⁴ Bei Wohngebäuden steigt der Fernwärmeanteil im Neubau bis zum Jahr 2045 auf 16 %. Im NWG-Bereich liegt er wie im Trend-Szenario bei 28 %. Der Anteil an Solarthermie verdoppelt sich insgesamt bis 2045 gegenüber dem Trend-Szenario. Der Anteil von sonstigen Wärmeerzeugern liegt im Wohngebäudeneubaubereich bis zum Jahr 2045 bei 57 %. Bei NWG-Neubauten liegt der Anteil bei 54 %. Im Wohngebäudebereich wird zunächst eine wesentlich höhere Sanierungsrate als im Trend-Szenario angenommen (1,7 % im Zeitraum 2020 - 2030). Durch die deutliche Abnahme der absoluten Zahl an Sanierungen von Gebäuden, die noch einen fossilen Wärmeerzeuger haben, sinkt die Rate jedoch auf fast 0,0 % bis zum Jahr 2045. Die angenommene Sanierungstiefe ist für den Wohngebäudebereich etwa doppelt so groß wie im Trend-Szenario. Im NWG-Bereich steigt die Sanierungsrate auf 1,4 % im Zeitraum 2030 - 2040. Die durchschnittliche Sanierungstiefe steigt ab 2030 deutlich auf 60 %. Die Wärmeerzeugeraustauschrate steigt auf ca. 3,6 % bis 2030 - 2040. Da – ähnlich wie bei der Sanierungsrate – die absolute Zahl an Gebäuden, die noch mit fossilen Energieträgern beheizt werden, über die Zeit abnimmt, wird in den letzten fünf Jahren des betrachteten Zeitraumes eine Rate von durchschnittlich 0,8 % angenommen. Im NWG-Bereich steigert sich die Rate auf 2,4 % im Zeitraum 2030 - 2040. Wie bei den Wohngebäuden wird in den Jahren 2040 - 2045 eine niedrigere Rate (1,2 %) angenommen. Bezüglich Emissionen aus

¹³ Die Sanierungsrate gibt an, wie viel Prozent des Gebäudebestandes im Jahr (energetisch) saniert werden. In diesem Projekt bezieht sich die Sanierungsrate auf Sanierungsmaßnahmen, die an der Gebäudehülle (z. B. Dämmung und Fenstertausch) oder im Zusammenhang einer Heizungsmodernisierung vorgenommen werden, ohne dass ein Wechsel weg von fossilen Wärmeerzeugern stattfindet. Dämmmaßnahmen an Gebäuden mit erneuerbaren Energieträgern werden nicht betrachtet.

¹⁴ Diese Annahme wurde basierend auf dem Kenntnisstand zum Zeitpunkt der Erstellung der Szenarien Mitte 2023 getroffen und als plausibel eingestuft. Zu diesem Zeitpunkt sah die Novellierung des GEG noch ein Ölheizungsverbot ab dem 1.1.2024 vor (Bundesregierung, 2023, S. 122). Letztendlich wurde in der zum 1.1.2024 in Kraft getretenen GEG-Novelle beschlossen, dass Öl- und Gasheizungen ab 2024 und vor dem Eintreten einer kommunalen Wärmeplanung weiterhin eingebaut werden dürfen, jedoch nur, wenn sie bis 2029 mit 15 Prozent Biogas, blauem oder grünem Wasserstoff betrieben werden können (§ 71 Abs. 9 GEG). Dies schränkt den Einbau von mit Heizöl betriebenen Heizungen stark ein, sodass die Annahme auch nach Beendigung der Modellierung als weitestgehend plausibel einzuschätzen ist.

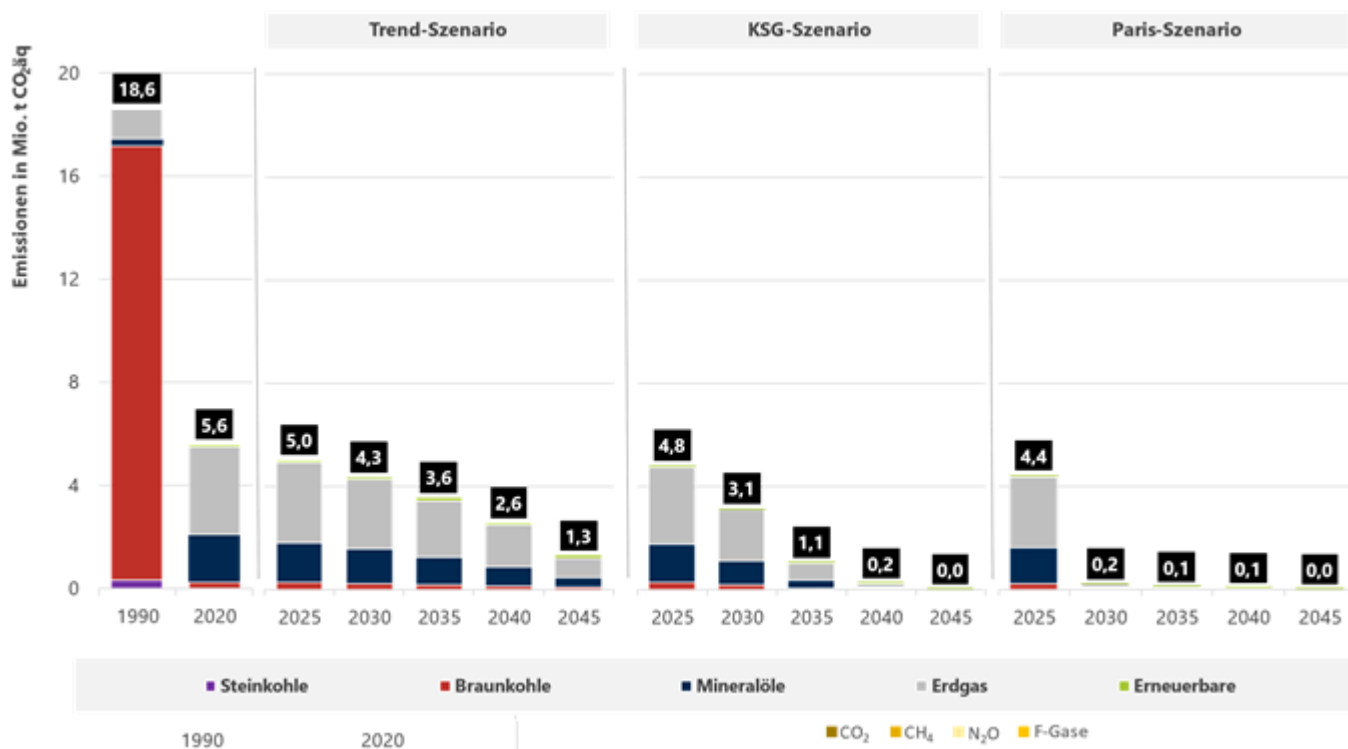
Biomasse wurden angenommene Sanierungs- und Wärmeerzeugeraustauschraten auf Gebäude übertragen, die mit Biomasse geheizt werden.

Im **Paris-Szenario** werden Erdgas- und Ölheizungen ab 2024 nicht mehr eingebaut. Die Sanierungsraten sind aufgrund der noch höheren Wärmeerzeugeraustauschraten auf erneuerbare Energieträger etwas geringer als im KSG-Szenario. Die Sanierungstiefe verdoppelt sich im Vergleich zum Trend-Szenario und liegt ab dem Jahr 2030 bei 65 %. Die Wärmeerzeugeraustauschraten liegen in den Jahren 2020 bis 2030 bei 6,4 %, damit fossile Wärmeerzeuger so schnell wie möglich ausgebaut werden. Bezüglich Emissionen aus Biomasse werden Einsparungen im Endenergieverbrauch durch Gebäudesanierung und Wärmeerzeugeraustausch bei fossilen Wärmeerzeugern auf Gebäude übertragen, die mit Biomasse geheizt werden.

In allen Szenarien wird auf Basis des UBA-Projektionsberichtes 2021 ein Klimaeffekt in Form von sinkenden Heizgradtagen auf die Endenergieverbräuche integriert. Wasserstoff wird in keinem der Szenarien zur Deckung des Wärmeenergiebedarfes eingesetzt. Für die Modellierung des Stromverbrauches für Haushaltsgeräte, zur Beleuchtung und zur Klimatisierung – als Stromnachfrage, die nicht zur Deckung des Energiebedarfes für Wärme bestimmt ist – dient der UBA-Projektionsbericht 2021 in allen Szenarien als Referenzpunkt (UBA, 2022). Die daraus resultierenden Emissionen werden im Energiewirtschaftssektor bilanziert.

5.4.2 Treibhausgasemissionen

Abbildung 10 veranschaulicht die resultierenden THG-Entwicklungspfade der drei Szenarien.



Quelle: StLA Sachsen (2022), eigene Berechnungen.

Abbildung 10: Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor nach Energieträgern für die Jahre 1990 und 2020 sowie nach Szenarien bis 2045 in Sachsen

Im Trend-Szenario wird erwartet, dass sich die THG-Emissionen gegenüber 2020 sukzessive um 22 % bis 2030, um 54 % bis zum Jahr 2040 und um 77 % bis zum Jahr 2045 reduzieren. Entsprechend ergeben sich im Trend-Szenario Restemissionen im Jahr 2045 von ca. 1,3 Mio. t CO₂-Äq. Allerdings entspricht dies nicht den Zielen des KSG, das wesentlich ambitioniertere Reduktionspfade vorsieht. Im KSG-Szenario sind die Emissionen bis 2030 bereits um 44 % gegenüber 2020 reduziert. Im Jahr 2040 liegt die Reduktion bei 96 %, was mehr als dem im Rahmen der Szenarioerstellung abgeleiteten Zielwert von -81 % entspricht. Dies ist notwendig, damit die Emissionen bis zum Jahr 2045 auf null reduziert werden können, sodass die Umsetzungslücke im Jahr 2045 bei etwa 1,3 Mio. t CO₂-Äq. liegt. Grundsätzlich zeigt die Szenarienmodellierung, dass die THG-Emissionen im Gebäudesektor im KSG-Szenario gegenüber dem Trend-Szenario bereits im Jahr 2030 um fast 30 % und im Jahr 2040 um 88 % reduziert werden müssen. Im Paris-Szenario reduzieren sich die THG-Emissionen bis zum Jahr 2035 um 98 % gegenüber dem Jahr 2020. Ab 2038 liegen die Emissionen fast bei null.

5.4.3 Zielstrategien

Der Vergleich des Trend-Szenarios mit dem KSG-Szenario zeigt eine Umsetzungslücke im Gebäudesektor von etwa 1,3 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2045. Um vom Entwicklungspfad des Trend-Szenarios auf einen KSG-konformen Weg zu kommen, gilt es vor allem, fossile Wärmeerzeuger im Gebäudesektor möglichst schnell zu reduzieren. Im Wohngebäudebereich muss zur **Substitution fossiler Wärmeerzeuger im Bestand** die Wärmeerzeugeraustauschrate bereits in den Jahren 2020 – 2030 gegenüber dem Trend auf ca. 3,1 % verdoppelt werden und auch in den Folgejahren bis 2040 weiter steigen. Auch für Nichtwohngebäude ist eine deutliche und sofortige Steigerung der Austauschrate auf nicht-fossile Wärmeerzeuger notwendig, um den KSG-Pfad einzuhalten. Ergänzend sollte der Verbrauch von sich noch im Gebrauch befindlichen mit fossilen Energieträgern betriebenen Heizgeräten durch **energetische Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle** gesenkt werden. Zu den typischen Sanierungsmaßnahmen gehören die Verbesserung der Gebäudedämmung und die Modernisierung von Heizungsanlagen (DIW, 2023). Im Rahmen der Modellierung wurde deutlich, dass die Sanierungsrate im KSG-Szenario im Vergleich zum Trend-Szenario insbesondere in den ersten Jahren des Untersuchungszeitraumes wesentlich höher sein muss (1,7 % gegenüber 1,0 % im Zeitraum 2020-2030). Gleichzeitig muss die Sanierungstiefe, d. h. der Umfang der energetischen Maßnahmen, deutlich steigen. Im KSG-Szenario ist die Sanierungstiefe im Wohngebäudebereich ab 2030 mehr als doppelt so hoch wie im Trend-Szenario. Ein ähnliches Bild zeichnet sich für den Nichtwohngebäudebereich ab. Eine weitere Zielstrategie ist das **Verbot von fossilen Wärmeerzeugern**. Im KSG-Szenario wird davon ausgegangen, dass spätestens ab dem Jahr 2026 keine fossil betriebenen Heizkessel (Gas oder Öl) mehr verbaut werden.

5.4.4 Einordnung der EKP-Maßnahmen

Ein Großteil der für den Gebäudesektor relevanten EKP-Maßnahmen konzentriert sich auf die Energieeffizienz öffentlicher Landesliegenschaften (Tabelle 15). Dies wird zunächst einmal der Vorbildrolle der öffentlichen Hand gerecht. Es fehlen aber insgesamt konkrete Zielvorgaben, bis wann und in welchem Umfang entsprechende Sanierungsmaßnahmen an den öffentlichen Gebäuden umgesetzt werden sollen. Zudem muss berücksichtigt werden, dass die Emissionen der landeseigenen Gebäude in Summe nur einen kleinen Teil des Endenergieverbrauches ausmachen und die Wirkung der Maßnahmen auf die Gesamtbilanz begrenzt sein wird. Zum anderen hat die Szenarienmodellierung gezeigt, dass der Austausch von fossilen Wärmeerzeugern hin zu nicht-fossilen Wärmeerzeugern die wesentlich relevantere Zielstrategie ist, um den Gebäudesektor bis 2045 klimaneutral zu bekommen. Mit Ausnahme der

Entwicklung eines Informationsportals Erdwärme gehen die meisten Maßnahmen diesen Aspekt nur wenig an. Dabei stellt das Informationsportal Erdwärme eine wichtige Grundlage für die kommunale Wärmeplanung dar.

5.4.5 Vorschläge für weitere Maßnahmen

Aufbauend auf der Analyse der EKP-Maßnahmen und der abgeleiteten Zielstrategien wurden drei wesentliche Maßnahmenbündel abgeleitet, mit denen der Maßnahmenplan zukünftig weiterentwickelt werden kann. Die Schlüsselkomponente für den Klimaschutz im Gebäudebereich besteht jedoch darin, die Heizsysteme konsequent und beschleunigt von fossilen Brennstoffen auf erneuerbare Energiequellen umzustellen.

5.4.5.1 Maßnahmen zur Zielstrategie Energieeffizienzerhöhung

- Nach dem GEG muss im Falle eines Verkaufes eines Ein- oder Zweifamilienhauses und bei größeren Sanierungen bereits ein informatorisches Beratungsgespräch zum Energieausweis geführt werden. Der Freistaat Sachsen kann diese Beratungspflicht erweitern. Es wird empfohlen, dass eine Energieberatungspflicht die obligatorische Erstellung individueller Sanierungsfahrpläne umfasst. Zudem kann eine entsprechende Vorschrift um weitere Auslöschungspunkte wie Dachsanierungen, Asbestsanierungen und Schimmelprobleme ergänzt werden.
- Bei der energetischen Sanierung von Gebäuden mit sehr alter Bausubstanz spielt der Denkmalschutz eine gewichtige Rolle. Es wird empfohlen, den Grundsatz, dass energetische Sanierungen und der Ausbau von erneuerbaren Energien dem Denkmalschutz nicht entgegenstehen, in die Leitlinien der obersten Denkmalschutzbehörde aufgenommen werden.
- Die bestehende Maßnahme 1.10 sieht vor, das Energiemanagement in ausgewählten Landesliegenschaften durch energetische Analysen und die Formulierung von Einsparmaßnahmen zu verbessern. Diese Maßnahme sollte auf alle Liegenschaften ausgeweitet werden.
- Um die Umsetzung von Energiemanagement in Kommunen und kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) zu fördern, werden seit Juli 2023 im Rahmen der FRL EuK bereits hierfür entstehende Personalausgaben unterstützend gefördert. Vorbehaltlich der Ergebnisse der vorgesehenen Halbzeitevaluierung empfiehlt sich eine Fortführung der Maßnahme ab dem Jahr 2027.
- Parallel dazu ist die Bereitstellung von Informationen und Bildungsmaßnahmen von großer Bedeutung. Ergänzend zu den existierenden Informations- und Beratungsangeboten der SAENA sind Maßnahmen notwendig, die dabei helfen, genügend Fachkräfte für die Gebäudemodernisierung zu qualifizieren. Hierzu kann die Förderung von Bildungsprogrammen oder eine Kampagne mit Ausbildungsbotschaftern dienlich sein.

5.4.5.2 Maßnahmen zur Zielstrategie Wärmeerzeugersubstitution

- Die geplante Novellierung der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) als das zentrale Förder- und somit Anreizinstrument im Gebäudebereich hat eine hohe Ambition in Bezug auf die Förderung energetischer Modernisierungen und Heizungstausche. Um die Effektivität und Reichweite der BEG-Förderung zu maximieren, sollten weitere Landeszuschüsse für den Heizungstausch durch die Verabschiedung entsprechender Förderrichtlinien als sinnvolle Ergänzung in Erwägung gezogen werden. Zum einen können im Nichtwohngebäudebereich, wo oftmals komplexe energetische Modernisierungen notwendig sind, ergänzende (Landes-)Zuschüsse den Anreiz zur Umsetzung solcher Maßnahmen verstärken. Aufgrund der mit dem Heizungstausch verbundenen kurzfristig notwendigen Investitionskosten können Zuschüsse zum anderen gezielt eingesetzt werden, um Hürden für einkommensschwache Haushalte zu verringern und ihnen den Zugang zum Wärmeerzeugeraustausch zu ermöglichen.

