

Chancen und Risiken von Klimaschutzmaßnahmen



Chancen und Risiken von Klimaschutzmaßnahmen für die Sächsische Wirtschaft

Philip Ulrich, Dr. Katharina Hembach-Stunden, Dr. Britta Stöver,
Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) mbH;

Prof. Dr. Joachim Ragnitz, Anna Kremer, Albert Landsberger, Remo Nitschke,
ifo Institut, Niederlassung Dresden

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	8
1 Einleitung	18
2 Analyse der Ausgangslage	22
2.1 Politische Klimaschutzvorgaben und -maßnahmen.....	22
2.2 Bestehende (Wirkungs-) Studien und Untersuchungen.....	27
2.3 Potenzielle Chancen und Risiken von Klimaschutzmaßnahmen für den Freistaat Sachsen	31
3 Sektorenanalyse des Wirtschaftsstandorts Sachsen	33
3.1 Quantitative Strukturanalyse.....	33
3.1.1 Industrie.....	33
3.1.2 Energiewirtschaft.....	40
3.1.3 Landwirtschaft.....	42
3.1.4 Gebäude.....	48
3.1.5 Verkehr.....	50
3.1.6 Klimaschutzwirtschaft in Sachsen.....	52
3.2 Qualitative Erkenntnisse des Partizipationsprozesses	56
3.2.1 Interviews.....	56
3.2.2 Stakeholder-Workshop.....	59
4 Modellgestützte Szenarioanalyse	62
4.1 Kurzvorstellung der makroökonomischen Modelle.....	62
4.2 Vorstellung der analysierten Szenarien	65
4.2.1 Allgemeines Vorgehen der Szenarioanalyse	65
4.2.2 Definition des Klimaschutz- und Referenzszenarios	67
4.3 Gesamtwirtschaftliche Auswirkungen auf Sachsen und Deutschland	72
5 Handlungsbedarfe und Empfehlungen	77
5.1 Analyse der Chancen und Risiken für die sächsische Wirtschaft.....	78
5.2 Sachsenspezifische Handlungsempfehlungen.....	80
5.2.1 Ausbau erneuerbarer Energien.....	81
5.2.2 Bereitstellung von "grünem" Wasserstoff.....	84
5.2.3 Einsparungen auf der Energienachfrageseite.....	86
5.2.4 Industriepolitische Interventionen.....	90
5.2.5 Anpassungen an den Klimawandel.....	91
6 Fazit	93
7 Literaturverzeichnis	96
A 1 Übersicht (Wirkungs-)Studien	105
A 2 Gliederung der Wirtschaftszweige	107
A 3 Leitfaden Unternehmensinterviews	108

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung des Studiendesigns mit kombinierter Modellanalyse und Partizipationsprozess	21
Abbildung 2 a-f: ...Entwicklung von Umsatz, Beschäftigung und Endenergieverbrauch der Abteilungen in den Fokusbranchen.....	38
Abbildung 3: Bruttostromerzeugung in Sachsen, nach Energieträgern	40
Abbildung 4: Bruttostromerzeugung nach erneuerbaren Energien in Sachsen	41
Abbildung 5: Anteil der Ökosysteme an der Gesamtfläche in den Flächenländern 2018	43
Abbildung 6: Landwirtschaftliche Betriebe in Sachsen nach ihrer betriebswirtschaftlichen Ausrichtung 2020	44
Abbildung 7: Verteilung der Fruchtarten Dauergrünland, Ackerland und Dauerkulturen auf die Fläche und Betriebe in Sachsen, 2020.....	45
Abbildung 8: Bruttowertschöpfung in jeweiligen Preisen je eingesetzter Arbeitskraft in 1 000 Euro 2020.....	47
Abbildung 9: CO ₂ -Emissionen in der Landwirtschaft (in 1.000 t) nach Bundesländern für das Jahr 2019	48
Abbildung 10: Verteilung des Wohngebäudebestandes auf Baualtersklassen 2021	49
Abbildung 11: Bruttobeschäftigung des Ausbaus erneuerbarer Energien in Sachsen	53
Abbildung 12: Einordnung der Fachverbände zur Chancen-Risiken Lage in Deutschland und Sachsen.....	60
Abbildung 13: Schematische Übersicht über INFORGE/PANTA RHEI	63
Abbildung 14: Übersicht über Zusammenspiel der Modelle INFORGE und LÄNDER	64
Abbildung 15: Vergleichsschema Alternativ- und Referenz-Szenario	66
Abbildung 16: Mehrinvestitionen in EE-Ausbau und Heizungstausch in Deutschland (Klimaschutz-ggü. Referenzszenario, Summe über Jahresgruppen, preisbereinigt)	70
Abbildung 17: Bruttostromerzeugung im Referenz- und Klimaschutzszenario nach Energieträger, Deutschland.....	71
Abbildung 18: Abweichungen des Bruttoinlandsproduktes zwischen Klimaschutz- und Referenzszenario (preisbereinigt und aufgeteilt nach Komponenten).....	72
Abbildung 19: Abweichung in der Beschäftigung zwischen Klimaschutz- und Referenzszenario in den Bundesländern, Verteilungsannahme "Trend", relativ in %, sortiert nach den Abweichungen im Jahr 2035.....	74
Abbildung 20: Abweichungen des Produktionswertes (preisbereinigt) zwischen Referenz- und Klimaschutzszenario mit Annahme "Trend" (links) und Anteil an Produktionswert in Sachsen insgesamt (rechts), relativ in %, 2030	76

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Klimaschutzmaßnahmen nach politischer Ebene (Auswahl, eigene Recherche).....	24
Tabelle 2: Überblick über die Fokusbranchen und wichtigsten Wirtschaftszweige in Sachsen	34
Tabelle 3: Bedeutung der Logistik im bundesweiten Vergleich anhand von drei Indikatoren	52
Tabelle 4: Kennzahlen aus der Statistik "Waren, Bau und Dienstleistungen" für den Umweltbereich "Klimaschutz" in Sachsen	55
Tabelle 5: Übersicht zu den zentralen Annahmen in den Szenarien	67
Tabelle 6: Abweichung des Bruttoinlandsproduktes (preisbereinigt) zwischen Referenz- und Klimaschutzszenario "Trend" und "Sachsen Ziel"	74
Tabelle 7: Stärken-Schwächen-Analyse der sächsischen Wirtschaft im Hinblick auf den Klimaschutz	78

Tabellenverzeichnis im Anhang

Tabelle A1: Übersicht über die analysierten (Wirkungs-)Studien.....	105
Tabelle A2: Gliederung der Wirtschaftszweige im Modell LÄNDER	107

Abkürzungsverzeichnis

AP	Arbeitspaket
BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
CCfDs	Carbon Contracts for Differences
CBAM	CO ₂ -Grenzausgleichssystem der Europäischen Union
CGE	Allgemeine Gleichgewichtsmodelle
DEHST	Deutsche Emissionshandelsstelle
E-Auto	Elektroauto
EE	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EED	Energieeffizienzrichtlinie
EKP	Energie- und Klimaprogramm
EU	Europäische Union
EU-EHS	EU-Emissionshandelssystem
ESIA	European Solar PV Industry Alliance
EffSTRA	Energieeffizienzstrategie
FuE	Forschung und Entwicklung
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
GE	Großvieheinheiten
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattstunde
GWh/A	Gigawattstunde pro Jahr
ha	Hektar
IPCEI	Important Projects of Common European Interest
INFORGE	INterindustry FORecasting GErmany
KoaV	Koalitionsvertrag
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KSG	Klimaschutzgesetz
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LF	Landwirtschaftlich genutzte Fläche
LULUCF	Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft
MRIO	Multiregionale Input-Output Tabelle
MW	Megawatt
nEHS	Nationale Emissionshandel
PV	Photovoltaik
RED	Richtlinie für Erneuerbare Energien
StLA	Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen
SIRE	Netzwerk der europäischen Solarindustrieregionen
SMEKUL	Sächsische Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft

THG	Treibhausgas
TWh	Terrawattstunde
UGR	Umweltökonomische Gesamtrechnung
VGR	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen
WindBG	Windenergieflächenbedarfsgesetz
WR	Wachstumsrate
WS	Wasserstoff
WSchVo	Wärmeschutzverordnung
WZ	Wirtschaftszweig
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr

Zusammenfassung

Verschiedene Faktoren, wie beispielsweise politische Klimaschutzvorgaben und -maßnahmen oder die Turbulenzen an den Energiemärkten 2022, führen künftig zu einer (strukturellen) Veränderung der sächsischen Wirtschaft. Die Entwicklung sachsenspezifischer Klimaschutzmaßnahmen wird maßgeblich durch den europäischen grünen Deal von 2019 und dem Klimaschutzgesetz der Europäischen Union (EU) von 2021 sowie dem nationalen Klimaschutzgesetz (2021, Novellierung 2023) auf Bundesebene bestimmt. EU-weit sollen bis 2030 die Netto-Treibhausgasemissionen um mindestens 55 % im Vergleich zu 1990 reduziert werden (Europäische Kommission 2021). Dementsprechend hat die Bundesregierung im Klimaschutzgesetz 2021 Jahresemissionsmengen und THG-Minderungsziele für die Klimaschutzsektoren (Industrie, Energiewirtschaft, Land- und Forstwirtschaft, Gebäude und Verkehr) festgelegt (s. Anlage 2, Bundes-Klimaschutzgesetz 2021). Der Freistaat Sachsen hat die EU- sowie bundesweiten Vorgaben hinsichtlich des Klimaschutzes, der Sicherung der Energieversorgung und Anstrengungen zur Klimaanpassung im Energie- und Klimaschutzplan (EKP) 2021 umgesetzt.