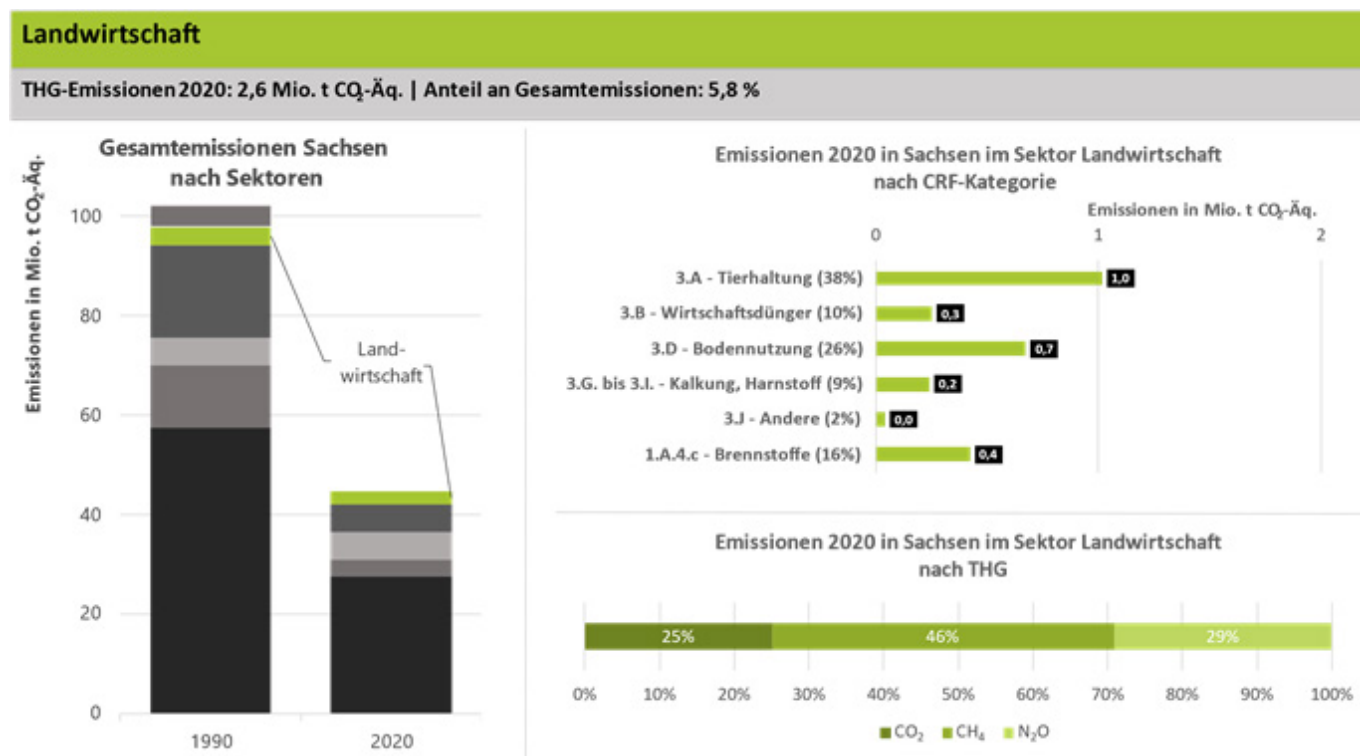
- Besondere Aufmerksamkeit erfährt auch die verstärkte Förderung energetischer Sanierungen von Gebäuden mit schlechtem Sanierungsstand. Auch hier kann der Freistaat Sachsen durch erhöhte Zuschüsse den Anreiz für einen Wärmeerzeugeraustausch stärken.
- Für einige der bestehenden Maßnahmen wird vorgeschlagen, deren Fokus stärker auf den Wärmeerzeugeraustausch zu legen (Maßnahmen 1.06, 1.07 und 6.04).

5.4.5.3 Maßnahmen zur Zielstrategie Verbot von fossilen Wärmeerzeugern

- Es wird empfohlen, die Länderöffnungsklausel nach § 9a GEG zu nutzen und eine sofort greifende Pflicht zur Nutzung von erneuerbaren Energien für nicht-öffentliche Gebäude im Rahmen eines Landesgesetzes zu erlassen, solange die Übergangsfristen des novellierten GEG noch gelten. Eine solche Vorschrift sollte sowohl den Bestand als auch den Neubaubereich einschließen.

5.5 Landwirtschaft

Die Landwirtschaft spielt in Sachsen eine bedeutende Rolle und nimmt mit 54 % die größte Flächenressource im Bundesland ein (LfULG, 2019). In Summe emittierte der Landwirtschaftssektor 2,6 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2020. Dies entspricht einem Anteil an den sächsischen THG-Emissionen von 5,8 % (siehe Abbildung 11). Methan entsteht dabei bei den Verdauungsprozessen der Nutztierbestände, CRF 3.A. Auf die Anwendung von Wirtschaftsdünger sind sowohl CH₄- als auch N₂O-Emissionen zurückzuführen (CRF 3.B). Lachgas, das aus der landwirtschaftlichen Bodennutzung entstammt, wird ebenfalls im Landwirtschaftssektor bilanziert (CRF 3.D). Zudem werden CO₂-Emissionen aus der Kalkung, Harnstoffanwendung und anderen kohlenstoffhaltigen Düngemitteln mit bilanziert (CRF 3G; CRF 3H; CRF 3I). Unter der Teil-Quellgruppe Andere (CRF 3.J) werden Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen (Fermenter und Gärrestlager) berichtet. THG-Emissionen aus der stationären und mobilen Feuerung (CRF 1.A.4.c) werden der KSG-Klassifikation folgend ebenfalls dem Landwirtschaftssektor zugeordnet.



Quelle: Vos et al. (2022), StLA Sachsen (2022), eigene Berechnungen.

Abbildung 11: Überblick Treibhausgasemissionen im Sektor Landwirtschaft im Jahr 2020

5.5.1 Modellierungsannahmen

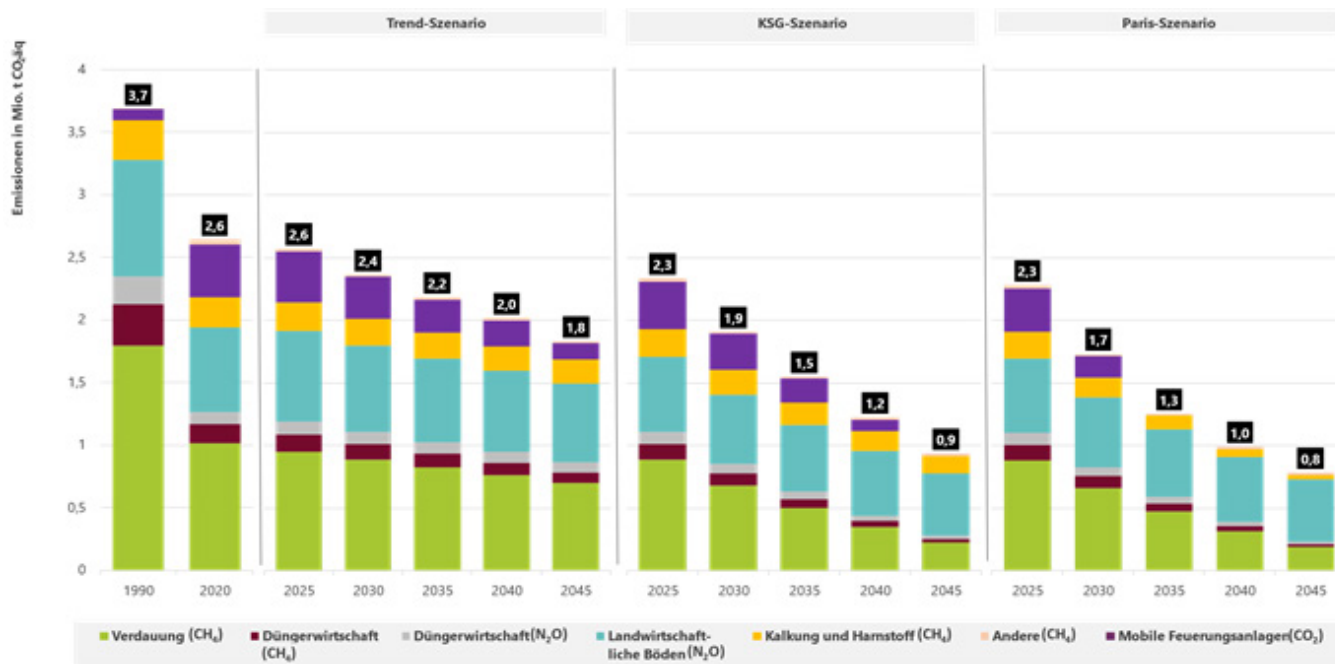
Die Emissionen aus der Tierhaltung hängen von Tierarten und Beständen ab. Im **Trend-Szenario** wird angenommen, dass sich der Milchkuhbestand um 73 % und der restliche Rinderbestand um 77 % im Jahr 2045 gegenüber 1990 reduziert. Für die landwirtschaftlich genutzte Fläche wird eine Flächenreduktion von fast 15 % zwischen 2020 und 2045 angenommen. Beim ökologischen Landbau wird eine Steigerung von 10 % auf 20 % bis 2030 angenommen, wodurch sich eine Verringerung des Mineraldüngereinsatzes um 34 % ergibt. Zudem wird angenommen, dass sich der Harnstoffeinsatz auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen Sachsens gegenüber 2020 um 48 % bis zum Jahr 2045 reduziert. Emissionen aus der Anwendung von Wirtschaftsdünger steigen bis 2030 um 24 % gegenüber 2020 an. Für die Wirtschaftsdüngerlagerung verlaufen die Emissionen in allen Szenarien direkt proportional zur Entwicklung des Tierbestandes. Bezüglich Emissionen aus dem Endenergieverbrauch für stationäre und mobile Feuerungsanlagen wurde die jährliche Änderungsrate für den Endenergieverbrauch für den Energieträger Diesel im Verkehrssektor aus dem UBA-Projektionsbericht übertragen und fortgeschrieben.

Im **KSG-Szenario** findet die Abstockung des Milchkuh- und Rinderbestandes doppelt so schnell wie im Trend-Szenario statt. Der Schweinebestand erfährt eine Abstockung um 10 % zwischen 2020 und 2040. Zudem wird angenommen, dass technologischer Fortschritt eine Emissionseinsparung um 40 % im Vergleich zu 1990 ermöglicht. Die Entwicklung der landwirtschaftlichen Fläche entspricht dem Trend-Szenario, allerdings steigt der Anteil des ökologischen Landbaus bis 2030 auf 30 %. Verbesserte Bodenbewirtschaftungspraktiken auf der gesamten landwirtschaftlichen Fläche ergeben zudem eine Emissionsminderung von durchschnittlich 90,75 kt CO₂-Äq./Jahr. Technische Maßnahmen für die Lagerung von Düngemitteln für den Einsatz auf landwirtschaftlichen Flächen ergeben eine Minderung von 50 % der CH₄- und N₂O-Emissionsminderung bis 2040. Die Harnstoffanwendung auf nicht-ökologisch genutzten Flächen geht um 30 % zwischen 2024 und 2040 zurück. Die Kalkung mit Kalzitanwendung nimmt mit der Entwicklung des ökologischen Landbaus ab. Darüber hinaus geht die Kalzitanwendung auf nicht-ökologisch genutzten Flächen um 20 % zwischen 2024 und 2040 zurück. Bei der Wirtschaftsdüngerlagerung wurde zusätzlich zum Trend-Szenario eine Emissionsminderung von 50 % der Gesamtlachgas- und Methanemissionen durch verbesserte Lagerungsbedingungen und Managementpraktiken angenommen. Für den Dieselverbrauch aus stationären und mobilen Feuerungsanlagen wird eine lineare Reduktion des Endenergiebedarfes auf Null bis zum Jahr 2045 angenommen.

Da die Viehhaltung nach der allgemeinen Berechnungsformel nicht zu CO₂-Emissionen, sondern nur zu anderen Treibhausgasen führt, die im Kohlenstoffbudget nach SRU nicht berücksichtigt werden, wurden die Annahmen aus dem KSG-Szenario für das **Paris-Szenario** übernommen. Die Entwicklung der landwirtschaftlichen Fläche entspricht ebenfalls der Annahme aus dem KSG-Szenario. Die Harnstoffanwendung auf nicht-ökologisch genutzten Flächen sinkt um 40 % und die Kalzitanwendung um 70 % zwischen 2024 und 2040. Der Endenergiebedarf aus Dieselverbrauch sinkt bereits im Jahr 2035 auf null. Die übrigen Annahmen entsprechen denen des KSG-Szenarios. Für die Entwicklung der Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen im Fermenter und Gärrestlager wird in allen drei Szenarien eine parallele Entwicklung auf Basis des UBA-Projektionsberichtes angenommen.

5.5.2 Treibhausgasemissionen

Abbildung 12 stellt die sich aus der Modellierung ergebenden Treibhausgasemissionen im Landwirtschaftssektor für die drei Szenarien dar.



Quelle: Vos et al. (2022), StLA Sachsen (2022), eigene Berechnungen.

Abbildung 12: Treibhausgasemissionen im Landwirtschaftssektor nach Emissionsquelle für die Jahre 1990 und 2020 sowie nach Szenarien bis 2045 in Sachsen

Im Trend-Szenario wird erwartet, dass sich die THG-Emissionen gegenüber 2020 um 11 % bis 2030, um 24 % bis zum Jahr 2040 und um 31 % bis zum Jahr 2045 reduzieren. Entsprechend ergeben sich im Trend-Szenario Restemissionen im Jahr 2045 von ca. 1,8 Mio. t CO₂-Äq. Für die Einhaltung der Reduktionsspfade des KSG-Szenarios muss dieser abnehmende Trend deutlich verstärkt werden. Im KSG-Szenario sind die Emissionen bis 2030 bereits um 29 % gegenüber 2020 reduziert. Im Jahr 2040 liegt die Reduktion bei 55 % und im Jahr 2045 entsprechen die abgeleiteten Restemissionen von ca. 0,9 t CO₂-Äq. in etwa der Hälfte der Emissionen aus dem Trend-Szenario und damit einer Minderung von 66 % gegenüber 2020. Im Paris-Szenario reduzieren sich die Emissionen bis 2045 um 70 % gegenüber 2020 und liegen bei 0,8 Mio. t CO₂-Äq.

5.5.3 Zielstrategien

Der Vergleich des Trend-Szenarios mit dem KSG-Szenario zeigt eine Umsetzungslücke von etwa 0,9 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2045. Aufgrund des hohen Anteils der Emissionen aus der Tierhaltung im Landwirtschaftssektor ist ein zentraler Ansatz zum Schließen der abgeleiteten Umsetzungslücke die **Abstockung des Tierbestandes**. Um die Emissionsziele des KSG zu erreichen, wäre eine Minderung des Rinder- und Milchkuhbestandes von 58 % bis 2045 im Vergleich zu 2020 nötig, während im Trend-Szenario von einer Reduktion von 40 % ausgegangen wird. Der Schweinebestand müsste um 25 % bis 2045 reduziert werden. Dabei ist die Nachfrage nach Fleisch- und Milchprodukten ein wichtiger Faktor für den Umfang der Tierhaltung. Um die Ausgasungen aus der Gülle-, Festmist- und Gärrestlagerung zu reduzieren, sind tech-

nische Möglichkeiten für die Abdichtung dieser Lager nutzbar (**Wirtschaftsdünger- und Gärrestlagerabdichtung**). Eine weitere Zielstrategie besteht darin, die **Praktiken der Bodenbearbeitung und Düngung zu verbessern**. Hierzu gehören die Präzisionslandwirtschaft, konservierende Bodenbearbeitung, Fruchtfolgen, die Reduktion des Düngemittleinsatzes sowie die Steigerung der Stickstoffeffizienz der Düngung. Eine weitere Zielstrategie ist der **Ausbau der ökologischen Landwirtschaft**. Um das KSG-Ziel zu erreichen, wurde eine Steigerung des Anteils von ökologisch bewirtschafteter Fläche auf 55 % anstelle von 30 % im Trend-Szenario angenommen. Da der land- und forstwirtschaftliche Verkehr vor allem durch den Schwerverkehr charakterisiert ist, ist für die Zielstrategie **Antriebswechsel** der Aufbau eines Netzes von PtL-Tankstellen für einen Umstieg weg von mit Dieselkraftstoffen betriebenen Maschinen notwendig. Gleichzeitig sind zunehmend auch Landmaschinen erhältlich, die mit elektrischem Strom aus Batteriespeichern betrieben werden können.

5.5.4 Einordnung der EKP-Maßnahmen

Insgesamt zeigt sich im EKP-Maßnahmenplan eine Zusammenstellung aus Maßnahmen, die vor allem indirekte Wirkungen auf Treibhausgasemissionen haben (siehe im Anhang A 1.3 Tabelle 16). Viele Maßnahmen im EKP-Maßnahmenplan zielen darauf ab, den Anteil ökologisch produzierender Betriebe weiter zu erhöhen. Diese Maßnahmen verfolgen jedoch dabei das primäre Ziel, regionale Wertschöpfungsketten zu stärken. Der Ausbau des ökologischen Landbaus selbst steht nicht im Mittelpunkt. Die Maßnahmen zum Ausbau der ökologischen Landwirtschaft im EKP-Maßnahmenkatalog konzentrieren sich zudem auf die Stärkung der ökologischen Nahrungserzeugung. Direkte Maßnahmen zur Verringerung des Tierbestandes oder zur Förderung des Stallumbaus, wie sie oft in der ökologischen Landwirtschaft betrieben werden, sind nicht explizit als Ansatz genannt. Hinsichtlich der Forschungsmaßnahmen im Bereich Nährstoffrückhalt und Nährstoffeffizienz fehlen konkrete Anreizsetzungen und Umsetzungsvorschläge zur Nutzung der gewonnenen Informationen.

5.5.5 Vorschläge für weitere Maßnahmen

Die Maßnahmenvorschläge folgen den Zielstrategien der Abstockung des Tierbestandes, der Wirtschaftsdünger- und Gärrestlagerabdichtung, der Verbesserung der Bodenbewirtschaftungsmethoden und Düngungseffizienz, dem Ausbau der ökologischen Landwirtschaft und dem Antriebswechsel bei land- und forstwirtschaftlichen Maschinen. Aufgrund des hohen Anteils der Emissionen aus der Tierhaltung an den Gesamtemissionen des Landwirtschaftssektors ist die Abstockung des Tierbestandes der effektivste Ansatz zur Reduzierung von THG-Emissionen, wobei das Land hierauf gleichzeitig nur geringen bzw. indirekten Einfluss ausüben kann.

5.5.5.1 Maßnahmen zur Zielstrategie Abstockung des Tierbestandes

- Öffentlichkeitswirksame Bewusstseinsbildung und Initiativen zu fleischarmer bzw. veganer Ernährung können indirekt auf die Reduzierung des Tierbestandes wirken.
- Die Abstockung der Bestände kann mit verschiedenen Verbesserungen und Optimierungen bei der Haltung kombiniert werden, die ihrerseits zu einer Reduktion der Emissionen führen können. Beispielsweise kann das Land mit Fördermaßnahmen die Umsetzung von emissionsärmeren Rinderställen (z. B. durch innovative Konzepte im Bereich der Harn-Kot-Trennung) unterstützen.

5.5.5.2 Maßnahmen zur Zielstrategie Wirtschaftsdünger- und Gärrestlagerabdichtung

- Verstärkung der finanziellen Unterstützung für die Abdeckung oder bauliche Veränderung von Gärrestlagern (im Rahmen des existierenden Förderprogrammes FRL AUK/2023, kofinanziert aus dem Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER)).
- Einrichtung von Beratungsmaßnahmen für landwirtschaftliche Betriebe zum Thema Wirtschaftsdünger- und Gärrestlagerabdichtung.

5.5.5.3 Maßnahmen zur Zielstrategie Verbesserung der Bodenbearbeitungsmethoden und Düngungseffizienz

- Die Ausweitung von Beratungsangeboten für landwirtschaftliche Betriebe dient der Ermöglichung einer betriebsspezifischen Optimierung. Diese Beratungen sollten nicht nur Empfehlungen zur Düngung beinhalten, sondern auch Ratschläge zur Verbesserung von Klima- und Energiebilanzen sowie zur Förderung von Humusbilanzen im Boden geben.
- Der Vollzug und damit die Wirkung der Düngeverordnung (DüV) kann über den Ausbau von Personal im Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) gestärkt werden.

5.5.5.4 Maßnahmen zur Zielstrategie Ausbau der ökologischen Landwirtschaft

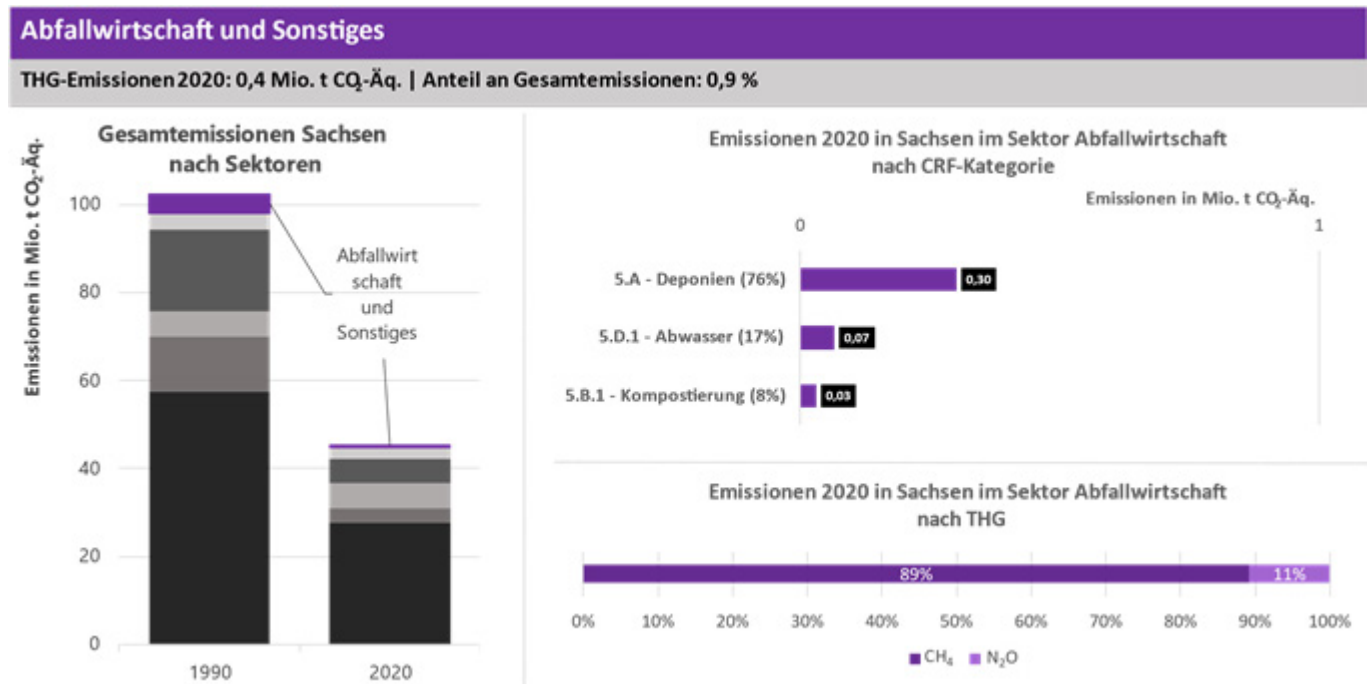
- Die Landespolitik kann ein konkretes Ziel für die Flächenanteile vorgeben, die als Ökolandbau betrieben werden sollen – analog zum Bundesziel von 30 % im Jahr 2030.
- Die Konversionsunterstützung hin zum Ökolandbau kann vom Land durch Beratung und gegebenenfalls weiteren finanziellen Anreizen unterstützt werden.
- Die Nachfrage nach Produkten aus dem regionalen Öko-Landbau sollte nicht zuletzt auch durch öffentliche Einrichtungen steigen. Programme zur Förderung von klimafreundlicher Ernährung für Privatpersonen, Restaurants und Großküchen können genutzt werden, um den Konsum nachhaltiger Lebensmittel zu unterstützen. Die Umstellung nicht nur der landeseigenen Großküchen, sondern auch von Schulen, Kindergärten und sozialen Einrichtungen auf vegetarische, vegane und ökologische Speisen kann durch geänderte Ausschreibungspraktiken oder die Anpassung der Landeskantinenrichtlinien angestrebt werden, wodurch eine Vorbildfunktion erzielt wird.

5.5.5.5 Maßnahmen zur Zielstrategie Antriebswechsel

- Die Einführung einer Förderprämie für die Stilllegung von fossil angetriebenen Maschinen und Fahrzeugen dient dem Antriebswechsel in der Land- und Forstwirtschaft, wenn im Gegenzug elektrisch oder mit PtL-Kraftstoffen betriebene Maschinen angeschafft werden.

5.6 Abfallwirtschaft und Sonstiges

Der Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges ist in der Gesamtbetrachtung der Sektor mit den niedrigsten Emissionen. Im Jahr 2020 betragen die THG-Emissionen aus der Abfall- und Abwasserwirtschaft 0,4 Mio. t CO₂-Äq. bzw. ca. 0,9 % der Gesamtemissionen in Sachsen (siehe Abbildung 13). Der KSG-Sektorzuordnung folgend werden im Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges Emissionen aus Lachgas und Methan der Quellkategorien Abfalldeponierung (CRF 5.A), biologische Behandlung von festen Abfällen (CRF 5.B), Abwasserbehandlung (CRF 5.D) und Sonstiges (CRF 5.E) betrachtet.



Quelle: LfULG (2022), eigene Berechnungen.

Abbildung 13: Überblick THG-Emissionen im Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges im Jahr 2020

5.6.1 Modellierungsannahmen

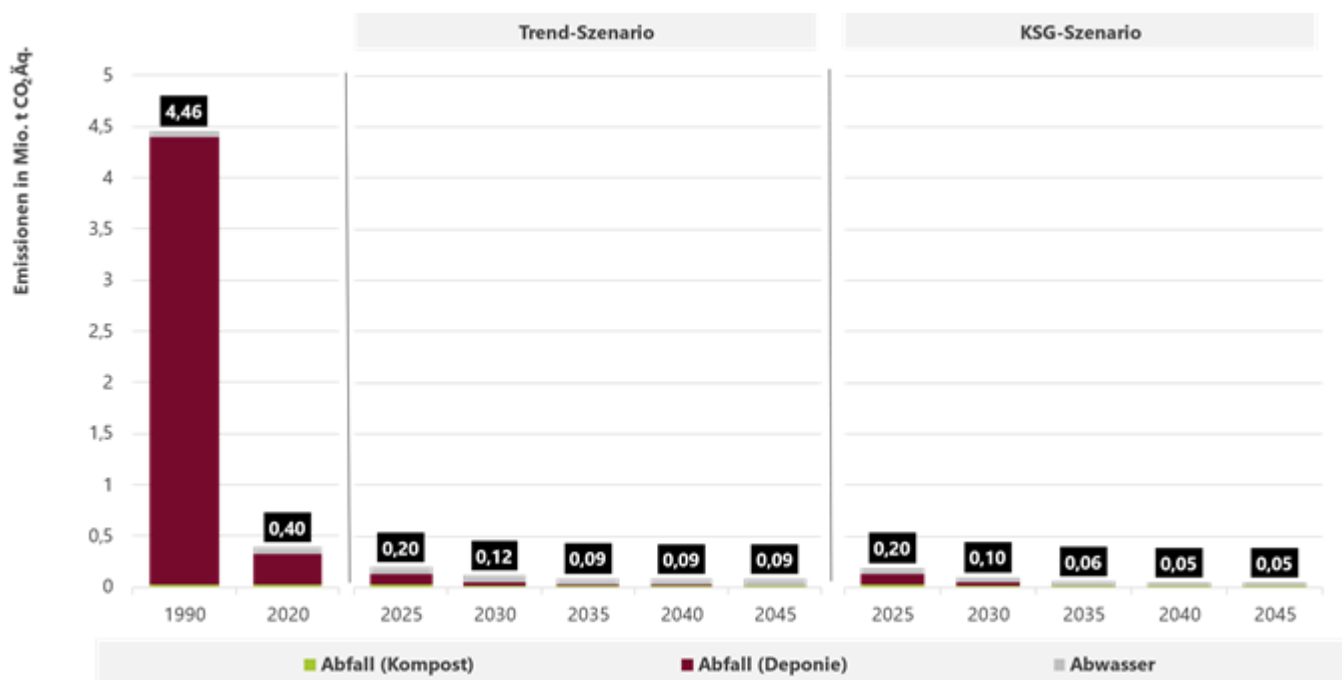
Im Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges stammen im Jahr 2020 die meisten THG-Emissionen in Form von Methanemissionen aus Deponien. Im **Trend-Szenario** wurde angenommen, dass CH₄-Emissionen aus Deponien, die auf bestehende anaerobe Abbauprozesse zurückzuführen sind, bis 2045 um 95 % gegenüber 2020 sinken. Darüber hinaus wurde angenommen, dass es durch Verbesserungen im Bereich der Gaserfassung und Deponiebelüftung sowie der Reduktion der organischen Anteile im Deponiegut zu einer Minderung der CH₄-Emissionen von jeweils 0,025 bzw. 0,05 Mio. t CO₂-Äq. pro Jahr kommt. Die Kompostierung von organischen Abfällen führt zur Freisetzung von CO₂, Methan und Lachgas (CO₂ wird nach KSG jedoch nicht bilanziert). Hierbei sind besonders die Abfallmenge und das Prozessmanagement entscheidend. Hinsichtlich der Kompostierung wurde angenommen, dass das biogene Abfallaufkommen und die damit verbundenen THG-Emissionen sich bis 2045 in etwa halbieren. In Kläranlagen werden Methan und Lachgas beim Abbau von organischen und stickstoffhaltigen Substanzen im Abwasser freigesetzt. Die Höhe dieser Emissionen wird besonders durch die Kläranlagentechnologie und -betriebsführung beeinflusst (Tauber, Krampe & Parravicini, 2023). Unter Einbezug der Bevölkerungsentwicklung wird angenommen, dass sich die Emissionen bis 2045 um 3 % reduzieren. Weitreichende technologische Entwicklungen werden laut dem UBA-Projektionsbericht im Bereich der Abwasserbehandlung nicht erwartet.

Im **KSG-Szenario** werden für die Entwicklung der CH₄-Emissionen aus Deponien die Annahmen aus dem Trend-Szenario übernommen. Der Minderungseffekt im Bereich der verbesserten Gaserfassung verdoppelt sich, wobei für das Jahr 2045 verbleibende Emissionen von 0,01 Mio. t CO₂-Äq. erwartet werden. Im Bereich der Kompostierung wird davon ausgegangen, dass sich die Menge biogener Abfälle pro Einwohner bis zum Jahr 2030 um 40 % gegenüber 2020 und um 50 % bis zum Jahr 2045 und damit stärker als im Trend-Szenario reduziert. Um das KSG-Ziel erreichen zu können, wird im Bereich der Abwasserbehandlung angenommen, dass sich die Methanemissionen durch verbesserte Kläranlagentechnologie und -betriebsführung ab dem Jahr 2040 um 33 % gegenüber 2020 senken lassen.

Anders als in den anderen Sektoren wurde für den Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges kein separates **Paris-Szenario** betrachtet, da in diesem Sektor nach KSG-Definition keine CO₂-Emissionen bilanziert werden.

5.6.2 Treibhausgasemissionen

Abbildung 14 fasst die Emissionsentwicklung für das Trend- und das KSG-Szenario im Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges zusammen. Im Trend-Szenario sinken die Emissionen gegenüber dem Jahr 2020 bis 2030 um 69 % auf ca. 0,12 Mio. t CO₂-Äq. und bis 2045 auf 0,09 Mio. t CO₂-Äq. Im KSG-Szenario sinken die Emissionen bis 2045 auf ca. 0,05 Mio. t CO₂-Äq.



Quelle: LfULG (2022), eigene Berechnungen. Daten für Methan-Emissionen aus Deponien und Altdeponierungen sind erst ab dem Jahr 2002 verfügbar.

Abbildung 14: Treibhausgasemissionen im Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges nach Emissionsquelle für die Jahre 1990 und 2020 sowie nach Szenarien bis 2045 in Sachsen

Mit Blick auf die Verteilung der Emissionen im Jahr 2020 wird deutlich, dass der größte Anteil der Emissionen aus Deponien stammt (ca. 75 %). Allerdings sinken die erwarteten Emissionen aus Deponien in dem Betrachtungszeitraum stark. Die Methan- und Lachgas-Emissionen aus der Abfallkompostierung sinken im Trend-Szenario von 0,03 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2020 auf 0,015 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2045. Im KSG-

Szenario sind die Emissionen nur unwesentlich geringer. Emissionen aus der Abwasserbehandlung machen ab 2025 sowohl im Trend- als auch im KSG-Szenario bis 2045 den größten Anteil aus. Im Trend-Szenario sinken diese Emissionen bis 2045 leicht auf 0,06 Mio. t CO₂-Äq. Im KSG-Szenario sinken die Emissionen etwas stärker auf 0,04 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2045.

5.6.3 Zielstrategien

Die Umsetzungslücke zwischen dem Trend- und dem KSG-Szenario beträgt 0,04 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2045. Das größte Potenzial zur Emissionsreduktion im Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges liegt in der Zielstrategie **Reduktion der organischen Abfälle**, um Emissionen aus der Kompostierung zu senken. So ist im KSG-Szenario eine Reduktion der organischen Ablagerungen von 40 % gegenüber 2020 bis 2030 im Vergleich zu 25 % im Trend-Szenario notwendig. Eine weitere Zielstrategie ist die **technische Aufrüstung in der Abwasserbehandlung**. Es wird erwartet, dass bis zu zwei Drittel der Methanemissionen durch verbesserte Methoden der Abwasserbehandlung reduziert werden können. Methanemissionen aus den Kläranlagen können durch die Vermeidung offener Schlammbehälter, die Behandlung entstehender Abluft und die Verringerung der Lagerdauer reduziert werden. Lachgasemissionen können durch Vermeiden von hohen Ammoniumkonzentrationen und eine möglichst hohe Stickstoffentfernung minimiert werden (Tauber et al., 2023).

5.6.4 Einordnung der EKP-Maßnahmen

Insgesamt sind sieben Maßnahmen im EKP-Maßnahmenplan identifiziert worden, die auf Treibhausgasemissionen wirken und dem Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges zugeordnet werden können (siehe im Anhang A 3.1 Tabelle 17). Diese Maßnahmen sind auf die Handlungsfelder Klimabewusste Landesverwaltung sowie Industrie und Gewerbe verteilt und betreffen ausschließlich den Abfall- und nicht den Abwasserbereich. Insgesamt drei dieser Maßnahmen haben im weiteren Sinne eine Wirkung hinsichtlich der Zielstrategie der Reduktion von organischen Abfällen. Hierzu gehören die Förderung von Abfallvermeidungs- und Abfallverwertungsstrategien durch den Ausbau der Kreislaufwirtschaft, die Integration energie- und klimapolitischer Ziele in den Abfallwirtschaftsplan sowie eine verstärkte Öffentlichkeitsarbeit zur Vermeidung von Lebensmittelverlusten. Maßnahmen zur Reduktion der Emissionen aus der Abwasserbehandlung fehlen.

5.6.5 Vorschläge für weitere Maßnahmen

Für eine Weiterentwicklung des EKP-Maßnahmenplanes im Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges werden mehrere Ansätze empfohlen, die hinsichtlich der abgeleiteten Zielstrategien Emissionen bei der Abwasserbehandlung reduzieren und das Abfallaufkommen verringern.

5.6.5.1 Maßnahmen zur Zielstrategie Reduktion der organischen Abfälle

- Für eine klimafreundlichere Behandlung der Abfälle ist die Abfalltrennung wichtig. Zur Steigerung des Bewusstseins für die richtige Nutzung der Biotonne und in Ergänzung zu bestehenden Kommunikationskampagnen können zusätzliche Informationskampagnen für die korrekte Trennung des Grünabfalles die optimale Verwertung des Abfalles erhöhen.
- Es bietet sich zudem die Möglichkeit, bestehende Beratungsangebote im Bereich der Abfalltrennung weiter auszubauen und Initiativen in Schulen und an Arbeitsplätzen zu verstärken.
- Auch die Vernetzung von Kompostwirtschaft und Ökolandbau durch die Schaffung regionaler Netzwerke zur verstärkten Kompostverwertung im Ökolandbau ist ein vielversprechender Ansatz. Der Einsatz von organischen Siedlungsabfällen als Dünger in der Landwirtschaft führt dabei zur Verringerung des Einsatzes herkömmlicher Düngemittel. In der Folge können die Emissionen durch herkömmliche

Düngemittel im Landwirtschaftssektor gesenkt werden. Dieser Ansatz zielt darauf ab, organische Abfälle sinnvoll zu nutzen und gleichzeitig die Emissionen in der Landwirtschaft zu reduzieren.

- Darüber hinaus kann das Land auf die unteren Abfall- und Bodenschutzbehörden einwirken, Verstöße gegen rechtliche Vorgaben zur Abfallvermeidung wie die Mehrwegangebotspflicht nach § 33 Verpackungsgesetz (VerpackG) konsequent zu ahnden.