Die geforderten Klimaschutzmaßnahmen stellen die Branchen in den fünf fokussierten Klimaschutz-Handlungsfeldern Industrie, Energiewirtschaft, Land- und Forstwirtschaft, Gebäude und Verkehr vor große und unterschiedliche Herausforderungen. Im wirtschaftlichen Kontext sind Klimaschutzmaßnahmen, die den Ausstoß von Treibhausgasen reduzieren, um ein Fortschreiten des Klimawandels zu verlangsamen bzw. zu stoppen mit zahlreichen Chancen und Risiken für Unternehmen verbunden (BMWK 2022b; DESTATIS 2022). Die Notwendigkeit eines höheren Schutzes der Bevölkerung, Siedlungs- und Infrastruktur vor den Folgen des Klimawandels steigt sachsenweit, da auch Sachsen immer häufiger von Extremwetterereignissen wie Starkregen, Stürmen oder langanhaltender Hitze- und Dürreperioden betroffen ist (SMEKUL 2022). Bisherige Studien haben gezeigt, dass gesamtwirtschaftlich viele Klimaschutzmaßnahmen, vergleichsweise günstig und einfach umzusetzen sind, weshalb sich Klimaschutz unter der Berücksichtigung von vermiedenen Klimawandelfolgen- und Klimawandelanpassungskosten in der Regel rechnet (u.a. Flaute ET AL. 2022). Allerdings werden durch den verstärkten Klimaschutz die einzelnen Branchen, Regionen und private Haushalte unterschiedlich stark betroffen sein.

Ziel dieser Studie ist es, die Chancen und Risiken eben dieser Klimaschutzmaßnahmen für die verschiedenen Wirtschaftszweige in Sachsen und der gesamten sächsischen Wirtschaft aufzuzeigen. Hierfür wird einerseits eine Stärken-Schwächen-Analyse der sächsischen Wirtschaft basierend auf einer detaillierten Branchenanalyse und makroökonomischen (Szenario-) Modellierungen durchgeführt und andererseits durch Interviews mit regionalen Stakeholdern und Stakeholderinnen aus sächsischen Unternehmen und Fachverbänden in Form eines Partizipationsprozesses sowie einem Workshop mit Vertretern und Vertreterinnen aus Fachverbänden ergänzt. Die Interviews fokussierten sich dabei inhaltlich auf die Betroffenheit der Unternehmen durch die Klimaschutzmaßnahmen sowie auf die damit verbundenen Chancen und Risiken. Aus den daraus resultierenden Ergebnissen werden abschließend Empfehlungen erarbeitet, wie die Staatsregierung gemeinsam mit den Stakeholdern die Chancen ambitionierter Klimapolitik erhöhen und die Risiken minimieren kann und eigene Handlungsvorschläge abgeleitet werden.

Bestehende (Wirkungs-) Studien und Untersuchungen

Die Auswertung bisheriger (Wirkungs-) Studien zeigt, dass die Wirkungen von Klimaschutzmaßnahmen meist wirtschaftlich positiv zu bewerten sind. Die Mehrheit der globalen Szenarioanalysen und Prognosen sehen, abhängig von den gewählten Szenarioparametern, in den kommenden Jahren weltweit einen positiven Effekt, hauptsächlich erzielt durch Investitionen in den Ausbau erneuerbarer Energien und Gebäudesanierungen auf globale Wertschöpfung und Beschäftigung (u.a. IEA 2022; IRENA 2022; Eurofound 2019; Zika ET AL. 2021). Globale Entwicklungen haben einen entscheidenden Einfluss auf die Auswirkungen der EU-weiten und deutschlandweiten Anstrengungen im Klimaschutz, etwa durch global gleichgerichtete Klimaschutzanstrengungen die zu positiven Wirtschaftseffekten in der EU führen können und Potential für zusätzliche Exportmöglichkeiten bieten (u.a. Vrontisi ET AL. 2020). Risiken für die wirtschaftliche Entwicklung stellen insbesondere Preiserhöhungen dar (u.a. Többen 2017), wohingegen erhöhte Staatsausgaben und Investitionen in Klimaschutzmaßnahmen sowie ein Multiplikatoreffekt der Investitionen zu positiven Wachstumseffekten führen können (u.a. Mönning ET AL. 2020). Nach 2030 wird durch eine kompensierende Wirkung vieler Klimaschutzmaßnahmen allerdings eine Abschwächung der positiven Effekte höherer Staatsausgaben erwartet (Mönning ET AL. 2020). Abhängig von sektoralen und regionalen Unterschieden wirken sich die Klimaschutzmaßnahmen unterschiedlich auf die ökonomische Entwicklung aus (u.a. Eurofound 2019).

Basierend auf den bisherigen Studien ist für Sachsen der Vorteil einer ambitionierten Energiewende und dem Ausbau erneuerbarer Energien als hoch einzuschätzen und der Ausbau in den Bereichen Solarthermie, Geothermie und Photovoltaik (PV) wirkt sich positiv auf die Beschäftigung aus (u.a. Ulrich & Lehr 2018). Je nach betrachtetem Wirtschaftszweig variiert der Beschäftigungseffekt jedoch, so dass es zu positiven und negativen Auswirkungen kommen kann (MÖNNIG ET AL. 2020; ULRICH ET AL. 2022b). Grundsätzlich führen Investitionen in umweltfreundliche Energietechnologien wie beispielsweise PV, Wind, E-Mobilität oder Wasserstoff potentiell zu positiven Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten. Arbeitsplatzverluste durch den Wegfall im Bereich fossiler Brennstoffe und der Atomkraft werden tendenziell durch den Ausbau von Arbeitsplätzen im Bereich der erneuerbaren Energien kompensiert beziehungsweise ausgeglichen (u.a. IEA 2022; IRENA 2022; Becker & Lutz 2021; O'Sullivan & Edler 2020). Nichtsdestotrotz wird die Umsetzung von Investitionen in Klimaschutzmaßnahmen zu strukturellen Verschiebungen auf den weltweiten Arbeitsmärkten, insbesondere in der Industrie, führen (u.a. IEA 2022; IRENA 2022).

Potenzielle Chancen und Risiken von Klimaschutzmaßnahmen für den Freistaat Sachsen

Basierend auf dem aktuellen Forschungsstand und der entsprechenden Auswertung konnte die Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen sowie eine Steigerung der Wertschöpfung und Beschäftigung auch für den Freistaat Sachsen identifiziert werden. Herausforderungen beziehungsweise Risiken entstehen hingegen durch Preissteigerungen ausgelöst durch Abgaben im Rahmen des Klimaschutzes, Hemmnisse für Investitionen aufgrund von verschiedenen Regulierungen sowie Arbeitsplatzverlusten aufgrund der Einstellung der Kohlestromversorgung bis 2038 (u.a. BRÄUNINGER 2019; HOLTEMÖLLER & SCHULT 2019; DEUTSCHER BUNDESTAG 2020).