5.6.5.2 Maßnahmen zur Zielstrategie technische Aufrüstung in der Abwasserbehandlung

- Die verstärkte Nutzung der Strom- und Wärmeerzeugungspotenziale von Kläranlagen, die technische Aufrüstung von Kläranlagen mit anaeroben Stabilisierungsprozessen und die Einrichtung von semi-zentralen Schlammbehandlungszentren (SBC) sind entscheidende Schritte zur Optimierung der Abwasserbehandlung und zur Förderung einer nachhaltigeren Energiegewinnung. Hierfür kann der Freistaat entsprechende Förderprogramme aufsetzen, um die Umstellung von Kläranlagen zu unterstützen.

6 Natürliche Senken (LULUCF) und technische Senken

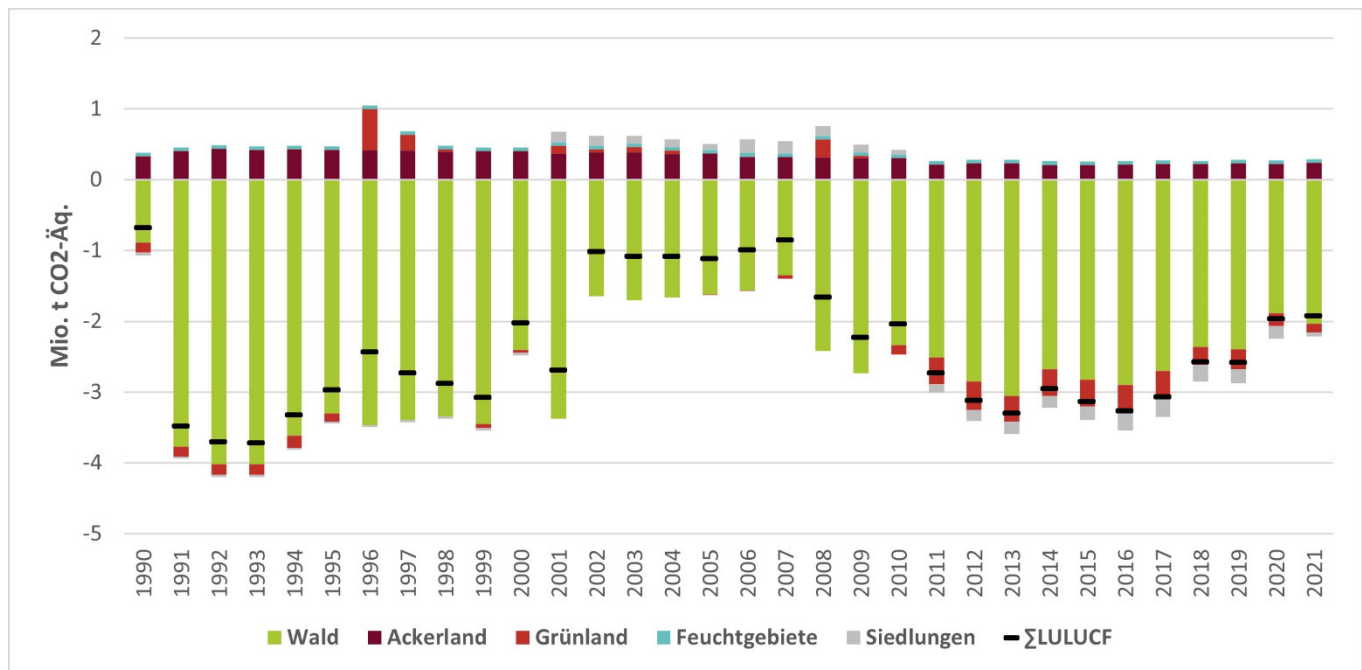
6.1 LULUCF

Im LULUCF-Sektor werden anthropogen verursachte Treibhausgasemissionen berichtet, die infolge von Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft auftreten. Dabei werden Emissionen an Kohlenstoffdioxid, Methan und Lachgas in den Landnutzungskategorien Wald, Ackerland, Grünland, Feuchtgebiete, Siedlungen und Sonstiges Land inventarisiert. Anders als in den übrigen sechs Sektoren kann der LULUCF-Sektor sowohl als Quelle (Freisetzung von Emissionen) von Treibhausgasen als auch als Senke (Kohlenstoffsequestrierung äquivalent zu negativen Emissionen) wirken. Durch die Art der Landnutzung wirkt der Mensch dabei aktiv auf die Emissionen im LULUCF-Sektor ein.

6.1.1 THG-Quellen und -Senken im LULUCF-Sektor nach Landnutzungskategorien

Für den Freistaat Sachsen stellt das Thünen-Institut im Jahr 2021 eine Senkenwirkung für den LULUCF-Sektor fest. Die Netto-Emissionen infolge von Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft betragen immer noch 1,9 Mio. t CO₂-Äq. (Thünen-Institut, 2023 auf Anfrage). Allerdings deutet der mehrjährige Trend der letzten Jahre wie auf Bundesebene in Sachsen auf eine Abnahme der Senkenleistung des Sektors hin. Für einen ersten Überblick der Emissionen aus den verschiedenen Quellen und Senken im LULUCF-Sektor weist Abbildung 15 diese nach Landnutzungskategorien aus. Negative Emissionen, also Senken, werden dabei unterhalb der x-Achse aufgetragen. Im Zeitverlauf zeigt sich, dass es zwischen den Jahren durchaus zu starken Variationen der Netto-Emissionen kommt. Die Variation hängt vor allem mit den Netto-Emissionen aus dem Wald zusammen, die maßgeblich durch die Kohlenstoffvorräte der Waldbiomasse beeinflusst werden. Auf diese haben u. a. Nachfrageschwankungen nach Holz sowie extreme Witterungsereignisse und damit zusammenhängende Kalamitäten (z. B. Waldbrände, Borkenkäferbefall) einen Einfluss.

Im Jahr 2021 lagen die (negativen) "Emissionen" der Landnutzungskategorie Wald bei -2,0 Mio. t CO₂-Äq. und tragen damit den wesentlichen Teil zu den natürlichen Senken in Sachsen bei. Weitere Senken sind die Landnutzungskategorie Grünland mit -0,1 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2021 sowie in sehr geringem Umfang in manchen Jahren die Siedlungsflächen (-0,06 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2021). Positive Netto-Emissionen entstehen hauptsächlich aus den landwirtschaftlich genutzten Flächen der Landnutzungskategorien Ackerland (0,24 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2021). Die meisten Emissionen entstehen den Daten zufolge dabei bei der Umwandlung von Grünland in Ackerland (90 %). Feuchtgebiete sind ebenfalls als Quelle bilanziert (0,05 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2021), was in Sachsen laut der Daten vor allem auf Methanemissionen aus künstlichen Gewässern zurückzuführen ist. Innerhalb der Kategorie Feuchtgebiete wirkt die Unterkategorie der terrestrischen Feuchtgebiete, zu denen wenig drainierte und naturnahe Moore gehören, als Senke mit Netto-Emissionen von -0,002 Mio. t CO₂-Äq. Ob eine Landnutzungskategorie Treibhausgase freisetzt oder einbindet, ist dabei zunächst unabhängig von der Landnutzungskategorie selbst, sondern hängt u. a. von der Art der Nutzung ab, die dazu beiträgt, ob eine Kategorie in der Netto-Summe als Quelle oder Senke fungiert.



Quelle: Thünen-Institut (2023).

Abbildung 15: Treibhausgas-Quellen und -Senken im LULUCF-Sektor nach Landnutzungskategorien für die Jahre 1990 bis 2021 in Sachsen

6.1.2 Einschätzung der Datengrundlage und Unsicherheiten

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die Erfassung und Bilanzierung von Emissionen im LULUCF-Sektor sehr komplex sind. Viele Datenerhebungsprozesse und Messungen finden oftmals nicht jährlich, sondern nur in größeren Zeitabständen statt. Dadurch zeigen sich Veränderungen in der Landnutzung erst zeitversetzt in der Treibhausgasbilanzierung (UBA, 2022, S. 39). Die komplexen und in größeren Zeitabständen vorgenommenen Datenerhebungen haben auch zur Folge, dass quantitative Projektionen für den Sektor LULUCF nur eine geringe Validität und Aussagekraft besitzen. Eine der Herausforderungen besteht dabei in den unterschiedlichen Definitionen der einschlägigen Landnutzungskategorien. Neben den Unsicherheiten bezüglich der Größe der Flächen ist die Validität der angewendeten Emissionsfaktoren eine weitere Quelle für die statistische Unsicherheit der berichteten Werte. Aus Sicht des Thünen-Instituts ist Letzteres der relevantere Unsicherheitsfaktor. Die länderspezifisch vorliegenden Bilanzierungen des LULUCF-Sektors basieren zwar in zunehmendem Maße, aber dennoch erst zum Teil auf regionalisierten Emissionsfaktoren. In vielen Fällen aber muss das Thünen-Institut momentan noch mit gewichteten Emissionsfaktoren rechnen, die auf Bundesdurchschnitten basieren. Daher ist die Validität mit Blick auf die regionalen Daten nicht vollends gegeben.

6.1.3 Zielstrategien

Im Folgenden werden einige Optionen zur Verminderung von Bodenmineralisation und zur Erhöhung biologischer Senkenwirkungen entlang der verschiedenen Landnutzungskategorien diskutiert. Um die Senkenwirkung des Waldes zu erhalten, müssen die Wälder von den bestehenden (Nadel-)Wäldern in **resilientere Mischwälder umgewandelt und Waldflächen neu angelegt** werden. Eine Herausforderung in diesem Zusammenhang ist der Umbau von Wald, der sich in Privatbesitz befindet. In Sachsen trifft dies auf ca. 45 % der Waldfläche zu, die sich auf ca. 85.000 Privatpersonen verteilt, von denen ca. die Hälfte

Flächen von weniger als einem Hektar besitzt (SMEKUL, 2022, S. 21).¹⁵ Ein weiterer Aspekt zur Bewahrung der Senkenleistung des sächsischen Waldes ist eine naturnahe, nachhaltige Waldwirtschaft. Um die Holzentnahme zu reduzieren, ist eine Kaskadennutzung für Holzprodukte wichtig, bevor es energetisch verwertet wird. Um die Speicherung von Kohlenstoff im Boden und einen höheren Humusgehalt im Boden zu ermöglichen, sind zwei Maßnahmen für die Zielstrategie einer **kohlenstoffbewahrenden Bodenbewirtschaftung von Ackerböden** wesentlich: Die ausreichende Zufuhr an organischer Substanz (beispielsweise durch den Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten oder den Verbleib von Ernteresten auf dem Acker) sowie die Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität (Öko-Institut, 2021, S. 24). Die Senkenleistung von Grünland hängt stark vom Bodentyp, den Bewirtschaftungspraktiken und den Umweltbedingungen ab. Generell führt die Umwandlung von Grünland in Ackerland aber zu einer schnellen Freisetzung von vormals gespeichertem Kohlenstoff. Der **Erhalt von Grünland** spielt daher eine maßgebliche Rolle für den Klimaschutz. Dabei ist die Neuanlage von Grünland als Ausgleich für umgewandeltes Grünland in Bezug auf Klimaschutz nicht ausreichend. Zudem sollte Grünland nicht nur erhalten werden, sondern zusätzlich **Ackerfläche in Grünland bzw. Waldfläche umgewandelt** werden. Vor allem naturnahe Auenflächen in Form von Auengrünland, Flusstalmooren oder Auwald können zur Aufnahme und Festlegung von Kohlenstoff aus der Luft beitragen. Aufgrund von Entwässerung können sie aber auch zu Kohlenstoff-Quellen werden (Scholz et al., 2012). Wo immer es möglich ist, sollten **naturnahe Fließgewässer und Auen daher bewahrt oder wiederhergestellt** werden. Wichtig sind in diesem Zusammenhang weiterhin auch die Betrachtung und Minimierung der CO₂-Emissionen aus anderen Gewässern wie Fischteichen, Badeseen etc. Unter ungestörten Umständen sind Moore Ökosysteme, die Kohlenstoff kontinuierlich und langanhaltend in bedeutsamen Mengen speichern (Drösler et al., 2011). Gleichzeitig verursachen insbesondere entwässerte und genutzte Moore trotz ihrer flächenbezogen vergleichsweise geringen Bedeutung in Sachsen substanzielle Treibhausgasemissionen. Durch **Wiedervernässungs- und Schutzmaßnahmen von Mooren** können diese in einen naturnäheren bzw. klimafreundlicheren Zustand entwickelt werden. Flächeninanspruchnahme ist die Umwandlung von landwirtschaftlichen oder naturbelassenen Flächen in Siedlungs- und Verkehrsflächen (SMEKUL, 2023b). Dabei schwindet durch die Umwandlung von u. a. Waldgebieten und Grünland in zum Teil versiegelte Siedlungs- und Infrastrukturflächen die Senkenwirkung dieser Landnutzungskategorien. Zuvor gespeicherter Kohlenstoff wird teilweise in Form von CO₂ freigesetzt. Aus diesem Grund wird als Zielstrategie empfohlen, die **Flächeninanspruchnahme zu reduzieren und Entsiegelungsmaßnahmen zu ergreifen** (Klingenuß et al., 2019, S. 26).

6.1.4 Einordnung der EKP-Maßnahmen

Dem Bereich der Landnutzung und Landnutzungsänderung wurden 26 EKP-Maßnahmen zugeordnet (siehe im Anhang A 1.3 Tabelle 18). Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Analyse der Zielstrategien der EKP-Maßnahmen darauf schließen lässt, dass die Bedeutung des natürlichen Klimaschutzes erkannt worden ist. Die Integration von Monitoring- und Schutzmaßnahmen, die Förderung des Waldumbaus sowie die Berücksichtigung von weiteren Landnutzungsformen unterstreichen eine vielseitige Strategie zum Erhalt natürlicher Senken in Sachsen. Die Verbesserung der regionalisierten Datenerhebungen und Monitoringmaßnahmen ist wichtig, um der regionalen Variabilität der Aktivitäts- bzw. Bodenflächen und den entsprechenden Emissionsfaktoren im Rahmen der LULUCF-Emissionsbilanzierung gerecht zu

¹⁵ Daneben existieren als Eigentumsformen Körperschaftswald (8,3 %), Bundeswald (4,1 %) und Kirchenwald (2,0 %).

werden. Gleichzeitig haben Monitoring-Maßnahmen selbst noch keine senkende THG-Wirkung an sich. Die Untersuchung der EKP-Maßnahmen im LULUCF-Sektor und der Abgleich mit den gelisteten Zielstrategien zeigt aber, dass grundsätzlich alle wesentlichen Zielstrategien angegangen werden. Allerdings bleiben in den meisten Fällen konkrete Flächenziele offen.

6.1.5 Vorschläge für weitere Maßnahmen

Für das Einschlagen eines KSG-konformen THG-Entwicklungspfads sind die Tiefe, Ambition und der Umfang von Maßnahmen relevant. Eine wichtige generelle Strategie ist daher, die existierenden Maßnahmen und Bemühungen zu verstärken. Des Weiteren hat der im Rahmen dieses Projektes durchgeführte Austausch mit dem Thünen-Institut zur LULUCF-Berichterstattung gezeigt, dass es noch landesspezifische Daten (sowohl zu regionalisierten Emissionsfaktoren als auch Aktivitätsdaten) benötigt, um die THG-Bilanzierung auf Bundeslandebene sukzessive zu verbessern (siehe hierzu die Diskussion zur Datengrundlage in Abschnitt 6.1.2). Daher wird empfohlen, in Zusammenarbeit mit dem Thünen-Institut Datenbedarfe zur Verbesserung der LULUCF-Berichterstattung zu identifizieren. Bezüglich der Monitoring-Aktivitäten des Freistaates Sachsen fehlt es momentan zudem an einem regelmäßigen Monitoring-Programm, um Einflussgrößen auf die C-Bindung in Abhängigkeit von unterschiedlichen Landnutzungssystemen besser zu quantifizieren. Hierzu führt das LfULG derzeit das Vorhaben "Vorstudie für ein C-Monitoring der Böden relevanter Landnutzungssysteme" durch. Auf Basis der Ergebnisse der Vorstudie zum C-Monitoring wird empfohlen, ein C-Monitoring Böden relevanter Landnutzungssysteme aufzubauen.

6.1.5.1 Maßnahmen zur Zielstrategie Waldneuanlage und -umbau

- Grundsätzlich zielen die bestehenden EKP-Maßnahmen bereits ganz im Sinne der Zielstrategie für die Landnutzungskategorie Wald darauf ab, die Senkenleistung des Waldes als größte Senke zu bewahren und auszubauen. Es wird aber empfohlen, klare Zielvorgaben für bestehende Maßnahmen zu setzen und bereits bestehende Vorgaben zu erhöhen.
- Nicht explizit im EKP-Maßnahmenplan enthalten ist die Förderung von Ausbildungs-, Fortbildungs- und Beratungsmaßnahmen für private Waldbesitzende. Dabei kann beispielsweise eine Förderung der Erstellung von standortspezifischen Klimarisikogutachten den Waldbesitzenden Informationen darüber liefern, wie sich die sich ändernden klimatischen Bedingungen auf ihren Wald auswirken könnten. Mit Blick auf das Spannungsfeld zwischen naturschutzfachlichen Anforderungen und Verfahren zur sicheren Holzernte in Schutzgebieten kann ein Förderprogramm für Beratungsmaßnahmen für die Arbeit in Schutzgebieten aufgestellt werden.
- Weitere Finanzierungsmöglichkeiten, wie beispielsweise eine Walderhaltungsabgabe in Kombination mit einem erhöhten Ausgleichsfaktor und die Inwertsetzung der Senkenleistung des Waldes, könnten geprüft werden (MEKUN SN, 2023).

6.1.5.2 Maßnahmen zur Zielstrategie kohlenstoffbewahrende Bodenbewirtschaftung von Ackerböden

- Die bestehenden Förderrichtlinien sollten daraufhin überprüft werden, ob sie die richtigen Anreize für eine kohlenstoffakkumulierende Bodenbewirtschaftung setzen.
- Neben der Überprüfung und Neuausrichtung der bestehenden Fördertatbestände kann auch in Erwägung gezogen werden, zusätzlich CO₂-Prämien für die nachgewiesene und (möglichst) dauerhafte Bindung von CO₂ in Böden auszuloben. Der Aufbau eines entsprechenden Förderprogrammes für Humuserhalt und -aufbau auf Basis eines Online-Tools wird derzeit beispielsweise von der Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft entwickelt und erprobt. Dabei ist zu beachten, dass eine dauerhafte Speicherung des Kohlenstoffes vor allem in Agrarböden nicht zu gewährleisten ist, weshalb ein langfristiger Beitrag zum Klimaschutz durch eine solche Maßnahme nicht zwingend gegeben ist (DNR, 2023). Aus

diesem Grund wird empfohlen, in einem ersten Schritt und in Vorbereitung auf die sich derzeit im europäischen Gesetzgebungsverfahren befindliche EU-Verordnung zur CO₂-Entnahme (Carbon Removal Certification Framework - CRCF) ein entsprechendes Forschungs- und Entwicklungsvorhaben durchzuführen.

6.1.5.3 Maßnahmen zur Zielstrategie Erhalt von und Umwandlung in Dauergrünland

- Für die bereits existierende Fördermaßnahme des EKP-Maßnahmenplanes im Bereich der Zielstrategie Umwandlung von Dauergrünland (Maßnahme 7.20) wird empfohlen, diese um konkrete (quantitative) Zielvorgaben zu ergänzen.

6.1.5.4 Maßnahmen zur Zielstrategie naturnaher Wasserhaushalt

- Der Freistaat Sachsen kann dem Beispiel Baden-Württemberg folgen und natur- und klimaschutzwichtige Flächen erwerben, um diese im Anschluss fortlaufend zu bewirtschaften und weiterzuentwickeln (MF BW, 2023).

6.1.5.5 Maßnahmen zur Zielstrategie Wiedervernässung und Schutz von Mooren

- Der Freistaat Sachsen kann seinen Handlungsspielraum im Bereich der Raumordnung und Landesplanung verstärkt zur Ausweisung von Vorranggebieten für Klimaschutz auf Moorböden nutzen.
- Ähnlich wie im Bereich der Zielstrategie naturnaher Wasserhaushalt kann der Freistaat Sachsen natur- und klimaschutzwichtige Flächen auch zur Renaturierung von Mooren erwerben.

6.1.5.6 Maßnahmen zur Zielstrategie Reduktion der Flächenneuanspruchnahme und Stärkung von Entsiegelungen

- Im Bereich der Flächenausweisung sollte das Land bereits vorgesehene Evaluierung und Überarbeitung von Grundsätzen und Zielen der Regional- und Flächenplanung im Hinblick auf Flächensparen vornehmen. In diesem Zusammenhang können zusätzlich konkret mehr Landschaftsschutzgebiete ausgewiesen werden. Den Kommunen können stärkere Grenzen bezüglich der Neuausweisung von Siedlungsfläche durch eine entsprechende Rahmensetzung im Landesentwicklungsplan (LEP) gesetzt werden.

6.2 Technische Senken

Die weltweit und auch in Sachsen angestrebte Treibhausgasneutralität bedeutet, dass ein Gleichgewicht zwischen Emissionen und ihrem Abbau durch Senken (Netto-Null-Emissionen) erreicht wird. Nach dem ÜvP soll die globale Erwärmung auf "deutlich unter" zwei Grad Celsius gegenüber der vorindustriellen Zeit begrenzt werden. Damit das Temperaturziel des ÜvP erreicht werden kann, müsste der Höhepunkt der globalen CO₂-Emissionen spätestens 2025 erreicht worden sein. Danach müssten die CO₂-Emissionen wieder sinken. (IPCC, 2018)

Weil das so vermutlich nicht erfolgen wird und um künftige Restemissionen auszugleichen sowie der Begrenzung der natürlichen Senkenleistung zu begegnen, wird langfristig der Einsatz von technischen Senken erforderlich sein. Unter technischen Senken werden hier technologische CO₂-Abscheideverfahren, welche das CO₂ lediglich aus einem Abgasstrom abscheiden, technologische CO₂-Entnahmeverfahren, bei denen eine direkte Entnahme aus der Atmosphäre erfolgt, sowie die technologischen Verfahren der CO₂-Speicherung im Untergrund oder der Speicherung in Produkten (CCU: Carbon Capture and Use) zusammengefasst.

Wie sich in den Szenarien zeigt, verbleiben insbesondere in der Landwirtschaft und in Industrieprozessen einige THG-Emissionen, die durch die vollständige Verdrängung fossiler Energieträger aus dem Energiesystem nicht vermieden werden können. Für diese werden technische Senken langfristig wichtig. Als Technologien kommen insbesondere BECCS (Biomassenutzung mit CO₂-Abscheidung und Speicherung) sowie DACCS (Direct Air Carbon Capture and Storage, Entziehung von CO₂ aus der Umgebungsluft) in Betracht.

Technologien, bei denen das entnommene CO₂ nicht dauerhaft gespeichert, sondern in anderen Produkten weiterverwendet wird, werden dagegen nicht als dauerhafte Senke angesehen, weil sich hier die Speicherung auf die Lebensdauer der Produkte beschränkt und bei deren Entsorgung erneut das Risiko einer Freisetzung von CO₂ besteht.

Es zeigt sich, dass die Anstrengungen zur Entwicklung von DACCS-Verfahren deutlich intensiviert werden müssen, um in der Zeit nach 2040 eine Technologie zur Verfügung zu haben, mit der noch verbleibende Restemissionen durch Entnahme von CO₂ aus der Atmosphäre ausgeglichen werden können. Für die bestehenden Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger wären CCS-Verfahren aber keine Alternative zur Vermeidung (UBA, 2023b). Die Speicherung von CO₂ im Untergrund, die langfristig zum Ausgleich von Restemissionen in Form von DACCS und in Form von BECCS relevant werden dürfte, wird erst dann bedeutsam, wenn die Möglichkeiten zur Nutzung natürlicher Senken ausgeschöpft sind und DACCS einen höheren Technologiereifegrad erlangt hat. Wie hoch dieser bis 2045 sein wird, kann noch nicht eingeschätzt werden. Daher wurden im vorliegenden Bericht weder BECCS noch DACCS im Mengengerüst des KSG-Szenarios oder des Paris-Szenarios bis 2045 berücksichtigt.

Das Kohlendioxid-Speicherungsgesetz (KSpG) hat einen engen Rechtsrahmen für die CO₂-Speicherung im Untergrund geschaffen. Da Speichergenehmigungen nur bis 2016 beantragt werden konnten, und dies nicht erfolgt ist, ist aktuell die dauerhafte Speicherung von Kohlendioxid in unterirdischen Gesteinsschichten in Deutschland und damit auch in Sachsen nicht möglich (BGR, 2024). Allerdings werden sowohl auf europäischer (Carbon Removal Certification Framework (EU KOM, 2023) und Industrial Carbon Management Strategy (EU KOM, 2024)) als auch auf bundesdeutscher (Carbon Management-Strategie (BMWK, 2023a) und KSG-Novelle (BMWK, 2023b)) Ebene momentan neue Rahmen geschaffen, um technische Senken aller Art zu regulieren. Erst nach Vorliegen dieser Rahmenbedingungen kann der Freistaat Sachsen ein klares Vorgehen erarbeiten und Ziele formulieren. Derzeit kann der Freistaat Sachsen lediglich die technische Weiterentwicklung oder Demonstrationsprojekte im Bereich DACCS oder BECCS unterstützen.

7 Fazit

Die vorliegende Studie hat die Bedeutung und den Einflussbereich des Freistaates Sachsen bei der Reduzierung von Treibhausgasemissionen mithilfe der Modellierung und Analyse dreier sektorspezifischer Szenarien für die THG-Entwicklung in Sachsen untersucht. Die methodische Grundlage für die Bewertung der EKP-Maßnahmen sowie für die Ableitung von Weiterempfehlungen für den sächsischen EKP-Maßnahmenplan war die Erstellung einer KSG-konformen Treibhausgasbilanz auf Basis von Daten der Energiebilanz Sachsen (StLA Sachsen, 2022), des EMIKAT (LfULG, 2022), der UGRdL (AK UGRdL, 2022) sowie des Thünen-Instituts (Vos et al., 2022). Sie diente als Ausgangslage für die Modellierung von drei Szenarien für die Entwicklung von THG-Emissionen für den Zeitraum 2020 bis 2045. Im Trend-Szenario wird bis zum Jahr 2045 eine Gesamtminderung der THG-Emissionen von 74 % gegenüber dem Jahr 2020 projiziert. Entsprechend werden für das Jahr 2045 Restemissionen in Höhe von ca. 11,6 Mio. t CO₂-Äq. erwartet. Im KSG-Szenario wird projiziert, dass sich Restemissionen bis zum Jahr 2045 von 1,3 Mio. t CO₂-Äq. ergeben, was einem Rückgang von 97 % gegenüber den Emissionen im Jahr 2020 entspricht. In der Modellierung des Paris-Szenarios werden im Jahr 2045 1,1 Mio. t CO₂-Äq. Restemissionen projiziert. Beim Vergleich der Emissionsentwicklungen zwischen dem Trend-Szenario und dem KSG-Szenario wurde deutlich, dass in allen Sektoren eine erhebliche Umsetzungslücke besteht. Bis zum Jahr 2045 befindet sich keiner der Sektoren in der Nähe der abgeleiteten Sektor-Zielvorgabe des Bundes-KSG.

Mit dem EKP 2021 und dem EKP-Maßnahmenplan hat Sachsen bereits ein strategisches Koordinations- und Maßnahmeninstrument für seine Klimapolitik entwickelt, das einen Beitrag zur Schließung der Lücke zwischen den THG-Minderungspfaden gemäß dem Trend-Szenario und dem KSG-Szenario leistet. Die Bewertung dieses Beitrages zum Erreichen der KSG-Klimaziele ergab jedoch, dass neue Maßnahmen umgesetzt werden müssen sowie bestehende Maßnahmen durch konkrete Zielvorgaben und Umsetzungsverantwortlichkeiten präzisiert werden müssen. Dabei können die abgeleiteten Zielstrategien eine wichtige Orientierung bieten. Im Sektor **Energiewirtschaft** folgen die Maßnahmenvorschläge den Zielstrategien zum Ausbau der erneuerbaren Energien zur Strom- und Wärmeerzeugung und zur Reduktion der fossilen Energieträger. Der möglichst frühe Ausstieg aus der Kohleverstromung bei gleichzeitigem Ausbau der erneuerbaren Energien ist vordringlich. Um Fortschritte für den Klimaschutz zu erreichen, wurden Maßnahmenvorschläge abgeleitet, die vor allem dem Ausbau der erneuerbaren Energien zur Strom- und Wärmeerzeugung dienen. Im Sektor **Industrie** wurden die Zielstrategien Reduktion des Einsatzes fossiler Endenergieträger, Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch, Einsatz von Wasserstoff und daraus gewonnenen flüssigen und gasförmigen Energieträgern (PtX) sowie die Steigerung der Energieeffizienz identifiziert. Handlungsempfehlungen für das Land Sachsen betreffen jedoch vor allem die ersten drei Strategien. Im Sektor **Verkehr** beruhen Empfehlungen zur Weiterentwicklung des EKP-Maßnahmenplanes auf den Zielstrategien der Verkehrseinsparung, der Verkehrsverlagerung sowie des Antriebswechsels. Vor allem die Umstellung der Antriebe von fossilen auf elektrische Antriebe ist wesentlich, um Fortschritte beim Klimaschutz im Verkehrssektor zu erreichen. Im Sektor **Gebäude** wirken die Substitution von fossilen Wärmeerzeugern im Gebäudebestand, Energieeffizienzerhöhung sowie das Verbot von fossilen Wärmeerzeugern als zentrale Zielstrategien. Die Schlüsselkomponente für den Klimaschutz im Gebäudebereich besteht darin, die Heizsysteme konsequent und beschleunigt von fossilen Brennstoffen auf erneuerbare Energiequellen umzustellen. Im Sektor **Landwirtschaft** folgen die Maßnahmenvorschläge den Zielstrategien der Abstockung des Tierbestandes, der Wirtschaftsdünger- und Gärrestlagerabdichtung, der Verbesserung der Bodenbewirtschaftungsmethoden und Düngungseffizienz, dem Ausbau der ökologischen Landwirtschaft und dem Antriebswechsel bei land- und

forstwirtschaftlichen Maschinen. Im Sektor **Abfallwirtschaft und Sonstiges** können Emissionen vor allem durch die Reduktion von organischen Abfällen und die technische Aufrüstung der Abwasserbehandlung gesenkt werden. Das größte Potenzial zur Reduzierung von Emissionen liegt in der Verringerung der Emissionen aus der Kompostierung. Im Sektor **LULUCF** wurden insgesamt sechs Zielstrategien diskutiert, die Beiträge dafür leisten, die Senkenwirkung des LULUCF-Sektors in Sachsen zu erhalten bzw. zu erhöhen. Hierzu gehören die Waldneuanlage und der Waldbau, die kohlenstoffbewahrende Bodenbewirtschaftung von Ackerböden, der Erhalt und die Umwandlung von Dauergrünland, die Wiedervernässung und der Schutz von Moorböden, der Erhalt und Ausbau von naturnahem Wasserhaushalt sowie die Reduktion der Flächeninanspruchnahme und Stärkung von Entsiegelungen. Ein Überblick zu allen Maßnahmenvorschlägen findet sich im Anhang A 1.3 in Tabelle 12 bis Tabelle 18.

Gleichzeitig muss betont werden, dass keine dieser Zielstrategien und Maßnahmenvorschläge allein ausreichen wird, um auf einen KSG-konformen Entwicklungspfad zu kommen. Vielmehr ist das Zusammenspiel der Zielstrategien durch die Anwendung verschiedener Mittel im Einflussbereich des Freistaates Sachsen notwendig - Ordnungsrecht, Rechtsumsetzung, Förderpolitik, Investitionen wie in den THG-mindernden Infrastrukturausbau oder den Erwerb von klimaschutzwichtigen Flächen, eigenes Verwaltungshandeln, Informationskampagnen und Beratung sowie die Unterstützung der kommunalen Verwaltungsebene durch Auslegungshilfen, Informationen, Verwaltungsvorlagen bis hin zu finanziellen Hilfen. Hilfreich kann dabei auch die Entwicklung und Anwendung eines strukturierten Instrumentes zur Überprüfung der Haushaltsplanung auf ihre Klimaverträglichkeit sein, auch bekannt als "Klimacheck".

In Ergänzung zum EKP 2021 kann die rechtsverbindliche Verankerung von THG-Sektorzielen in einem Landesklimaschutzgesetz eine zielführende Ergänzung für die sächsische Klimapolitik darstellen. Hinsichtlich der Ermittlung von quantitativen (Sektor-)Reduktionszielen wird eine Orientierung an der Sektorabgrenzung nach dem Bundes-KSG empfohlen, um eine gemeinsame Grundlage für Monitoring- und Berichtssysteme mit der Bundesebene zu schaffen (Sina et al., 2019, S. 6). Die im Rahmen dieses Projekts angewandte THG-Bilanzierung kann für die Ableitung von Treibhausgas-Minderungszielen sowie für ein Monitoring gemäß Bundes-KSG genutzt werden. Die Zielwerte, die im KSG-Szenario abgeleitet wurden, können für die Festlegung von Sektorzielen herangezogen werden. Eine Einschätzung, inwieweit diese aus politischer Sicht umsetzbar sind, wurde nicht durchgeführt und obliegt den politischen Entscheidungsträgern. Auf Basis der Szenarien wird daher empfohlen in einem nächsten Schritt zu erarbeiten, in welchem Umfang es notwendig ist, Einsparziele zwischen den Sektoren anzupassen. Dabei sollte das sektorübergreifende Gesamtminderungsziel jedoch nicht reduziert werden.

Abschließend kann festgestellt werden, dass es für die Umsetzung ambitionierter Klimapolitik zielführend ist, klare und rechtsverbindliche Minderungsziele vorzugeben. Sie erhöhen die Verbindlichkeit, Planungssicherheit und Transparenz von Landesklimapolitik. Zudem machen sie Maßnahmen wie die des EKP-Maßnahmenplanes und mögliche Weiterentwicklungen bewertbar und stellen einen Bezugspunkt her, an dem sich die Klimapolitik des Landes messen lassen kann.