Eine Gemeinsamkeit aller befragten Unternehmen ist, dass sie die Betroffenheit durch Klimaschutzmaßnahmen aufgrund ihrer hohen eigenen Energieintensität wahrnehmen, die Maßnahmen jedoch nicht als problematisch eingeschätzten. Interne Unternehmensziele und eine Umsetzung der Anpassungsmaßnahmen im Rahmen der regulären Investitionszyklen deckten die Anforderungen ab und es käme nicht zu erhöhten Zusatzbelastungen. Die Erkenntnisse aus den Stakeholder-Workshops sind recht ähnlich zu den

aus den geführten Interviews. Die Teilnehmenden sehen ihre Branchen zwar einerseits von den Klimaschutzmaßnahmen betroffen, sehen diese aber andererseits nicht als ein großes Problem an. Allerdings wurde auch hier die Versorgungssicherheit, neben der hohen Bürokratie, als die größten Herausforderungen deutlich.




Sektorenanalyse des Wirtschaftsstandorts Sachsen

Im Rahmen der quantitativen Strukturanalyse werden die Sektoren der fünf Klimaschutz-Handlungsfelder Industrie, Energiewirtschaft, Land- und Forstwirtschaft, Gebäude und Verkehr hinsichtlich sachsenspezifischer Entwicklungen und Strukturen analysiert.

In der Industrie wurden basierend auf den Kriterien Umsatzentwicklung und Beschäftigung fünf Fokusbranchen identifiziert und mit Kennzahlen zu Energieverbrauch und CO₂-Emissionen beschrieben: die Metallindustrie, die Elektrotechnik, die Mikroelektronik, der Maschinenbau und die Automobilindustrie (siehe tabellarischer Überblick). Insgesamt entfallen auf diese Branchen rund 60 % der Arbeitsplätze und 64 % des Umsatzes, jedoch nur etwa 36 % der energiebedingten CO₂-Emissionen (u. a. Statistisches Landesamt Sachsen 2023). Da die umsatz- und beschäftigungsstarken Fokusbranchen in Sachsen nicht die größten THG-Emittenten sind, besteht eine Diskrepanz zwischen den für den Umsatz und die Beschäftigung maßgeblich wichtigen Fokusbranchen und den Branchen, die zentral für den Umbau hin zu einer THG-neutralen Industrie sind (z. B. Chemie-, Papier- und Holzindustrie).

Überblick über die Fokusbranchen und wichtigsten Wirtschaftszweige in Sachsen

Fokusbranche	Abteilung (WZ08-2-Steller)	Wirtschaftszweige*	WZ-2008	Beschäftigung⁺	Prägende Strukturmerkmale
Metallindustrie	24 Metallherzeugung und -bearbeitung	Stahlerzeugung	24.1	2 300	
		Gießereien	24.5	6 600	
	25 Herstellung von Metall-erzeugnissen	Stahl- und Leichtmetallbau	25.1	11 200	
		Oberflächenveredlung und Wärmebehandlung Metalle sowie sonstige Mechanik	25.6	13 300	
Mikroelektronik	26 Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen	Halbleiterindustrie, Mikroelektronik	26.1	9 800 (26.1) 19 300 (26)	
Elektrotechnik	27 Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	Elektromotoren, Generatoren	27.1	8 800	
		Batterie- und Akkumulatorenproduktion	27.2	2 000	
Maschinenbau		Maschinenbau	28	41 600	
Automobilindustrie		Fahrzeugbau	29	38 300	
	Hebt sich innerhalb der sächsischen Industrie insgesamt bzw. innerhalb der Fokusbranche durch eine hohe absolute Bedeutung ab (Beschäftigung).				

Fokusbranche	Abteilung (WZ08-2-Steller)	Wirtschaftszweige*	WZ-2008	Beschäftigung ⁺	Prägende Strukturmerkmale
	Hat im Vergleich mit sonst üblichen Schwerpunkten in Deutschland eine überdurchschnittliche Bedeutung für die Beschäftigung (Spezialisierung)				
	Energiekosten sind im Durchschnitt hoch				
	Anteilig haben Umsätze mit Klimaschutzgütern eine große Bedeutung				
* Ggf. Auflistung einer Auswahl der wichtigsten Wirtschaftszweige innerhalb der Fokusbranchen ⁺ Beschäftigung gibt die Anzahl an tätigen Personen im Jahr 2019 an. Quelle: Statistisches Landesamt Sachsen, eigene Darstellung.					

Die Energiewirtschaft und Stromerzeugung werden in Sachsen stark von der Braunkohle dominiert. Bis zuletzt wird der Großteil des sächsischen Stroms (rund 70 %) aus Braunkohle produziert. In den vergangenen Jahren ist der Anteil der EE zwar stark angestiegen (auf etwa 18 % im Jahr 2020), im Vergleich zum deutschlandweiten Anteil (40 %), ist dieser jedoch deutlich niedriger. Erneuerbare Energie wird in Sachsen hauptsächlich aus Windenergie, Photovoltaik und Biomasse gewonnen. Trotz eines stetigen Ausbaus in den vergangenen Jahren, ist das volle Potenzial der EE noch nicht vollständig ausgeschöpft worden und eine Beschleunigung der Transformation der Stromerzeugung ist nötig. Durch den Kohleausstieg werden bis spätestens Ende 2038 über 70 % der Stromproduktion wegfallen. Die befragten Unternehmen und Verbände setzen vor allem große Hoffnung in den Ausbau des Energieträgers Wasserstoff.

Die Analysen der Sektoren Landwirtschaft, Gebäude und Verkehr zeigen strukturelle Abweichungen im Vergleich zum Bundesdurchschnitt. Die Landwirtschaft ist in Sachsen von hoher Bedeutung und trug 2020 rund 848 Mio. Euro zur Bruttowertschöpfung bei. Der durchschnittliche Umsatz (288 Tsd. Euro) liegt ebenso über dem Bundesdurchschnitt wie die durchschnittliche Größe der Betriebe (138 ha) und die pro eingesetzte Arbeitskraft erwirtschaftete Bruttowertschöpfung (28 000 Euro). Mit 257 Tsd. Tonnen emittiertem CO₂ liegt die sächsische Landwirtschaft auch in Bezug auf die THG-Emissionen über dem Bundesdurchschnitt. Allerdings konnten zwischen 2014 und 2020 die THG-Emissionen der sächsischen Landwirtschaft um 7 % reduziert werden (u.a. AK UGR der Länder 2022). Die Betrachtung des Wohngebäudebestandes in Sachsen zeigt Unterschiede zum deutschlandweiten Durchschnitt auf. Das Verhältnis von Wohnungen zu Gebäuden ist in Sachsen mit 2,8 Wohnungen pro Gebäude gegenüber 2,1 in Deutschland höher, zudem gibt es überdurchschnittlich viele Altbauten in Sachsen. Der Heizenergiebedarf der Gebäude und der Anteil unsanierter Gebäude liegt allerdings unter dem Bundesdurchschnitt (u.a. Köveker et al. 2022). Der Verkehr war als zweitgrößter Verursacher von THG-Emissionen in Sachsen verantwortlich für rund 30 % des Endenergieverbrauchs im Jahr 2020 (SMEKUL 2021). Durch die Elbeschifffahrt, die zwei internationalen Flughäfen und drei intermodalen Güterverkehrszentren verfügt Sachsen über eine gute Verkehrsinfrastruktur und gute Anbindung für alle Verkehrsträger. Dies bietet grundsätzlich gute Möglichkeiten den Lkw-Verkehr zu reduzieren und die Schiene im Güterverkehr zu stärken.

Klimaschutz ist ein wichtiges Geschäftsfeld in Sachsen. Hervorzuheben ist die PV-Industrie, die jeden dritten Arbeitsplatz im Bereich erneuerbarer Energien stellt und die Tatsache, dass PV-Module fast ausschließlich von Unternehmen mit Sitz in Sachsen produziert werden (u.a. Ulrich 2023). Im Verhältnis zur Gesamtwirtschaft hat die Querschnittsbranche erneuerbare Energien in Sachsen eine etwas höhere Bedeutung als im bundesweiten Durchschnitt. Insgesamt ist in Sachsen eine deutliche Zunahme des PV-Ausbaus zu erkennen. Bis August 2023 wurden etwa doppelt so viele PV-Anlagen installiert wie im gesamten Jahr 2022 (Solarbranche 2023). Auch die Klimaschutzumsätze entwickeln sich positiv und konnten

in der Industrie zwischen 2013 und 2020 um 64 % gesteigert werden, wobei ein Großteil des Umsatzes auf die identifizierten Fokusbranchen entfällt.