Literaturverzeichnis

- AHRENS, S. (2022). Landwirtschaftlich genutzte Fläche in Deutschland nach Bundesländern in den Jahren 2020 bis 2022. Zugriff am 28.7.2023. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/206265/umfrage/landwirtschaftlich-genutzte-flaeche-nach-bundeslaendern/>
- AK UGRdL. (2022). Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder, Indikatoren und Kennzahlen. Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder im Auftrag der Statistischen Ämter der Länder (AK UGRdL). Zugriff am 5.9.2023. Verfügbar unter: <https://www.statistikportal.de/de/veroeffentlichungen/umweltoekonomische-gesamtrechnungen-der-laender>
- AK UGRdL. (2023). CO₂-Bilanzen. Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder im Auftrag der Statistischen Ämter der Länder (AK UGRdL). Verfügbar unter: <https://www.statistikportal.de/de/ugrdl/ergebnisse/gase>
- BDEW. (2019). „Wie heizt Deutschland?“ (2019) - Studie zum Heizungsmarkt September 2019. Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW). Zugriff am 19.7.2023. Verfügbar unter: https://www.bdew.de/media/documents/BDEW_Heizungsmarkt_final_30.09.2019_3ihF1yL.pdf
- BGR. (2024). CO₂-Speicherung - Gesetzliche Aufgaben und Regelwerke. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). Zugriff am 15.3.2024. Verfügbar unter: https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Nutzung_tieferer_Untergrund_CO2Speicherung/CO2Speicherung/Regelwerke/regelwerke_inhalt.html?nn=7932046
- BMDV. (2022). Verkehr in Zahlen 2022/2023. Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV). Zugriff am 1.9.2023. Verfügbar unter: https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/verkehr-in-zahlen-2022-2023-pdf.pdf?__blob=publicationFile
- BMWK. (2023a, März 24). Beginn des Stakeholderdialogs zur Carbon Management-Strategie. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.
- BMWK. (2023b). Entwurf eines Zweiten Gesetzes zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes (Referentenentwurf). Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).
- BUNDESREGIERUNG. (2023). Gesetzentwurf der Bundesregierung: Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Gebäudeenergiegesetzes, zur Änderung der Heizkostenverordnung und zur Änderung der Kehr- und Überprüfungsordnung. Verfügbar unter: Gesetzentwurf der Bundesregierung Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Gebäudeenergiegesetzes, zur Änderung der Heizkostenverordnung und zur Änderung der Kehr- und Überprüfungsordnung
- BVERFG. (2021). Beschluss des Ersten Senats vom 24. März 2021 - 1 BvR 2656/18 -, Rn. 1-270. Bundesverfassungsgericht (BVerfG). Verfügbar unter: https://www.bverfg.de/e/rs20210324_1bvr265618.html
- DENA. (2019). Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand. Deutsche Energie-Agentur GmbH. Verfügbar unter: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/dena-GEBAEUDEREPORT_KOMPAKT_2019.pdf

- DESTATIS. (2023). 12411-0010: Bevölkerung: Bundesländer, Stichtag. Statistisches Bundesamt Deutschland (Destatis). Text, . Zugriff am 22.9.2023. Verfügbar unter: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=abrufabelleBearbeiten&levelindex=1&levelid=1695385083039&auswahloperation=abrufabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&code=12411-0010&auswahltext=&vorschau=Vorschau+an#astructure>
- DIW. (2023). DIW Berlin: Energetische Sanierung. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V. (DIW). Text, DIW Berlin. Zugriff am 1.9.2023. Verfügbar unter: https://www.diw.de/de/diw_01.c.413440.de/presse/glossar/energetische_sanierung.html
- DNR. (2023). Verbändeposition zum EU-Zertifizierungsrahmen zur Kohlenstoffentnahme (CRCF). Deutscher Naturschutzring (DNR). Zugriff am 10.1.2024. Verfügbar unter: https://www.dnr.de/sites/default/files/2023-06/Verb%C3%A4ndeposition_CRCF.pdf
- DRÖSLER, M., FREIBAUER, A., ADELMANN, W., AUGUSTIN, J., BERGMAN, L., BEYER, C. ET AL. (2011). Klimaschutz durch Moorschutz in der Praxis: Ergebnisse aus dem BMBF-Verbundprojekt „Klimaschutz - Moornutzungsstrategien“ 2006-2010. (Institut für Agrarrelevante Klimaforschung (AK), Hrsg.).
- ENERGY4CLIMATE. (2023). Nachhaltiger Einsatz von Biomasse, Die Rolle von Biomasse in der Energiewende und in einer klimaneutralen Industrie.
- EU KOM. (2023). Carbon Removal Certification. EU Kommission (EU KOM). Zugriff am 10.1.2024. Verfügbar unter: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/sustainable-carbon-cycles/carbon-removal-certification_en
- EU KOM. (2024). EU Industrial Carbon Management Strategy. EU Kommission (EU KOM). Text. Zugriff am 15.3.2024. Verfügbar unter: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_24_586
- FEES, E. (2023). Definition: Restemission. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/restemission-45627>. Text, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. Zugriff am 24.11.2023. Verfügbar unter: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/restemission-45627>
- GENSIOR, A., DREXLER, S., FUß, R. & RÜTER, S. (2023). Thünen: Treibhausgas-Emissionen durch Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF). Zugriff am 25.8.2023. Verfügbar unter: <https://www.thuenen.de/de/themenfelder/klima-und-luft/emissionsinventare-buchhaltung-fuer-den-klimaschutz/standard-titel>
- HÖRNER, M. (2021). Der Bestand der Nichtwohngebäude in Deutschland: Daten und Fakten (S. 1–49). Gehalten auf der Abschlussworkshop Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude. Zugriff am 5.10.2022. Verfügbar unter: https://www.datanwg.de/fileadmin/user/iwu/210428_IWU_PT_dataNWG_DatenundFakten.pdf
- IPCC. (2013). Intergovernmental Panel on Climate Change: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. (2018). Global Warming of 1,5 °C. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Zugriff am 18.9.2023. Verfügbar unter: <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>
- KBA. (2023). Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Bundesländern, Fahrzeugklassen und ausgewählten Merkmalen. Kraftfahrt-Bundesamt (KBA).

- KLINGENFUß, C., KLEIN, D.-P., THRUM, T., FELL, H., KLEMM, J. & ZEITZ, J. (2019). Natürliche Kohlenstoffspeicher in Berlin: Ergebnisse des Forschungsprojektes NatKoS. (S. 1–76). Humboldt-Universität zu Berlin. Verfügbar unter: https://www.projekte.hu-berlin.de/de/natkos/natkos-broschuere_2019_inkl_kartierungstafeln_version2.pdf
- LAK ENERGIEBILANZEN. (2023). Online-Datenbanken Energie- und CO₂-Bilanzen. Länderarbeitskreis (LAK) Energiebilanzen.
- LfULG. (2019). Landwirtschaftliche Bodennutzung 2019. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG).
- LfULG. (2022). EMIKAT - Emissionen in Sachsen, Entwicklung 1990 bis 2020. Verursacheranteile 2020. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG).
- MEKUN SN. (2023). Maßnahmenfahrplan für den Sektor Senken für das Klimaschutzprogramm 2030 der Landesregierung. (S. 1–24). Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur Schleswig-Holstein (MEKUN SN). Verfügbar unter: https://www.schleswig-holstein.de/DE/landesregierung/themen/energie/klimaschutzprogramm2030/materialordner/H.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- MF BW. (2023). 122 Hektar für Artenvielfalt und Naturschutz. Ministerium für Finanzen Baden-Württemberg (MF BW). Zugriff am 21.9.2023. Verfügbar unter: <https://fm.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse-und-oeffentlichkeitsarbeit/pressemitteilung/pid/122-hektar-fuer-artenvielfalt-und-naturschutz>
- ÖKO-INSTITUT. (2021). Natürliche Senken: Kurzgutachten zur dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität. (S. 1–77). Öko-Institut e.V. Verfügbar unter: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/211005_DLS_gutachten_OekoInstitut_final.pdf
- SCHLACKE, S. (2022). Landes-Klimaschutzgesetze im Vergleich: Möglichkeiten und Grenzen. Institut für Energie-, Umwelt- und Seerecht der Universität Greifswald. Zugriff am 11.9.2023. Verfügbar unter: https://rsf.uni-greifswald.de/storages/uni-greifswald/fakultaet/rsf/lehrstuehle/ls-schlacke-IFEUS/Schlacke_Landes-Klimaschutzgesetzgesetz_im_Vergleich_12.03.2022.pdf
- SCHOLZ, M., MEHL, D., SCHULZ-ZUNKEL, C., KASPERIDUS, H. D., BORN, W. & HENLE, K. (2012). Ökosystemfunktionen von Flussauen: Analyse und Bewertung von Hochwasserretention, Nährstoffrückhalt, Kohlenstoffvorrat, Treibhausgasemissionen und Habitatfunktion: Ergebnisse des F+E-Vorhabens (FKZ 3508 850 100) (Naturschutz und biologische Vielfalt). Bonn-Bad Godesberg: Bundesamt für Naturschutz.
- SINA, S., STOCKHAUS, H. & HOLMES, A. (2019). Landesklimaschutzgesetz in Deutschland: Überblick und Bedeutung für ein Klimaschutzgesetz des Bundes. Kurzstudie des Ecologic Institut im Auftrag des WWF Deutschland. Zugriff am 15.9.2023. Verfügbar unter: https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_KSG_Gutachten1_Landesklimaschutzgesetz_DE_Webfassung.pdf
- SMEKUL. (2021). Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2021. (S. 1–110). Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft (SMEKUL). Verfügbar unter: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/37830>
- SMEKUL. (2022). Sachsenforst 2021: Jahresbericht. (S. 1–39). Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft (SMEKUL). Verfügbar unter: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/41256>
- SMEKUL. (2023a). Maßnahmenplan zum Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2021. Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft (SMEKUL). Verfügbar unter: <https://www.energie.sachsen.de/download/20230629EKPMassnahmenplan.pdf>

- SMEKUL. (2023b). Flächeninanspruchnahme – Was ist das? - Boden, Altlasten - sachsen.de. Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft (SMEKUL). Zugriff am 25.8.2023. Verfügbar unter: <http://www.boden.sachsen.de/bodenversiegelung-und-flaecheninanspruchnahme-18604.html>
- STLA SACHSEN. (2022). Energiebilanzen der Jahre 1990 bis 2020.
- TAUBER, J., KRAMPE, J. & PARRAVICINI, V. (2023). Klimarelevanz des Abwassersektors. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, 75(3), 127–138. <https://doi.org/10.1007/s00506-022-00924-y>
- THÜNEN-INSTITUT. (2023). Sachsen: Treibhausgasemissionen [t CO₂-Eq.] infolge LULUCF, differenziert nach Landnutzungskategorien (gemäß 2006 IPCC Guidelines).
- UBA. (2021). Treibhausgasminderung um 70 Prozent bis 2030: So kann es gehen!. (S. 1–44). Umweltbundesamt (UBA). Zugriff am 3.8.2023. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/21_12_29_uba_pos_treibhausgasminderung_um_70prozent_bf.pdf
- UBA. (2022). Projektionsbericht 2021 für Deutschland. (S. 1–369). Umweltbundesamt (UBA). Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/372/dokumente/projektionsbericht_2021_uba_website.pdf
- UBA. (2023a). Projektionsbericht 2023 für Deutschland. Umweltbundesamt (UBA). Zugriff am 8.11.2023. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/projektionsbericht-2023-fuer-deutschland>
- UBA. (2023b). Carbon Capture and Storage. Diskussionsbeitrag zur Integration in die nationalen Klimaschutzstrategien. (S. 1–28). Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (UBA).
- VOS, C., RÖSEMANN, C., HAENEL, H.-D., DÄMMGEN, U., DÖRING, U., WULF, S. ET AL. (2022). Calculations of Gaseous and Particulate Emissions from German Agriculture 1990 – 2020: Input Data and Emission Results. DE: Johann Heinrich von Thünen-Institut. Zugriff am 23.11.2023. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.3220/DATA20220308095141>

Anhang

A 1.1 Überblick rechtlicher Handlungsrahmen nach Sektoren

Tabelle 4: Überblick zum rechtlichen Handlungsrahmen der Bundesländer im Sektor Energiewirtschaft

Bereich	EU-Ebene	Bundesebene	Landesebene	Kommunale Ebene
Ausbau der Erneuerbaren Energien	Europäischer Emissionshandel EU-Energieeffizienzrichtlinie Erneuerbare-Energien-Richtlinie	Kohleverstromungsbeendigungsgesetz Energieeffizienzgesetz Erneuerbare-Energien-Gesetz Windenergieflächenbedarfsgesetz Energiewirtschaftsgesetz	Gezielte Nutzung von landeseigenen Liegenschaften zur Errichtung von Wind- und Solarstromanlagen	Flächennutzungsplanung Förderung von Bürgerenergiegenossenschaften, Solarzellen auf kommunalen Gebäuden Stadtwerke: Bereitstellung von Infrastruktur (Fernwärmenetze, Energieverteilnetze), Versorgung mit Energie und Wärme
			Zuständigkeit der Flächenausweisung liegt grds. bei Bundesländern (§ 3 WindBG); Vorziehen des Flächenziels möglich (z. B. über Änderung des sächsischen Landesplanungsgesetzes)	
			Regelung von baulichen Aspekten beim Repowering über Landesbauordnung	
			Einführung einer landesweiten Solarpflicht durch Landesverordnung	
			Förderung von Bürgerenergiegenossenschaften zur Stärkung der Bürgerbeteiligung am Ausbau von erneuerbaren Energien	
			Flexibilisierungsklausel § 20 III SächsLPIG: Abweichung von Mindestabständen für Windkraftanlagen mit Einverständnis der Gemeinde möglich	
			Photovoltaik-Freiflächenverordnung regelt Installation und Nutzung von Freiflächen-PV	

Bereich	EU-Ebene	Bundesebene	Landesebene	Kommunale Ebene
			Aufsetzen eines Windbeteiligungsgesetz nach Vorbild Mecklenburg-Vorpommern	
			Förderung des kommunalen Klimaschutzmanagements	
Wärmeplanung		Wärmeplanungsgesetz	Unterstützung und Förderung von kommunaler Wärmeplanung (Förderung bis zu 100 % durch Kommunalrichtlinie vorhanden)	Aufstellung kommunaler Wärmepläne (durch das Wärmeplanungsgesetz verpflichtend bis 2026/2028 für Kommunen über/unter 100.000 Einwohnern)
			Gesetzliche Vorgaben oder Verwaltungsleitlinien zur Beendigung des Ausbaus von fossilen Kapazitäten für Wärmenetze	
			Förderung und Beratung der Umrüstung kommunaler Wärmenetze: z.B. Investitionsbeihilfen, Beratungsangebote über SAENA, Vernetzung von Stadtwerken	

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle 5: Überblick zum rechtlichen Handlungsrahmen der Bundesländer im Sektor Industrie

Bereich	EU-Ebene	Bundesebene	Landesebene	Kommunale Ebene
Energieeffizienzmaßnahmen	Europäischer Emissionshandel EU-Effizienzrichtlinie	Treibhausgasemissionshandelsgesetz Energiedienstleistungsgesetz Energieeffizienzgesetz TA Luft Förderrichtlinie Klimaschutzverträge (derzeit in der Erarbeitung)	Förderung (SAB) und Beratung (SAENA)	
Umweltauflagen		Bundes-Immissionsschutzgesetz TA Luft	Vollzug verschiedener Umweltgesetzgebungen, welche Auflagen an den Betrieb von Industrieanlagen setzen nach SächsImSchZuVO	
Wasserstoff	Europäische Wasserstoffstrategie	Nationale Wasserstoffstrategie	Eigene Förderprogramme zur Unterstützung des Infrastrukturaufbaus bzw. der Verwendung von Wasserstoff	
F-Gase	Verordnung (EU) Nr. 517/2014	Chemikalien-Klimaschutzverordnung Chemikalien-Sanktionsverordnung	Vollzug der Chemikalien-Klimaschutzverordnung und der Chemikalien-Sanktionsverordnung (Zuständigkeit Landesdirektion Sachsen)	
Technische Senken	Richtlinie über die geologische Speicherung von CO ₂ (EU-CCS-Richtlinie)	Gesetz zur Demonstration der dauerhaften Speicherung von Kohlendioxid (KSpG)	Förderprogramme im Bereich Forschung und Entwicklung	

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle 6: Überblick zum rechtlichen Handlungsrahmen der Bundesländer im Sektor Verkehr

Bereich	EU-Ebene	Bundesebene	Landesebene	Kommunale Ebene
Modalitätsübergreifend	Weißbuch "Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum - Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem" European Green Deal Festlegung von Flottengrenzwerten für die Emissionen von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen (Clean Vehicles Directive)	Planung von Verkehrsinfrastruktur über Bundesverkehrswegeplan Kfz-Steuer, Maut und Kaufprämien	Stärkung klimafreundlicher Mobilität bei der Aufstellung des Landesverkehrsplans	
			Landesamt für Straßenbau und Verkehr (höhere Straßenverkehrsbehörde i. S. d. § 2 Nr. 3 SächsStrVRG): Genehmigung von Ausnahmen nach § 46 Abs. 2 1 StVO von allen Vorschriften der StVO (soweit nicht unteren Straßenverkehrsbehörden zugewiesen)	
Autoverkehr	Erfassung der Emissionen des Straßenverkehrs über den Europäischen Emissionshandel ab 2027	Brennstoffemissionshandelsgesetz	Unterstützung von lokalen und regionalen Ladesäulenmasterplänen durch Förderung + Handreichung	Festlegen eines Vorrangs von E-Fahrzeugen an Parkplätzen generell oder spezifisch mit E-Ladesäulen, Möglichkeit der Befreiung von Parkgebühren und Freigabe von Sonder Spuren über Elektromobilitätsgesetz (EMoG)
			Schaffung einer rechtlichen Grundlage für eine City Maut (Herleitung von Zuständigkeit aus Art. 74 Abs. 1 Nr. 22 GG: konkurrierende Gesetzgebung für Verteilung von Gebühren oder Entgelten für die Benutzung öffentlicher Straßen mit Fahrzeugen + Art. 74 I Nr. 24 GG: Luftreinhaltung & Lärmbekämpfung)	
Radverkehr			Unterstützung von Beschaffungsmaßnahmen für E-Mobilität im Bereich der öffentlichen Hand	
			Verankerung von Regelungen für die Schaffung von Fahrradabstellanlagen in der Landesbauordnung	
			Erstellung eines Landesradverkehrsplan	
			Bau von Radwegen an Bundes- und Landstraßen	

Bereich	EU-Ebene	Bundesebene	Landesebene	Kommunale Ebene
			Ausbau von Fahrradinfrastruktur Förderung von Lastenfahrrädern, auch im Lieferverkehr	
ÖPNV			§ 5 Abs. 3 ÖPNVG: Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr kann durch Rechtsverordnung [...] Einzelheiten zur Aufstellung von Nahverkehrsplänen und deren räumlicher Abgrenzung festzulegen § 6 Abs. 1 ÖPNVG: Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr stellt Landesinvestitionsprogramm für Maßnahmen des ÖPNV auf	Angebot und Umsetzung eines ÖPNV (§ 3 Abs. 1 Satz 1 ÖPNVG), Planung über Nahverkehrspläne in regionalen Planungsverbänden
Stadtmobilität			Entwicklung von Stadtlogistikkonzepten Verkehrsbeschränkung, § 45 StVO: Ausweisung von Tempo30-Zonen (jedoch aufgrund derzeitiger Rechtslage erheblicher Aufwand) Erlass von Parkgebührenordnungen, § 25 SächsStrVG Förderung von stationsbasiertem E-Carsharing (Bestimmung von Flächen zur Sondernutzung nach § 18a SächsStrVG)	Vorgaben im Bereich der Mobilität (Parkraumbewirtschaftung; Tempolimits) Einrichtung von Busspuren, Anwohnerparkzonen, Fahrradwegen und Tempo-30-Zonen über Straßenverkehrsordnung

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle 7: Überblick zum rechtlichen Handlungsrahmen der Bundesländer im Sektor Gebäude