Qualitative Erkenntnisse des Partizipationsprozesses

Zur Ergänzung der Datenauswertung wurden qualitative Erkenntnisse des Partizipationsprozesses hinzugenommen. Im Rahmen des Partizipationsprozesses wurden halbstrukturierte, leitfadenorientierte Interviews mit sächsischen Unternehmen aus verschiedenen Schwerpunktbranchen sowie Stakeholder-Workshops durchgeführt. Die Interviews ergaben, dass die meisten Unternehmen, trotz hoher eigener Energieintensität, die erwarteten Klimaschutzmaßnahmen nicht als problematisch empfanden. Viele Unternehmen hätten intern bereits ehrgeizige Klimaziele ausgegeben, die zum Teil über die aktuellen politischen Forderungen hinausgehen. Zudem würde die Realisierung energieeffizienterer Techniken ohnehin innerhalb der üblichen Investitionszyklen stattfinden. Dieses Bild spiegelte sich auch in den Workshops wider.

Als zentrale Problematik stellten sich jedoch Risiken für die Versorgungssicherheit heraus. Sie müsse beim Wechsel auf erneuerbare Energien zwingend sichergestellt werden. Als eine weitere Hürde bei der anstehenden Transformation wird ein hohes Ausmaß an Bürokratie gesehen. Die Politik wurde aufgefordert, diese abzubauen und klare, langfristige Regelungen zu schaffen, um langfristige Investitionen planbarer zu machen.

Analyse der Chancen und Risiken für die sächsische Wirtschaft

Sachsen weist, in Bezug auf den Klimaschutz, spezifische Chancen und Risiken auf, die sich aus den Stärken und Schwächen des Freistaats ergeben. Zu den Stärken zählt die diversifizierte Wirtschaftsstruktur, die viele Branchen umfasst, die von den Investitionsbedarfen im Rahmen der „Energiewende“ profitieren dürften, wie Maschinenbau, Energietechnik oder Halbleiterindustrie. Auch der geringe Anteil an energieintensiven Branchen und die Forschungsstärke der Hochschulen sind Stärken des Freistaats. Die Kleinteiligkeit der sächsischen Wirtschaft ist jedoch ein zweiseitiges Schwert. Kleinere Unternehmen sind generell flexibler und können schneller und gezielter Anpassungen vornehmen. Zugleich weisen sie jedoch eine geringere Produktivität und höhere Finanzierungsrisiken auf. Auch der zunehmende Mangel an Arbeitskräften und die geringe Ausbaugeschwindigkeit bei den erneuerbaren Energien gehören zu den Schwächen Sachsens.

Der zu erwartende Aufschwung in der Elektromobilität kann eine Chance für die in Sachsen breit aufgestellte Automobilbranche sein, selbst wenn einzelne Zulieferer durch den Wandel ihr Geschäftsfeld verlieren werden. Auch die Entwicklung von effizienten Technologien und die Herstellung von PV-Anlagen weisen ein großes Potenzial für die Zukunft auf. Als Risiken müssen hingegen der demografische Wandel, die langfristige Preisentwicklung der Energieträger und eine mögliche Gefährdung der Versorgungssicherheit gesehen werden. Auch die in Teilen der Bevölkerung geringe Bereitschaft, den Transformationsprozess mitzutragen, könnte sich zu einem Problem auswachsen.

Modellergebnisse

Die durchgeführte Szenarioanalyse modelliert Maßnahmenpakete der deutschen Klimaschutzpolitik, um anhand dessen die Wirkungen auf die sächsische Wirtschaft abschätzen zu können. Die Analyse wird mittels eines Klimaschutz- sowie eines Referenzszenarios durchgeführt. Die Ergebnisse der Szenarioanalyse dienen als Grundlage für eine umweltökonomische Bewertung der Ergebnisse der einzelnen Szenarien sowie einer Darstellung der Chancen und Risiken für die sächsische Wirtschaft allgemein sowie speziell für die identifizierten Fokusbranchen.

Die zentrale Annahme des Klimaschutzszenarios ist, dass die Maßnahmenpakete für Deutschland zu einem Erreichen der gesteckten Ziele führen. Die getroffenen Annahmen werden primär für Deutschland variiert, einzelne Maßnahmen werden jedoch sachsenspezifisch angepasst. Im Klimaschutzszenario wird davon ausgegangen, dass das Ziel von 80 % Anteil der erneuerbaren Energien (EE) am Stromverbrauch für Deutschland im Jahr 2030 und somit bis 2045 eine THG-neutrale Stromproduktion erreicht werden können. Nach 2030 sind die politischen Ziele und Instrumente zwar weniger konkret, jedoch wird eine Weiterführung des Ausbaupfades bis 2040 zugrunde gelegt. Auch im Wohngebäudebereich werden deutliche Fortschritte gemacht. Der Heizungstausch verläuft zielkonform mit einem Zubau von Wärmepumpen, der sich bis 2030 auf 500.000 Stück und ab 2036 auf 800.000 Stück jährlich belaufen wird (vgl. Zika ET AL. 2023). Auch die nationale Wasserstoffstrategie wird im Klimaschutzszenario umgesetzt und führt bis 2045 zu 175 TWh erneuerbaren Strom in der Produktion. Aufgrund der Sektorkopplung ist von einem deutlich höheren Stromverbrauch auszugehen, der durch eine zunehmende Elektrifizierung der Energieversorgung in der Industrie und im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen verstärkt wird. Eine der Klimaschutzmaßnahmen ist die Erhöhung der CO₂-Preise in der nationalen und EU-weiten Bepreisung. Die Preise sind im Jahr 2040 im nationalen Emissionshandel um 50 % und im EU-Emissionshandel um 23 % höher als im Referenzszenario. Im Gegensatz zum Klimaschutzszenario wird im Referenzszenario von einem trendmäßigen Entwicklungspfad mit unzureichenden Klimaschutzmaßnahmen ausgegangen. Die Trendfortschreibung führt dazu, dass die Ziele im Vergleich zum Klimaschutzszenario überwiegend, etwa beim EE-Ausbau oder den Zielen der Wasserstoffstrategie, nur zur Hälfte erreicht werden können. Zwar ist auch im Referenzszenario von einem Anstieg des Stromverbrauchs auszugehen, doch dieser ist niedriger als im Klimaschutzszenario und kann zudem nicht vollständig aus erneuerbaren Energiequellen gedeckt werden. Eine Gemeinsamkeit beider Szenarien ist das Zugrunde liegen des Kohleausstiegs bis 2038 sowie der allgemeine Anstieg des Stromverbrauchs bis 2040, wobei sie sich in den jeweiligen Auswirkungen unterscheiden. Im Referenzszenario erfolgt der EE-Ausbau im Stromsektor nur halb so schnell, zusätzlich muss der Kohleausstieg durch eine höhere Erdgasverstromung kompensiert werden. Im Klimaschutzszenario kann dieser Anteil hingegen auf 9 % reduziert werden. Im Verkehrssektor sind die Annahmen beider Szenarien identisch. Da der Ausbau der E-Mobilität ansteigt, trägt dies ebenfalls zum Anstieg des Stromverbrauchs bei. Die Sektorziele zur Emissionsreduzierung werden jedoch hier nicht erreicht.

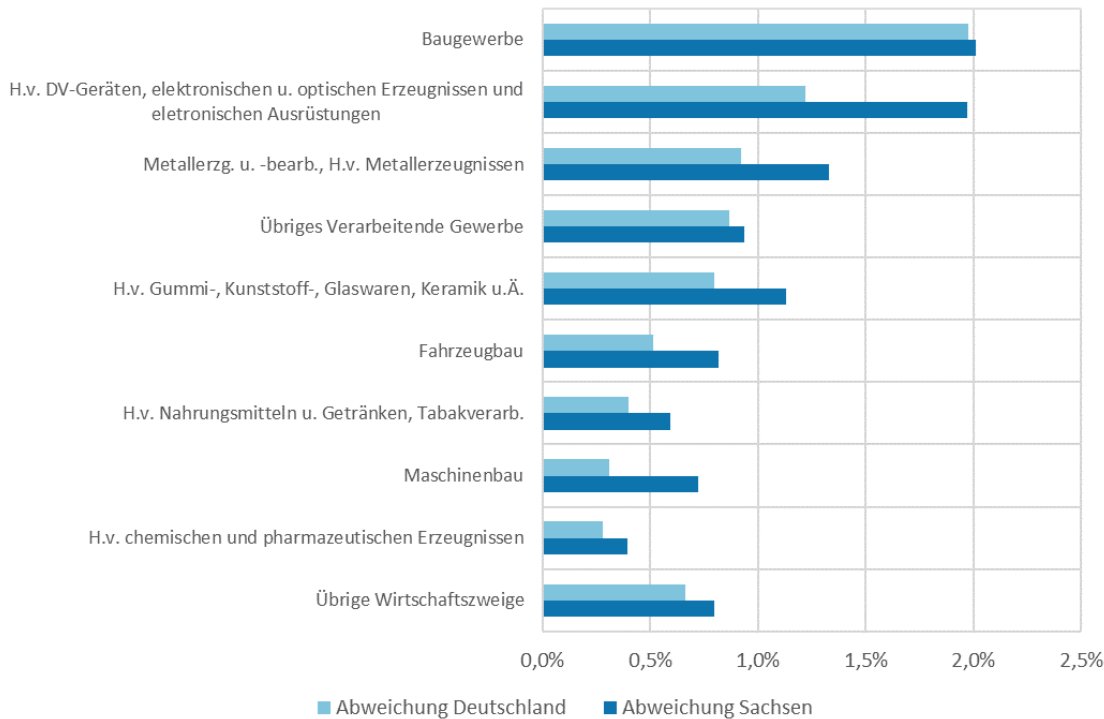
Da die 16 Bundesländer konsistent in die nationale Entwicklung eingebettet werden, ist die sächsische Wirtschaft mit ihrer Endnachfrage, Produktion sowie Bruttowertschöpfung vollständig im Modell abgebildet und Sachsen wird hinsichtlich der Bedeutung innerhalb der deutschen Wirtschaft und seinen gesamtwirtschaftlichen Entwicklungen empirisch erfasst. Regionalspezifische Annahmen werden beispielsweise beim Ausbau erneuerbarer Stromerzeugungsanlagen, insbesondere Windenergie, getroffen, da die regionale Investitionsverteilung von der gesamtwirtschaftlichen Verteilung im Basisjahr abweicht. Hier legt die sachsenspezifische Annahme „Trend“ die regionale Verteilung der Investitionen bis 2040 basierend auf den technologiespezifischen Neuinstallationen in der Vergangenheit fest und hinterlegt die Ergebnisse als plausible Verteilung für zusätzliche Investitionen in Sachsen bis 2040. In der Annahme „Ziel Sachsen“ wird der Ausbaupfad der erneuerbaren Energien so hinterlegt und angepasst, dass über den Anteil Sachsen am EE-Ausbau innerhalb Deutschlands das im Energie- und Klimaschutzprogramm genannte Ziel erreicht wird. Die sachsenspezifischen Annahmen führen im Ergebnis dazu, dass unter der Annahme „Trend“ durchschnittlich etwa 400 Mio. Euro mehr zwischen 2026 und 2030 in den EE-Ausbau investiert wird als im Referenzszenario. Unter der Annahme „Ziel Sachsen“ kommt es zu zusätzlichen Investitionen von jährlich 130 Mio. Euro.

Laut den Modellergebnissen ist das preisbereinigte Bruttoinlandsprodukt (BIP) in Deutschland im Jahr 2040 im Klimaschutzscenario um etwa 40 Mrd. Euro höher als im Referenzscenario (vgl. nachfolgende Tabelle "Abweichung des Bruttoinlandsproduktes"). Wegen höherer Investitionen kommt es im Klimaschutzscenario zu einer gestiegenen Endnachfrage, die zu einer gestiegenen Nachfrage im Inland, einer höheren Produktion in fast allen Wirtschaftsbereichen sowie zu einer höheren Beschäftigung (um etwa 84 Tsd. Beschäftigte höher) führen. Die Preisentwicklung fällt im Klimaschutzscenario ab 2030 ebenfalls höher aus als in der Referenz, was sich unter anderem durch die Annahme der höheren CO₂-Ausgaben sowie modellendogen ergibt. Der Preisanstieg hat zwar einerseits eine Verteuerung der inländischen Produktion zur Folge, was jedoch durch die positiven Auswirkungen zusätzlicher Investitionen kompensiert wird. Die durch einen höheren Klimaschutz benötigten Investitionen führen unter der Annahme „Trend“ im Jahr 2030 zu einem Anstieg des BIPs in Sachsen um ca. 1,7 Mio. Euro und 2040 um 2,1 Mrd. Euro. Unter der Annahme „Ziel Sachsen“ kommt es 2030 hingegen um einen Anstieg des BIPs um 1,8 Mrd. Euro. Im Jahr 2040 sind es ebenfalls rund 2,1 Mrd. Euro. Da ein Großteil der Investitionen vor 2040 bereits erfolgt sind, kommt es im Jahr 2040 zu keinen Veränderungen zwischen den sachsenspezifischen Annahmen.

Abweichung des Bruttoinlandsproduktes (preisbereinigt) zwischen Referenz- und Klimaschutzscenario "Trend" und "Sachsen Ziel"

Szenario / Variante	BIP-Abweichungen in Sachsen	2030	2035	2040
Klimaschutz "Trend"	Absolut, in Mrd. Euro	1,7	2,1	2,1
	Relativ, in %	1,3%	1,5%	1,5%
Klimaschutz "Sachsen Ziel"	Absolut, in Mrd. Euro	1,8	2,2	2,1
	Relativ, in %	1,3 %	1,5 %	1,5 %
Klimaschutz, z. Vgl. in Deutschland	Absolut, in Mrd. Euro	36,3	42,6	40,8
	Relativ, in %	1,0%	1,2%	1,1%

Ein Anstieg des EE-Ausbaus wirkt sich unter der Annahme „Trend“ positiv auf alle anderen Bundesländer aus, insbesondere die ostdeutschen. Diese Effekte haben jedoch auch strukturelle Hintergründe. Insgesamt kommt es im Klimaschutzscenario gegenüber dem Referenzscenario zu einer Produktionssteigerung von 1 %, die sich jedoch unterschiedlich stark in den verschiedenen Branchen äußert (vgl. nachfolgende Abbildung). Mit 2 % ist die Abweichung im Produktionswert im Bereich „Baugewerbe“ am höchsten. In Bezug auf die sachsenspezifischen Fokusgruppen ist die höchste Abweichung in der "Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen“ (2 %) zu erkennen, gefolgt von der „Metallerzeugung und -bearbeitung sowie Herstellung von Metallerzeugnissen“ (1,3 %) und der Automobilindustrie (0,8 %) sowie dem Maschinenbau (0,7 %). Zum Vergleich: Im Bundesdurchschnitt ergibt sich daraus bei ersterem eine Abweichung von 1,2 %, bei zweiterem von 1 % und bei letzterem von 0,5 % bzw. 0,3 %. Es wird darüber hinaus deutlich, dass die sachsenspezifischen industriellen Fokusbranchen nicht den Großteil der sächsischen Wertschöpfung ausmachen. Nur rund 18,2 % der Produktion entfallen auf diese Branchen. Die größten Anteile am Produktionswert in Sachsen haben stattdessen Dienstleistungsbranchen wie beispielsweise Handel, Verkehr, oder Lagerei und Gastgewerbe. Diese sind auch positiv betroffen, teilweise liegen die relativen Abweichungen über jener der einzelnen industriellen Branchen.



Abweichungen des preisbereinigten Produktionswertes zwischen Referenz- und Klimaschutzszenario (relativ in % für 2030)

Durch den höheren Stromverbrauch zählt die Energieversorgung zu den Wirtschaftszweigen mit den höchsten relativen Abweichungen. Eine sachsenspezifische Auswertung zeigt zwar strukturelle Abhängigkeiten, aber nicht im Kontext der eigentlichen Herausforderung: Sowohl im Klimaschutz- als auch Referenzszenario verliert Sachsen deutliche Anteile an der bundesweiten Stromproduktion und jeder Kapazitätsausbau bei den erneuerbaren Energien bis 2040 schwächt diese Wertschöpfungsverluste ab.

Insgesamt überwiegen in der Szenarioanalyse die wirtschaftlichen Chancen, die sich aus mehr Klimaschutz ergeben, insbesondere in den für Sachsen wichtigen Fokusbranchen. Die überproportionale Bedeutung der Branchen Mikroelektronik/Elektrotechnik und Stahlindustrie aber auch des Baugewerbes, ist ein Vorteil für Sachsen

Handlungsbedarfe und Empfehlungen

Das Ende 2022 novellierte Klimaschutzgesetz schreibt Treibhausgasneutralität bis 2045 vor. Dieses Ziel kann nur mit einer nahezu vollständigen Dekarbonisierung der Wirtschaft und der privaten Haushalte erreicht werden. Dafür wird eine weitgehende Elektrifizierung aller Bereiche stattfinden müssen. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen sowohl das Angebot an erneuerbaren Energien ausgebaut und Einsparungsmöglichkeiten beim Verbrauch konsequent genutzt werden.