Bereich	EU-Ebene	Bundesebene	Landesebene	Kommunale Ebene	
Energieeffizienz und Nutzung erneuerbare Energien in der Gebäudeversorgung	Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD) Ab 2027 Erfassung der Emissionen aus Gebäudeheizungen über den europäischen Emissionshandel	Gebäudeenergiegesetz Brennstoffemissionshandelsgesetz	Nutzung der Länderöffnungsklausel nach § 9a GEG zur Festsetzung einer Pflicht zur Nutzung von erneuerbaren Energien in nicht-öffentlichen Gebäuden möglich	Festlegung von Vorgaben zur Energieeffizienz von Gebäuden bzw. der Nutzung erneuerbarer Energien im Rahmen von Baugenehmigungen, Verkauf/Verpachtung von kommunalen Flächen und städtebaulichen Verträgen	
			Vereinfachung der Möglichkeiten für energetische Sanierungen im Rahmen des Sächsischen Denkmalschutzgesetzes (SächsDSchG)		Einfluss auf Firmenpolitik kommunaleigener Unternehmen
			Aufstockung von Bundesförderprogrammen für Sanierung, Heizungsumbau und erneuerbare Wärmenetze		
			Aufklärungs- und Informationsangebote für Bürgerinnen und Bürger, Unternehmen und Kommunen bspw. über die SAENA		

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle 8: Überblick zum rechtlichen Handlungsrahmen der Bundesländer im Sektor Landwirtschaft

Bereich	EU-Ebene	Bundesebene	Landesebene	Kommunale Ebene
Fördermittelvergabe	Gemeinsame Agrarpolitik	Gemeinsame Agrarpolitik (GAP)-Strategieplan	Umsetzung der zweiten Säule der GAP, Möglichkeit der Festlegung der Schwerpunktsetzung im Rahmen der Fördermittelvergabe	
Tierhaltung		Bundes-Immissionsschutzgesetz TA Luft	Vollzug der TA Luft	
Düngung	EU-Düngeprodukteverordnung	Düngegesetz; Düngeverordnung	Vollzug der Düngeverordnung nach VwVDüngeVO	
Sonstiges (landwirtschaftliche Bodennutzung)		Bundesnaturschutzgesetz und Bundesbodenschutzgesetz	Förderung von land- und forstwirtschaftlicher Erzeugung als Teil der konkurrierenden Gesetzgebung nach Art. 74 Abs. 1 Nr. 17 GG (bspw. Förderung der Landwirtschaft, Umweltauflagen, Raumordnungs- und Flächennutzungspläne)	

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle 9: Überblick zum rechtlichen Handlungsrahmen der Bundesländer im Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges

Bereich	EU-Ebene	Bundesebene	Landesebene	Kommunale Ebene
Abfallwirtschaft	Europäische Abfallrahmenrichtlinie Richtlinie für Verpackungen und Verpackungsabfälle Richtlinie über Abfalldeponien	Kreislaufwirtschaftsgesetz Verpackungsgesetz Altfahrzeug-Verordnung Batteriegesetz Elektro- und Elektronikgerätegesetz Bioabfallverordnung	Konkretisierung des Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) durch Landes-Abfallgesetze (in Sachsen das Kreislaufwirtschafts- und Bodenschutzgesetz) Aufstellung des Abfallwirtschaftsplans nach § 7 SächsKrWBodSchG	Vollzug der abfall- und bodenschutzrechtlichen Vorschriften nach § 20 (1) SächsKrWBodSchG i Festlegung von Abfallentsorgung durch Satzungen
Abwasserwirtschaft	Europäische Wasserrahmenrichtlinie Europäische Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser	Wasserhaushaltsgesetz Abwasserverordnung Abwasserabgabengesetz	Konkretisierung der bundesrechtlichen Vorgaben im Sächsischen Wassergesetz und der EigenkontrollVO	Vollzug der abwasserrechtlichen Vorschriften durch Infrastrukturbereitstellung und Qualitätskontrolle

Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle 10: Überblick zum rechtlichen Handlungsrahmen der Bundesländer im Sektor LULUCF

Bereich	EU-Ebene	Bundesebene	Landesebene	Kommunale Ebene
Übergreifend	EU-Landnutzungsverordnung CRCF (in Erarbeitung)	Klimaschutzgesetz: Zielsetzung LULUCF-Senkenleistung Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz		
Wald			Vorgaben zu nachhaltiger Waldbewirtschaftung im Sächsischen Waldgesetz (§ 17 SächsWaldG)	
			Vorgaben zur Kontrolle von Wildpopulationen im Sächsischen Jagdgesetz (SächsJagdG), die Auswirkungen auf Regenerationsfähigkeit der Wälder haben	
Ackerland	GAP	Bundes-Bodenschutzgesetz	Vollzug des BBodSchG	
Dauergrünland	EU-weites Naturschutzgebietsnetz Natura 2000 Europäische Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie	Bundesnaturschutzgesetz	Auswahl, Schutz, Management und Finanzierung der Natura 2000-Gebiete: Rechtliche Sicherung als Natur- oder Landschaftsschutzgebiet notwendig, geregelt über Sächsisches Naturschutzgesetz (SächsNatSchG);	
	Greening-Auflagen (Standards zum Erhalt des Guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustands)		Auswahl der Flora-Fauna-Habitat (FFH)-Gebiete	
Moore		Nationale Moorschutzstrategie	Landesmoorschutzprogramme zur Umsetzung der Bundes-Moorschutzstrategie, bisher in Sachsen noch nicht existent	
		Bundesnaturschutzgesetz		
Gewässer	FFH-Richtlinie	Wasserhaushaltsgesetz	Sächsisches Wassergesetz	
	Europäische Wasserrahmenrichtlinie			

Bereich	EU-Ebene	Bundesebene	Landesebene	Kommunale Ebene
		Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer Grundwasserverordnung		
Flächenverbrauch	Raumordnungsgesetz (sparsamer Umgang mit Flächen) Baugesetzbuch (sparsamer Umgang mit Flächen)	Bodenschutzklausel im Baugesetzbuch Landesentwicklungsplan (Zielvorgabe Flächenneuanspruchnahme)	Verankerung von Klimaschutzaspekten in der Raumordnung und Landesplanung Unterstützung von kommunalen Genehmigungsbehörden Überarbeitung des Landesentwicklungsplans	Umsetzung konkreter Bauprojekte als Ergebnis der kommunalen Bauleitplanung

Quelle: Eigene Darstellung.

A 1.2 Überblick zu weiteren THG-wirksamen Programmen und Strategien

Tabelle 11: Überblick zu weiteren THG-wirksamen Programmen und Strategien

Sektor	Name	Programm-typ	Rechtsgrund-lage/ Richtlinie	Träger/ Verantwortliche	Zielgruppe/ Adressat	Laufzeit	Fi-nanz-volu-mina	Klima-wir-kung (nied- rig, mittel, hoch)	Ziel-strategie
Energie	Förderrichtlinie Er-neuerbare Ener-gien und Speicher	Förder-programm	FRL EEU/2023	SMEKUL	Natürliche Personen, Unternehmen, Frei-beruflich Tätige, Kommunen, kommu-nale Zweckverbände sowie rechtlich un-selbstständige Eigen-betriebe von Kommu-nen, Körperschaften und Anstalten des öffent-lichen Rechts	Fassung gültig ab: 22.06.2023		mittel	Ausbau er-neuerbarer Energien
Energie	Energieforschung in Sachsen - Mas-terplan Energie-forschung in Sachsen	Strategie-papier		Sächsisches Staats-ministerium für Wis-senschaft und Kunst / Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr	Hochschulen/ For-schungseinrichtun-gen, Unternehmen	Redakti-ons-schluss: 30.03.2018	k. A.	niedrig, mittel-fristig ggf. mit-tel	übergreifend

Sektor	Name	Programm-typ	Rechtsgrund-lage/ Richtlinie	Träger/ Verantwortliche	Zielgruppe/ Adressat	Laufzeit	Fi-nanz-volu-mina	Klima-wir-kung (nied- rig, mittel, hoch)	Ziel-strategie
Energie	Balkonkraftwerke (Stecker-PV-Anlagen) - Förderung der Anschaffung und Installation von netzgekoppelten steckerfertigen Photovoltaikkleinanlagen mit Wechselrichter	Förderprogramm	FRL EEU/2023	SMEKUL	Privatpersonen mit Erstwohnsitz in Sachsen	Inkrafttreten der Förderrichtlinie seit 22. Juni 2023	6,5 Mio. €	niedrig, mittel	Ausbau erneuerbarer Energien
Energie	Gewährung von Zuwendungen nach dem Investitionsgesetz Kohleregionen	Förderprogramm	RL InvKG	SMR	Gemeinden, Landkreise und andere Träger der kommunalen Selbstverwaltung, öffentliche und private Träger	Fassung gültig ab: 1. Juli 2023	k. A.	nicht bewertbar	
Energie	Förderrichtlinie Besondere Initiativen	Förderprogramm		SMEKUL	Privatpersonen	Fassung gültig ab: 1. Juli 2023	k. A.	gering	Klimaschutz
Energie/ Industrie	Sächsische Wasserstoff-strategie	Strategie-papier		SMEKUL	Hochschulen/ Forschungseinrichtungen, Unternehmen, Verkehrsbetriebe	Beschlossen am 18. Januar 2022, Maßnahmenkatalog reicht bis	k. A.	mittel	Reduktion fossiler Energieträger, Etablierung Wasserstoffwirtschaft

Sektor	Name	Pro-gramm-typ	Rechtsgrund-lage/ Richtlinie	Träger/ Verantwortliche	Zielgruppe/ Adressat	Laufzeit	Fi-nanz-volu-mina	Klima-wir-kung (nied-rig, mittel, hoch)	Ziel-strategie
						zum Jahr 2030			
Ener-gie/In-dust-rie/Ge-bäude	Förderrichtlinie Energie und Klima	Förder-programm	FRL EuK/2023	SMEKUL	Hochschulen/ For-schungseinrichtun-gen, kommunale Ge-bietskörperschaften, Unternehmen, Ver-eine, Stiftungen, Ge-nossenschaften	Fassung gültig ab: 4. Juli 2023 / Mittel ste-hen bis einschließ-lich 2028 zur Verfü-gung.	242,8 Mio. €	mittel	Energieeffi-zienz, Reduzie-rung Treib-hausgas-emissionen, Klimafolgen-anpassung
Industrie	Gemeinschafts-aufgabe Regio-nale Wirtschafts-struktur	Förder-programm		SMWA	gewerbliche Unter-nehmen	sehr lang-jährig etab-lierte För-derung		mittel	u. a. Ener-gieeffizienz im Rahmen der Wirt-schaftsför-derung
Industrie	Mittelstands-richt-linie Umweltma-nagement	Förder-programm	Richtlinie des Sächsi-schen Staats-ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Ver-kehr zur Mittel-	SMWA	mittelständische Un-ternehmen	k. A.	k. A. (je nach Inhalt För-derung maxi-mal 12.000 Euro in	niedrig	Energieeffi-zienz (indi-rekt durch Umweltma-nagement und Zertifi-zierungen)

Sektor	Name	Programm-typ	Rechtsgrund-lage/ Richtlinie	Träger/ Verantwortliche	Zielgruppe/ Adressat	Laufzeit	Fi-nanz-volu-mina	Klima-wir-kung (nied- rig, mittel, hoch)	Ziel-strategie
			standsförde- rung (Mittelstands- richtlinie)				3 Jah- ren)		
Industrie	Innovations-stra- tegie	Strategie- papier		SMWA	gewerbliche Unter- nehmen	seit 2020		niedrig, mittel- fristig ggf. mit- tel	alle 4 Ziel- strategien des Indust- riesektors passen
Industrie	Nachhaltigkeits- strategie	Strategie- papier		SMUL (heute SME- KUL)		seit 2018			
Industrie	Sächsischer Stahl - zukunftsfester Beitrag zur Kreis- laufwirtschaft	Strategie- papier		SMWA		2023		mittel	Einsatz von PtX-Techno- logien, insb. Wasserstoff
Indust- rie/Ver- kehr	Neue sächsische Rohstoffstrategie	Strategie- papier		SMWA	Bergbau und Indust- rie	seit 2022		niedrig	Verkehrs- vermeidung im Güterver- kehr

Sektor	Name	Pro-gramm-typ	Rechtsgrund-lage/ Richtlinie	Träger/ Verantwortliche	Zielgruppe/ Adressat	Laufzeit	Fi-nanz-volu-mina	Klima-wir-kung (nied- rig, mittel, hoch)	Ziel- strategie
Verkehr	Landesverkehrsplan 2030 (Mobilität in Sachsen)	Strategiepapier		LASUV	Kommunen, Verkehrsunternehmen, Private	2019-2030		niedrig	Verkehrsverlagerung durch anderen Modal Split / Verkehrsoptimierung
Verkehr	Radverkehrs-konzeption	Strategiepapier		SMWA	v. a. Baulastträger, z. B. Kommunen	seit 2019		niedrig	Verkehrsverlagerung durch anderen Modal Split
Verkehr	Nahverkehrs-pläne	Strategiepapier		VMS, VVO, ZVNL, VVV, ZVON	Eisenbahnverkehrsunternehmen (SPNV-Anbieter)	unterschiedlich		niedrig	Verkehrsverlagerung durch anderen Modal Split
Verkehr	ÖPNV-Landesinvestitionsprogramm	Strategiepapier	Förderzuständigkeitsverordnung des SMWA	LASUV	Unternehmen des Straßenpersonenverkehrs, Kommunen	jährlich		mittel	Verkehrsverlagerung durch anderen Modal Split
Verkehr	ÖPNV-Finanzierungsverordnung	Förderprogramm	Förderzuständigkeitsverordnung des SMWA	LASUV	Unternehmen des Straßenpersonenverkehrs, Kommunen	k. A.	k. A.	niedrig	Verkehrsverlagerung

Sektor	Name	Pro-gramm-typ	Rechtsgrund-lage/ Richtlinie	Träger/ Verantwortliche	Zielgruppe/ Adressat	Laufzeit	Fi-nanz-volu-mina	Klima-wir-kung (nied-rig, mittel, hoch)	Ziel-strategie
									durch ande- ren Modal Split
Verkehr	Anschaffung von Lastenfahrrädern	Förder-programm	Förderzustän-digkeitsverord-nung des SMWA	LASUV	Kleinstunternehmen und KMU, Vereine, Kommunen und Zweckverbände	seit Ende 2020	k. A.	niedrig	Verkehrs-verlagerung durch ande- ren Modal Split
Verkehr	Förderprogramm Straßen- und Brückenbau	Förder-programm	Förderzustän-digkeitsverord-nung des SMWA	LASUV	kommunale Baulast-träger	2023 aktu-alisiert	k. A.	niedrig	Verkehrs-optimierung
Verkehr	Schmalspur-bah-nen	Förder-programm	Förderzustän-digkeitsverord-nung des SMWA	LASUV	Eisenbahnverkehrs-unternehmen, Kom-munen	2023 aktu-alisiert	k. A.	keine	Verkehrs-verlagerung durch ande- ren Modal Split
Gebäude	Modernisierung von preisgünstigem Mietwohn- raum	Förder-programm	FRL preisgüns-tiger Mietwohn- raum – FRL pMW	Sächsische Aufbau-bank / SMR	Privatpersonen, Öff-entliche Einrichtung, Unternehmen, Ver-band/Vereinigung	Fassung gültig seit 16. Juni 2023	k. A.	mittel	Energieeffi-zienz
Gebäude	Schaffung von selbstgenutztem Wohneigentum für Familien mit Kin- dern	Förder-programm	FRL-Familien- wohnen	Sächsische Aufbau-bank / SMR	Privatpersonen	Fassung gültig seit 17. Juni 2022	k. A.	gering	Energieeffi-zienz

Sektor	Name	Programm-typ	Rechtsgrund-lage/ Richtlinie	Träger/ Verantwortliche	Zielgruppe/ Adressat	Laufzeit	Fi-nanz-volu-mina	Klima-wir-kung (nied- rig, mittel, hoch)	Ziel-strategie
Gebäude	Förderrichtlinie Klimaschutz	Förder-programm	FRL Klima/2014	Sächsische Aufbau-bank / SMEKUL	Verband/Vereini-gung, Öffentliche Einrichtung, Kom-mune	Fassung gültig seit 1. April 2020	k. A.	gering	Energieeffi-zienz
Landwirt-schaft	Förderrichtlinie Aquakultur und Fi-scherei	Förder-programm	FRL AuF/2023	SMEKUL	Unternehmen der Fischwirtschaft		1 Mio. € Aqua-kultur + 0,4 Mio. € Verar-beitung und Ver-mark-tung	niedrig	nachhaltiger Handel, Kli-maschutz, Klimaanpas-sung (keine der klassi-schen Ziel-strategien der Land-wirtschaft)
Landwirt-schaft	Bio-Regio-Modell-regionen	Förder-programm	AbsLE/2019	SMEKUL	Landkreise	Seit De-zember 2021	k. A.	niedrig	Ausbau der ökologi-schen Land-wirtschaft
Landwirt-schaft	Förderrichtlinie Landwirtschaft, In-vestition, Exis-tenz-gründung	Förder-programm	FRL LIE/2023	SMEKUL	Landwirtschaft (na-türliche und juristi-sche Personen)	2023 aktu-alisiert	k. A.	mittel	Verbesse-rung der Bo-denbearbei-tung und Düngungs-effizienz

Sektor	Name	Programm-typ	Rechtsgrund-lage/ Richtlinie	Träger/ Verantwortliche	Zielgruppe/ Adressat	Laufzeit	Fi-nanz-volu-mina	Klima-wir-kung (nied-rig, mittel, hoch)	Ziel-strategie
Landwirt-schaft	Förderrichtlinie Ökologischer/ Bio-logischer Landbau	Förder-programm	FRL ÖBL/2023	SMEKUL	Landwirtschaft (na-türliche und juristi-sche Personen)	2022 aktu-alisiert	k. A.	mittel	Ausbau der ökologi-schen Land-wirtschaft
Abfall-wirtschaft und Sonstiges	Erstellung Abfall-bilanz	Öffentlich-keitsar-beit/Infor-mation	§ 21 Kreislauf-wirtschaftsge-setz	LfULG	Bürger, Kommunen, Gewerbe sowie Fachleute	jährlich	k. A.	keine	-
LULUCF	Förderrichtlinie Wald und Forst-wirtschaft	Förder-programm	FRL WuF/2023	SMEKUL	Waldbesitzende	2023 aktu-alisiert	k. A.	mittel	Waldumbau
LULUCF	Förderrichtlinie Natürliches Erbe	Förder-programm	FRL NE/2023	SMEKUL	juristische Personen des privaten und öf-fentlichen Rechts so-wie natürliche Perso-nen und Personen-gesellschaften	2023 aktu-alisiert	k. A.	mittel	Kohlenstoff-bewahrende Bodenbear-beitung
LULUCF	Förderung von Maßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustan-des und des prä-ventiven Hoch-wasserschutzes	Förder-programm	RL GH/2018	SMEKUL	Privatpersonen, Kommunen, Unter-nehmen	seit 2018	k. A.	niedrig	Gewässer-renaturie-rung