Um den Ausbau der erneuerbaren Energien in Sachsen voranzutreiben, müssen zügig die erforderlichen Flächen bereitgestellt werden. Ein weiterer wichtiger Punkt ist der beschleunigte Abbau von Bürokratie bei der Genehmigung von Wind- und großflächigen Solaranlagen. Die Digitalisierung der Bearbeitung von Anträgen und die Bereitstellung ausreichender Personalkapazitäten in den hierfür zuständigen Verwaltungseinrichtungen können hier helfen.

Besondere Bedeutung kommt dem Ausbau der Netzinfrastruktur zu. Auf die Verteilnetze kommen durch die zunehmende Dezentralisierung der Stromerzeugung in Zukunft stark erhöhte Lasten zu. Es muss darauf

ausgerichtet werden, zukünftig mit temporären Überlastungen stabil umzugehen. Auch Übertragungsnetze müssen für eine bessere Allokation der Energie auf größere Entfernungen angepasst werden, um die Versorgungssicherheit jederzeit gewährleisten zu können. Sachsen kann seinen bundespolitischen Einfluss geltend machen, um eine schnellere Umsetzung der gesamtdeutschen Netzausbaupläne zu erreichen. Eine Umgestaltung der Netzentgelte und eine weitere Stärkung von Energiegenossenschaften können die Akzeptanz von Infrastrukturmaßnahmen in der Bevölkerung erhöhen. Darüber hinaus ist verstärkt in Speicheranlagen zu investieren, um der Volatilität der erneuerbaren Energien begegnen zu können.

Die Förderung der notwendigen Investitionen sollte technologieoffen sein und sich an den zu erwartenden Stromerträgen je gefördertem Euro orientieren. Auch bei der Förderung sollten die bürokratischen Hürden möglichst niedrig gehalten werden.

Als klimaneutrale Alternative für die Nutzung von Erdgas als Energieträger wird aktuell vor allem „grüner“ Wasserstoff diskutiert. Sachsen mit seinen Technischen Universitäten und den vielen Unternehmen im Maschinenbau und der Elektrotechnik hat sehr gute Voraussetzungen, die Entwicklung effizienterer Elektrolyseure voranzutreiben. Keine besonderen Vorteile hat Sachsen jedoch bei der Produktion von grünem Wasserstoff, da hierfür die nördlichen Bundesländer aufgrund ihrer Topografie bessere Voraussetzungen aufweisen. Vorteilhaft ist es, dass Sachsen vom beginnenden Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur (Leitungen und Speicher) frühzeitig profitieren kann; dies könnte künftig zu einem Standortvorteil für Sachsen werden.

Um die Klimaschutzziele zu erreichen, muss aber auch die Energieeffizienz in allen relevanten Bereichen gesteigert werden. Sachsen ist gesetzlich dazu verpflichtet, trotz voraussichtlich steigender Energienachfrage zwischen 2024 und 2030 jährlich 0,205 TWh einzusparen. Sowohl die Wirtschaft, die Haushalte als auch der Verkehr müssen ihren Anteil dazu leisten. Generell sollten Investitionen in energiesparende Techniken bei knappen Mitteln vorrangig dort vorgenommen werden, wo diese bei gegebenem Aufwand den höchsten Effekt bringen.

Um die Energieeffizienz zu steigern, ist die Entwicklung neuer energiesparender Technologien notwendig. Ein Anreiz hierfür entsteht allein schon durch die steigenden Energiepreise. Eine Förderung von angewandter Forschung kann jedoch das Tempo erhöhen. Im Bereich der Grundlagenforschung bedarf es hierfür jedoch auch einer auskömmlichen Finanzausstattung, da Forschungsergebnisse nicht ohne weiteres am Markt verwertet werden können.

Bei den Haushalten haben Einsparungen bei der Wärmeversorgung das größte Potenzial. Hier hat Sachsen mit seinem gut ausgebauten Fernwärmenetz bereits heute einen Vorteil, der künftig noch ausgebaut werden sollte. In Haushalten, die nicht an das Fernwärmenetz angeschlossen werden können, ist hingegen die Installation von Wärmepumpen das Mittel der Wahl, was aber in vielen Fällen umfassende Maßnahmen zur Gebäudesanierung notwendig machen dürfte. Förderprogramme in diesem Bereich wurden bereits durch die Bundesregierung angekündigt.

Für den Verkehr ist der Umstieg auf Elektromobilität zwingend notwendig. Um die Nutzung elektrischer Fahrzeuge attraktiver zu machen, muss vor allem die Ladeinfrastruktur flächendeckend ausgebaut werden und kundenfreundlicher ausgestaltet werden. Darüber hinaus sollten Alternativen zum motorisierten Individualverkehr besser ausgebaut werden, insbesondere durch Investitionen in den ÖPNV sowie, im Bereich des Güterfernverkehrs, in die Eisenbahninfrastruktur. Auch negative Anreize wie eine Citymaut können zu einer Senkung des Verkehrsaufkommens beitragen.

Durch die notwendige grundlegende Umstrukturierung der Wirtschaft wird es einige Branchen geben, die als Gewinner daraus hervorgehen und andere deren Geschäftsmodell nicht mehr profitabel ist. Die Politik sollte dem Reflex widerstehen, bedrohte Branchen durch finanzielle Unterstützung künstlich am Leben zu halten. Solche Erhaltungssubventionen sind in der Regel nicht dazu geeignet, einen Zusammenbruch nicht länger wettbewerbsfähiger Strukturen zu verhindern und verursachen letzten Endes weitaus größere (soziale und fiskalische) Kosten als wenn rechtzeitig auf eine Anpassung gesetzt worden wäre. Auch Arbeitskräfte, die gefährdet sind durch den Wandel arbeitslos zu werden und/oder deren Fähigkeiten weniger nachgefragt werden, sollten schon heute durch Weiterbildungen auf die veränderten Bedingungen vorbereitet werden.

Die Förderung zukunftssicherer Geschäftsmodelle und Branchen scheint deshalb sinnvoller. Doch auch hier besteht die Gefahr, dass die Politik auf „das falsche Pferd setzt“. Die identifizierten sächsischen Fokusbranchen haben sich in den Modellrechnungen als Profiteure herausgestellt.

Auch mit Erreichung der deutschen Klimaschutzziele wird der globale Klimawandel vermutlich nicht mehr abgewendet werden können. Deshalb muss auch über Anpassungen an den Klimawandel nachgedacht werden. Die Landwirtschaft ist besonders betroffen von den klimatischen Veränderungen. Hier sollte auf angepasste Pflanzensorten und wassersparende Bewässerungstechniken gesetzt werden. Zunehmenden Extremwetterlagen kann zudem mit städtebaulichen Mitteln wie der Schaffung neuer Grünflächen oder dem Freihalten von Frischluftschneisen begegnet werden. Eine nach versicherungsmathematischen Grundsätzen kalkulierte Pflichtversicherung für Elementarschäden ist ein weiteres Mittel, um risikovermeidendes Verhalten zu stärken.

Die verstärkte Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen bedeutet Chancen und Risiken für die sächsische Wirtschaft. Die Umstellung auf eine treibhausgasneutrale Wirtschaft erfordert einen mittel- bis langfristigen Strukturwandel, der durch politische (Begleit-) Maßnahmen gestaltet werden muss. Um die wirtschaftlichen Vorteile nutzen zu können, muss die sächsische Politik klare Signale setzen, Entwicklungen genau beobachten und mutige Schritte unternehmen, um vorneweg zu gehen.

1 Einleitung

Die Bundesregierung hat im Juni 2023 eine Neufassung des Klimaschutzgesetzes (KSG) auf den Weg gebracht und ein umfassendes neues Klimaschutzprogramm vorgelegt. Auch die sächsische Staatsregierung misst dem Klimaschutz in ihrem Koalitionsvertrag hohe Bedeutung zu; Ziele und Maßnahmen wurden im Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2021 genauer festgeschrieben. Die Turbulenzen an den Energiemärkten im Jahre 2022 zeigen zudem, dass die Anstrengungen für eine ressourceneffizientere Wirtschaftsweise und einen noch schnelleren Ausbau regenerativer Energien nochmals intensiviert werden müssen. All dies führt zukünftig zu (strukturellen) Veränderungen in der Wirtschaft, die aller Voraussicht nach weitaus stärker sein werden als in der Vergangenheit.

Die Ausgangslage für die Analyse der Chancen und Risiken von Klimaschutzmaßnahmen im Rahmen dieser Studie bilden wissenschaftliche Veröffentlichungen aus den letzten fünf bis sechs Jahren. Angesichts des fortschreitenden Klimawandels besteht weitestgehend der wissenschaftliche und politische Konsens, dass Investitionen in Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsmaßnahmen nicht nur alternativlos, sondern auch volkswirtschaftlich vorteilhaft sind. Dabei gibt es häufig noch Unterschiede in den Details zur Umsetzung, z. B. bezüglich der Höhe der erforderlichen Investitionen oder des Zeithorizonts, in dem Maßnahmen umgesetzt werden sollen (u.a. IRENA 2022; IEA 2022; RAMET AL. 2022). Grundsätzlich lohnen sich viele Klimaschutzmaßnahmen auch einzelwirtschaftlich, es sind sogenannte "No-regret Maßnahmen" (HALLEGATTE 2014). Bei anderen Maßnahmen benötigen Unternehmen und Haushalte Unterstützung, weil sich deren Umsetzung nicht oder nur sehr langfristig rechnen. Risiken bestehen allerdings darin, dass regulatorische Einzelmaßnahmen zusätzlich zu übergreifenden Maßnahmen wie einer CO₂-Bepreisung zu Verlagerungen der CO₂-Emissionen führen können und damit das übergeordnete Ziel die Gesamtemissionen insgesamt zu senken verfehlt wird. Zudem besteht die Gefahr von unerwünschten Mitnahmeeffekten und Wohlfahrtsverlusten (GEMEINSCHAFTSDIAGNOSE 2023).

Ziel der Studie

Ziel der Studie ist es, Chancen und Risiken von Klimaschutzmaßnahmen für verschiedene Wirtschaftszweige in Sachsen und der gesamten sächsischen Wirtschaft aufzuzeigen. Die Stärken-Schwächen-Analyse der sächsischen Wirtschaft basiert auf einer detaillierten Branchenanalyse und makroökonomischen (Szenario-) Modellierungen, die projektbegleitend mit Stakeholdern (Unternehmen, Verbänden, Kommunen etc.) diskutiert wurden. Ausgehend von den Analyseergebnissen werden Empfehlungen erarbeitet, wie die Staatsregierung gemeinsam mit den Stakeholdern die Chancen ambitionierter Klimapolitik erhöhen und die Risiken minimieren kann.

Bisherige Studien haben gezeigt, dass gesamtwirtschaftlich viele Klimaschutzmaßnahmen, vergleichsweise günstig und einfach umzusetzen sind, weshalb sich Klimaschutz unter der Berücksichtigung von vermiedenen Klimawandelfolgen- und Klimawandelanpassungskosten in der Regel rechnet (FLAUTEET AL. 2022; DEUTSCHE BUNDESBANK 2022; GILLINGHAM 2019). Auf Grund dessen sind (Szenario-) Analysen, die Klimaschutzmaßnahmen nicht berücksichtigen, nicht mehr zeitgemäß. Dadurch werden die Effekte und Abweichungen zwischen einzelnen Szenarien immer kleiner und es kommt zu weniger kontroversen Aussagen in der Wissenschaft. Das häufigste Ergebnis einschlägiger Studien und Gutachten ist, dass ambitionierter Klimaschutz in Form von Investitionen in den Ausbau erneuerbarer Energien und in Energieeffizienz, aber auch begleitet durch gezielte CO₂-Abgaben, langfristig und auf die Gesamtwirtschaft positive Wirkungen hat (BECKER & LUTZ 2021). Dabei spielt eine wichtige Rolle, dass eine neue Klimaschutzwirtschaft entsteht, die auch international viele Chancen für neue Absatzmärkte bietet (IEA 2022). Allerdings ist verstärkter Klimaschutz mit strukturellem Wandel verbunden, der einzelne Branchen, Regionen wie auch private Haushalte unterschiedlich trifft.

Methodik

Zwei Aspekte müssen bei der Interpretation modellgestützter Analysen beachtet werden: Zum einen basieren die Ergebnisse immer auf Annahmen, die je nach Schwerpunkt der Fragestellung unterschiedlich gewählt und umgesetzt werden. Unter anderem hat der definierte Betrachtungszeithorizont einen Einfluss auf die beobachteten Effekte. Dadurch können sich z.B. Analyseergebnisse von Studien, die sich auf mittelfristige Entwicklungen bis 2030 konzentrieren, von Studien, die die langfristige Entwicklung bis 2050 und darüber hinaus im Fokus haben unterscheiden. Zum anderen bedeutet eine positive Wirkung auf - beispielsweise - das Bruttoinlandsprodukt nicht, dass die Wirkungen auf alle Teile der Wirtschaft und Gesellschaft gleichermaßen positiv ausfallen. Mit einer stärkeren regionalen oder branchenspezifischen Ausdifferenzierung ergeben sich deutliche Unterschiede und positive wie negative Wirkungen. In der zu erstellenden Studie wird die modellgestützte Analyse so ausgearbeitet, dass sowohl die Annahmen als auch die Ergebnisauswertung auf die spezifische Situation des Freistaates Sachsen ausgerichtet sind.

Ergänzt wird die quantitative Analyse im Studiendesign um den Einbezug regionaler Stakeholder und Stakeholderinnen aus sächsischen Unternehmen oder Fachverbänden in Form eines Partizipationsprozesses. Hierzu wurden Interviews mit Unternehmensvertreterinnen und Unternehmensvertretern sowie ein Workshop mit Vertretern und Vertreterinnen aus Fachverbänden durchgeführt. Der inhaltliche Fokus der Interviews lag dabei auf der Betroffenheit der Unternehmen durch die Klimaschutzmaßnahmen sowie auf den damit verbundenen Chancen und Risiken. Darauf aufbauend wurden die betrieblichen Zukunftserwartungen der Unternehmen thematisiert. Außerdem wurden betriebliche Anpassungsstrategien und erfolgreiche Geschäftsmodelle diskutiert. Methodisch wurden hierfür halbstrukturierte, leitfadenorientierte Interviews durchgeführt. Bei dieser Methode liegt den Interviews ein inhaltlicher Leitfaden zugrunde, welcher die wichtigsten Themenschwerpunkte vorgibt. Gleichzeitig gibt die Methode den befragten Personen jedoch auch genug Freiraum, darüberhinausgehende individuelle Schwerpunkte zu setzen. Im Rahmen des anschließenden Workshops wurde der Fokus auf die Herausforderungen von Klimaschutzmaßnahmen aus der übergeordneten Branchenperspektive gelegt. Die Vertreter und Vertreterinnen aus den Fachverbänden wurden dabei mit den Ergebnissen der Unternehmens-Interviews konfrontiert und gebeten, ihre Einschätzung zur Situation aus Branchenperspektive abzugeben. Zum Projektende hat ein weiterer Workshop mit allen am Projekt beteiligten und weiteren interessierten Stakeholdern und Stakeholderinnen aus regionalen Unternehmen und Fachverbänden stattgefunden, wobei gemeinsam mit den Teilnehmerinnen und Teilnehmern, die im Rahmen der Studie erlangten Ergebnisse sowie daraus folgende wirtschaftspolitische Implikationen diskutiert wurden. Die im Rahmen dieses Partizipationsprozesses erlangten Hinweise der Wirtschaft für mögliche Vorschläge an die Politik spiegeln sich abschließend bei der Ableitung eigener Handlungsvorschläge wider.

Klimawandelfolgekosten

In den vergangenen Jahren traten in Sachsen wiederholt Extremwetterereignisse wie Starkregen, Stürme oder langanhaltende Hitze- und Dürreperioden auf (SMEKUL 2022). Insbesondere die Land- und Forstwirtschaft steht angesichts des über mehrere Jahre aufgebauten Niederschlagsdefizits vor großen Herausforderungen. Zudem steigen die Anforderungen zum Schutz von Bevölkerung, Siedlungs- und Infrastruktur vor den Folgen des Klimawandels (ebd.). Insgesamt sind die volkswirtschaftlichen Folgekosten des Klimawandels für Deutschland als hoch einzuschätzen. Abhängig vom Ausmaß des Fortschreitens des Klimawandels werden auch die Schadens- und Anpassungskosten ansteigen. Besonders starken Einfluss haben Effekte des Klimawandels, die zu nationalen bzw. globalen Preissteigerungen führen, u. a.

Ertragsausfälle in der Landwirtschaft, Schäden an Gebäuden und Infrastruktur durch Starkregen, Überschwemmungen oder Flut, oder internationale Lieferengpässe bei Zwischenprodukten und Rohstoffen (FLAUTE ET AL. 2022).