Sektor	Name	Programm-typ	Rechtsgrund-lage/ Richtlinie	Träger/ Verantwortliche	Zielgruppe/ Adressat	Laufzeit	Fi-nanz-volu-mina	Klima-wir-kung (nied-rig, mittel, hoch)	Ziel-strategie
LULUCF	Förderrichtlinie Ausgleichszulage	Förder-programm	AZL/2015	SMEKUL	Landwirtschaft (na-türliche und juristi-sche Personen)	zuletzt durch die Richtlinie vom 16. Oktober 2023 (SächsABl. S. 1419) geändert	k. A.	keine	-
LULUCF	MooReSax	For-schungs-projekt	-	Staatsbetrieb Sach-senforst	-	01.06.2021 – 31.05.2025	k. A.	mittel	Moorschutz
LULUCF/ Landwirt-schaft	Förderrichtlinie Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen	Förder-programm	FRL AUK/2023	SMEKUL	Landwirtschaft (na-türliche und juristi-sche Personen)	2022 aktu-alisiert	k. A.	mittel	Erhalt und Umwand-lung in Dau-ergrünland sowie koh-lenstoffbe-wahrende Bodenbear-beitung; Waldneuan-lage

A 1.3 Überblick Zielstrategien, EKP-Maßnahmen und Maßnahmenvorschläge

Tabelle 12: Zielstrategien, EKP-Maßnahmen und Maßnahmenvorschläge im Sektor Energiewirtschaft (Kapitel 5.1)

Reduktion fossiler Energieträger	Ausbau EE zur Stromerzeugung	Ausbau EE für Wärme	Einsatz von Power-to-Gas	Deckung Strombedarf durch Eigennutzung	Übergreifend
EKP-Maßnahmen					
-	1.08, 1.13, 1.14, 1.17, 3.04, 3.05, 3.06, 3.21, 3.22, 3.23, 3.24, (7.49)	3.08, 3.09, 3.10, 3.11, (7.49)	3.02, 3.15, 3.16	-	3.01, 3.02, 3.03, 3.17, 3.18, 3.19
Maßnahmenvorschläge					
Neue Maßnahme zum vorzeitigen Ausstieg aus der Braunkohleverstromung, Stilllegung einzelner Kraftwerksblöcke vorziehen	M 1.08 und M 1.17 zusammenfassen	M 3.10 und M 11 stärkere Verzahnung zu Förderprogrammen des Bundes			Ausbauziele regelmäßig überprüfen und wenn erforderlich anzupassen. kurz-, mittel- und langfristige Ausbaupfade für die jeweiligen Energieträger erarbeiten und kommunizieren
	PV-Pflicht Landesliegenschaften	Unterstützung Bau- und Ausbau von Wärmenetzen (Programm aus RP als Vorbild)			Maßnahmen an Zielstrategien ausrichten
	Agri-PV mehr forcieren	Unterstützung von Kommunen zur Wär-meplanung			Maßnahmen mehr in bundespolitischen Kontext einordnen
	M 3.04 in weitere Maßnahmen unterteilen, getrennt nach Windenergie und Photovoltaik	Nutzung der Länderöffnungsklausel nach § 9a GEG - Verbot fossiler Heizungssysteme ab 2024			Maßnahmen nach strategischen Schwerpunkten neu ordnen
	PVFVO - Flächensynergien nutzen				
	Einführung Landessolarpflicht				
	ggfs. Fortführung Flexibilisierung: WEA außerhalb von Vorrang- und Eignungsgebieten, WEA im Wald				

Reduktion fossiler Energieträger	Ausbau EE zur Stromerzeugung	Ausbau EE für Wärme	Einsatz von Power-to-Gas	Deckung Strombedarf durch Eigennutzung	Übergreifend
	Prüfung und Einführung von Beteiligungsmodellen für WEA				
	M 1.13 Empfehlung Regionalnachweis				

Tabelle 13: Zielstrategien, EKP-Maßnahmen und Maßnahmenvorschläge im Sektor Industrie (Kapitel 5.2)

Reduktion fossiler Energieträger	Erhöhung erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch	Einsatz Wasserstoff und daraus gewonnene Energieträger	Steigerung Energieeffizienz
EKP-Maßnahmen			
1.16, 4.02, 6.07, 7.47, 7.48	3.12	-	3.12, 4.04, 4.06, 6.06, 9.08
Maßnahmenvorschläge			
Landesförderrichtlinie zur Förderung industrieller Abwärmenetze	SAENA bietet Unternehmen Unterstützung bei der Vorbereitung von PV-Anlagen für Eigenstromerzeugung an (Statik, Kosten-Nutzen, Netzanbindung) - Ausbau der Beratung	Förderprogramm zum Ausbau von wasserstoffbasierten Technologien zur Beschleunigung der Umstellung nicht-elektrifizierbarer Anlagen auf Wasserstoff (H ₂) bzw. PtX-Brennstoffe	Erstellung eines detaillierten Ressourcenkatasters (GIS-basiert) zur Erfassung der Input und Output-Daten sämtlicher Unternehmen
Ausbau personeller Kapazitäten in den Genehmigungsbehörden u. a. im Bereich Abwärmenetze	Erstellung einer Potenzialanalyse zum Einsatz der Biomasse unter Berücksichtigung aller Unternehmensstandorte, strategische Standorte für Biomasseanlagen in Industriegebieten	Beratungsangebote z. B. durch die SAENA zu Carbon Contracts for Difference (unabhängig vom eingesetzten Energieträger und in Ergänzung der bestehenden H ₂ -Strategie)	
	Ausbau bestehender Kontroll- und Monitoringkapazitäten im Bereich THG-Monitoring zur Erfassung der CO ₂ -Einsparungen von geförderten Unternehmen		

Tabelle 14: Zielstrategien, EKP-Maßnahmen und Maßnahmvorschläge im Sektor Verkehr (Kapitel 5.3)

Verkehrseinsparung	Verkehrsverlagerung Modal Split	Antriebswechsel	Verkehrsoptimierung
EKP-Maßnahmen			
1.25, 7.29, 7.31, 7.34, 7.37	1.23, 1.26, 1.27, 5.02, 5.03, 5.04, 5.08	1.19, 1.20, 1.21, 5.01	1.22, 1.24, 5.05, 5.06, 5.07, 5.10
Maßnahmvorschläge			
Auflegen Dezentralisierungsprogramm	Modifizierung bestehendes Förderprogramm für kommunalen Straßen- und Brückenbau	Maßnahmen 1.19 und 1.20: Klare Fristen für Verbrenner-Aus im Landesfuhrpark	
Fördermittelbereitstellung zur Umsetzung des Programms	Begrenzung Flugverkehr: Zurückstellung Ausbaupläne	Einführung Prämie Stilllegung fossil betriebener Pkw	
		ÖPNVFinVO: Förderung auf H ₂ - und strombetriebene Busse beschränken	

Tabelle 15: Zielstrategien, EKP-Maßnahmen und Maßnahmenvorschläge im Sektor Gebäude (Kapitel 5.4)

Energieeffizienzerhöhung durch energetische Sanierung Gebäudehülle	Substitution fossiler Wärmeerzeuger im Bestand	Verbot von fossilen Wärmeerzeugern
EKP-Maßnahmen		
1.06, 1.07, 1.09, 1.10, 1.11, 1.12, 2.04, 3.13, 6.02, 6.03, 6.04, 6.05	1.07, 3.13, 6.03, 6.05	-
Maßnahmenvorschläge		
Einführung Energieberatungspflicht bei Auslösepunkten wie Dachsanierungen inkl. Erstellung eines individuellen Sanierungsplanes	Landeszuschüsse zur Ergänzung BEG-Förderung: Im NWG-Bereich und für einkommensschwache HH	Nutzung der Länderöffnungsklausel nach § 9a GEG zur verpflichtenden Nutzung von erneuerbaren Energien für nicht-öffentliche Gebäude
Verankerung des Vorrangs von Klimaschutzmaßnahmen in den Leitlinien der obersten Denkmalschutzbehörden	Förderung: Gebäude mit schlechtem Sanierungsstand	
Ausweitung des Energiemanagements auf alle Landesliegenschaften (M 1.10)	Stärkung Wärmeerzeugeraustausch in bestehenden EKP-Maßnahmen (M 1.06, M 1.07, M 6.04)	
Fortführung der FRL EuK zur Förderung von Personalkosten zum Energiemanagement in Kommunen und Unternehmen ab 2028 vorbehaltlich positiver Halbzeitevaluierung		
Förderung von Bildungsprogrammen zur Fachkräfte-Sicherung		

Tabelle 16: Zielstrategien, EKP-Maßnahmen und Maßnahmenvorschläge im Sektor Landwirtschaft (Kapitel 5.5)

Abstockung des Tierbestandes	Wirtschaftsdünger- und Gärrestlagerabdichtung	Verbesserung der Bodenbearbeitungsmethoden und der Düngungseffizienz	Ausbau der ökologischen Landwirtschaft	Antriebswechsel bei land- und forstwirtschaftlichen Maschinen
EKP-Maßnahmen				
-	3.14	7.19, 7.52, 7.53, 7.65, 7.66, 7.67, 7.70	7.30, 7.35, 7.39, 7.40, 7.41, 7.43	(7.45)
Maßnahmenvorschläge				
Öffentlichkeitsarbeit und Initiativen zu fleischarmer und veganer Ernährung	Verstetigung der finanziellen Unterstützung für die Abdeckung oder bauliche Veränderung von Gärrestanlagen im Rahmen des ELER-Förderprogramms	Ausweitung von Beratungsangeboten für landwirtschaftliche Betriebe	Landesrechtliche Vorgabe von Flächenanteilen, die unter Ökolandbau liegen sollen	Prämie für die Stilllegung fossil betriebener Landmaschinen sowie Förderung der Anschaffung elektrisch oder mit PtL-Kraftstoffen betriebener Landmaschinen
Fördermaßnahmen zu Haltungsoptimierung und dem Bau emissionsmindernder Rinderställe	Beratungsmaßnahmen im Bereich Wirtschaftsdünger- und Gärrestlagerabdichtung für landwirtschaftliche Betriebe	Ausbau von Personal zur Überprüfung der Einhaltung der DüV	Konversionsunterstützung Ökolandbau durch Beratung und gegebenenfalls ein Förderprogramm	
			Förderung der Umstellung auf Produkte aus regionalen Öko-Landbau in landeseigenen Großküchen, Schulen, Kindergärten und sozialen Einrichtungen	

Tabelle 17: Zielstrategien, EKP-Maßnahmen und Maßnahmvorschläge im Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges (Kapitel 5.6)

Reduzierung der organischen Abfälle	Technische Aufrüstung in der Abwasserbehandlung
EKP-Maßnahmen	
1.02, 4.03, 4.05, 7.33	-
Maßnahmvorschläge	
Beratungsangebote zur direkten Kompostverwertung im Ökolandbau	Fördermaßnahme zur Optimierung von Kläranlagen und der energetischen Nutzung von Klärschlämmen
Informationskampagnen zur richtigen Benutzung der Mülltonnen	
Ausbau von existierenden Beratungsangeboten im Bereich der Abfalltrennung	
Verstärkte Ahndung von Verstößen gegen die Mehrwegangebotspflicht nach § 33 VerpackG: Einwirken auf untere Abfall- und Bodenschutzbehörden	

Tabelle 18: Zielstrategien, EKP-Maßnahmen und Maßnahmenvorschläge im Sektor LULUCF (Kapitel 6.1)

Waldneuanlage und -umbau	Kohlenstoffbewahrende Bodenbewirtschaftung von Ackerböden	Erhalt von und Umwandlung in Dauergrünland	Naturnaher Wasserhaushalt	Wiedervernässung und Schutz von Moorböden	Reduktion der Flächeninanspruchnahme und Stärkung von Entsiegelungen	(Monitoring)
EKP-Maßnahmen						
7.25, 7.26, 7.27, 7.28, 7.72, 7.74	7.07, 7.20, 7.72, 7.74, 7.75	7.20, 7.79	7.06, 7.07, 7.08, 7.78, 7.79	7.17	7.23, 7.24, 7.77	7.14, 7.16, 7.17, 7.18, 9.02
Maßnahmenvorschläge						
Weiterentwicklung der Maßnahmen: Zielmarken Waldumbau- und Waldneuanlage erhöhen	Überprüfung der Anreizsetzung für eine kohlenstoff-akkumulierende Bodenbewirtschaftung in bestehenden Fördertatbeständen	Weiterentwicklung der Maßnahmen: Zielmarken in Förderprogrammen (M 7.20) spezifizieren	Erwerb von natur- und klimaschutz-wichtigen Flächen zur Gewässerrenaturierung	Ausweisung von Vorranggebieten für Klimaschutz auf Moorböden	Zusätzlich zur vorgesehenen Evaluierung und Weiterentwicklung des LEP: Mehr Landschaftsschutzgebiete ausweisen und Grenzen bzgl. Neuausweisung von Siedlungsfläche setzen	Identifizierung der Datenbedarfe zur Verbesserung der LULUCF-Berichterstattung in Zusammenarbeit mit dem Thünen-Institut
Bereitstellung finanzieller Anreize und Beratungsunterstützung für private Waldbesitzer (insbesondere für standortspezifische Klimarisikogutachten und Best-Practice-Verfahren zur Holzernte in Wäldern mit Schutzstatus)	Prämien für nachgewiesene und (möglichst) dauerhafte Bindung von CO ₂ in Böden in Vorbereitung auf die CRCF prüfen und auf dieser Basis ggf. ein Landes-Prämienprogramm aufsetzen			Erwerb von natur- und klimaschutz-wichtigen Flächen zur Wiedervernässung		Aufbau eines C-Monitorings Böden relevanter Landnutzungssysteme
Prüfung weiterer Finanzierungsmöglichkeiten (z. B. Walderhaltungsabgabe)						

A 1.4. Bruttostromerzeugung nach Energieträgern

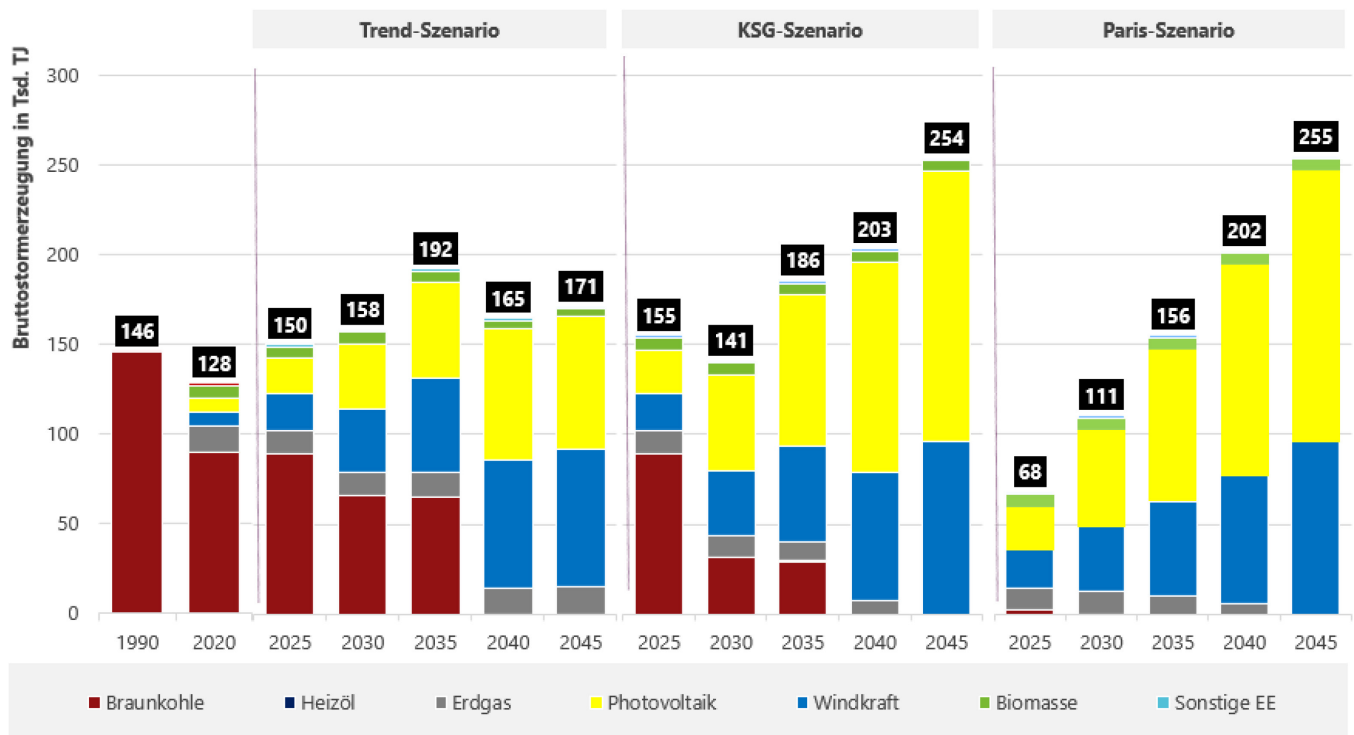


Abbildung 16: Bruttostromerzeugung nach Energieträgern für die Jahre 1990 und 2020 sowie in den Szenarien bis 2045 in Sachsen

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und
Geologie (LfULG)

Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden

Telefon: +49 351 2612-0

Telefax: +49 351 2612-1099

E-Mail: Poststelle.LfULG@smekul.sachsen.de

www.lfulg.sachsen.de

Autor (Kontaktperson):

Dr. Guido Ropers (Arepo GmbH)

Telefon: +49 30 220 124 47

E-Mail: ropers@arepo-consult.com

Ilka Erfurt (Leipziger Institut für Energie GmbH)

Telefon: +49 341 22 47 62 19

E-Mail: ilka.erfurt@ie-leipzig.com

Redaktion:

Janine Henkel

Abteilung 5/Referat 55

Söbrigener Str. 3a, 01326 Dresden

Fotos/Grafiken:

Deckblatt: Janine Henkel

Redaktionsschluss:

08.04.2024

ISSN:

1867-2868

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung,
kann aber als PDF-Datei unter

<https://publikationen.sachsen.de> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung.

*Täglich für
ein gutes Leben.*

www.lfulg.sachsen.de