Der sächsische Einfluss auf den globalen Klimawandel ist sehr gering. Dennoch muss auch Sachsen seinen Beitrag leisten, um den Klimawandel im Sinne des Abkommens von Paris jedoch auf unter 1.5 (oder 2 Grad) zu begrenzen.

Die direkten, absehbaren Klimawandelfolgen in Sachsen lassen sich am besten mit Anpassungsmaßnahmen vor Ort reduzieren., muss Sachsen seinen Beitrag leisten. Global betrachtet ist Klimaschutz um ein Vielfaches günstiger als der ungebremste Klimawandel, so dass sich Klimaschutz vor dem Hintergrund der Klimawandelfolgekosten fast immer lohnt (GILLINGHAM 2019). Der Fokus dieser Studie liegt auf der Analyse der Auswirkungen von Klimaschutzmaßnahmen. Klimawandelfolgekosten werden adressiert, aber im Rahmen dieser Studie nicht in den Kontext der Chancen und Risiken eingeordnet, da die Risiken kaum kalkulierbar sind. In den bisherigen Studien werden Klimawandelfolgekosten weitestgehend nicht beachtet, der Fokus lag allein auf den Effekten des Klimaschutzes.

Definition Klimaschutzmaßnahmen

Klimaschutzmaßnahmen umfassen Maßnahmen, die den Ausstoß von Treibhausgasen reduzieren, um ein Fortschreiten des Klimawandels zu verlangsamen bzw. zu stoppen (BMWK 2022b; DESTATIS 2022). Maßnahmen, die dem Klimaschutz dienen, müssen dabei nicht primär aus der Perspektive des Klimaschutzes motiviert sein. Energieeffizienz dient auch dem Ziel der Reduktion von Energiekosten und der Unabhängigkeit von Energiepreisen. Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbare Energien reduziert die Abhängigkeit von häufig importierten Brennstoffen und volatilen Importpreisen (ebd.). Klimaschutzmaßnahmen werden in der Studie vor allem dann berücksichtigt, wenn sie Teil der internationalen und nationalen politischen Programme sind, die den Klimaschutz als Ziel formulieren. Das Übereinkommen von Paris im Jahr 2015 setzte hier einen Startpunkt für deutlich ambitioniertere Ziele und zielorientiertes Handeln der Politik in der Europäischen Union (EU), in Deutschland und im Freistaat Sachsen. Viele bis dahin schon bestehende Maßnahmen und Instrumente werden nun verstärkt in Klimaschutzprogrammen gebündelt und abgestimmt. Auf EU-Ebene geschieht dies konkret im Rahmen des Grünen Deals, auf nationaler Ebene im Klimaschutzgesetz der Bundesregierung und sachsenspezifisch im Energie- und Klimaprogramm (EKP) aus 2021.

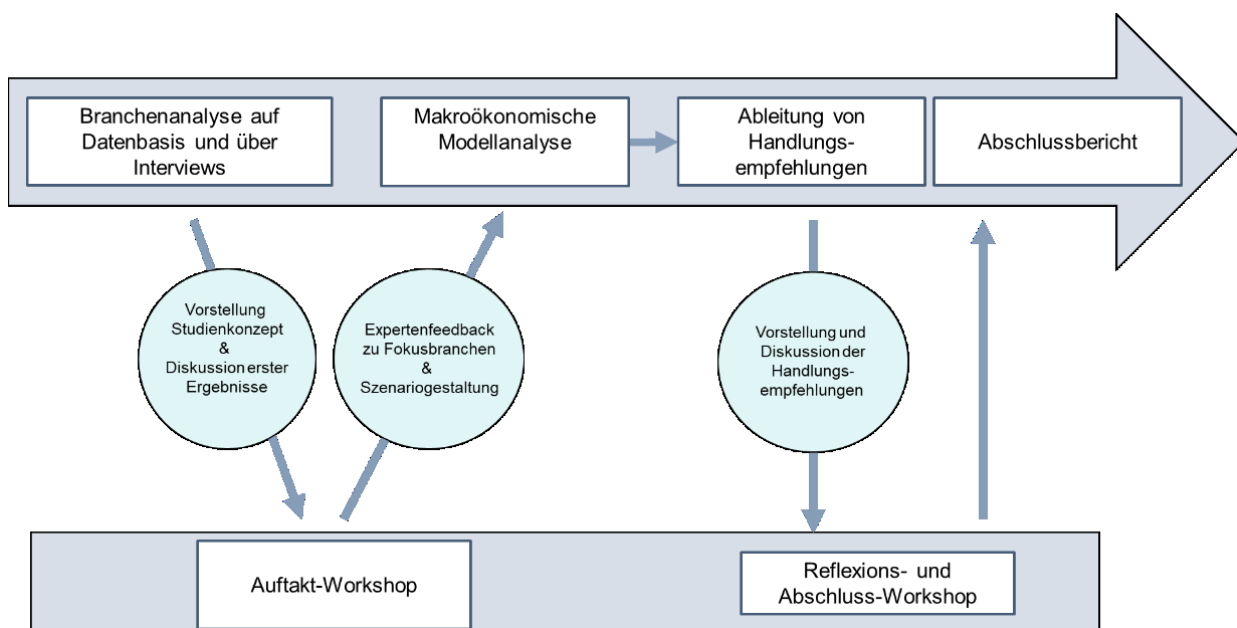
Definition Klimawandelanpassungsmaßnahmen

Klimawandelanpassungsmaßnahmen sind Maßnahmen, die helfen, um besser mit den Auswirkungen des Klimawandels zurecht zu kommen. Darunter fallen in der Landwirtschaft zum Beispiel Wassermanagementstrategien und das Anlegen von Bewässerungssystemen, um Trockenperioden und Hitzewellen besser zu überstehen. Die Begrünung von Städten oder auch das Anlegen von Hochwasserausweichflächen an Flüssen sind weitere Beispiele für Klimawandelanpassungsmaßnahmen, die z. B. helfen besser auf Extremwetterereignisse vorbereitet zu sein und die Schadenskosten einzudämmen (IPCC 2023; FLAUTE ET AL. 2022). Beides, Klimaschutz und Klimawandelanpassung sind wichtige Faktoren, um die volkswirtschaftlichen Schadens- und Folgekosten in Deutschland und dem Freistaat Sachsen zu reduzieren (SMEKUL 2021). Im Fokus dieser Studie stehen die Auswirkungen der politisch beschlossenen Klimaschutzmaßnahmen, die Auswirkungen von Klimawandelanpassungsmaßnahmen werden nicht explizit untersucht. Ein kurzer Exkurs zu Anpassungen an den Klimawandel findet sich in Kapitel 5.2.5 am Ende dieser Studie.

Überblick Studie

Der vorliegende Abschlussbericht fasst die Studienergebnisse zusammen und zeigt Handlungsempfehlungen für die sächsische Staatsregierung auf. In Kapitel 2 wird der Wissensstand basierend auf den aktuellen politischen Entwicklungen in der Europäischen Union (EU), Deutschland und dem Freistaat Sachsen und bestehenden (Wirkungs-) Studien und ökonomischen Untersuchungen analysiert. In Kapitel 3 werden die Ergebnisse der Sektorenanalyse für den Wirtschaftsstandort Sachsen basierend auf der Datenauswertung, den Stakeholder-Interviews und Workshops zusammengefasst. Hier liegt der Fokus auf den fünf Fokussektoren Industrie, Energiewirtschaft, Landwirtschaft, Bauwesen (Gebäude) und Verkehr. In Kapitel 4 werden die Methodik der Szenarioanalyse vorgestellt und die gesamtwirtschaftlichen Ergebnisse für Deutschland und Sachsen aufgezeigt. Abschließend werden in Kapitel 5 sachsenspezifische Handlungsbedarfe und Empfehlungen basierend auf den Modellergebnissen und Ergebnissen des Partizipationsprozesses aufgezeigt. Ein abschließendes Fazit wird in Kapitel 6 präsentiert.

Die folgende Abbildung 1 stellt den Studienverlauf und die Verknüpfung der datenbasierten Modellanalyse mit dem Stakeholder-Austausch über Interviews und Workshops schematisch dar.



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 1: Darstellung des Studiendesigns mit kombinierter Modellanalyse und Partizipationsprozess

2 Analyse der Ausgangslage

Die vorliegenden Studienergebnisse und entwickelten Handlungsempfehlungen sind im politischen Gesamtkontext zu betrachten. Die Entwicklung von sachsenspezifischen Klimaschutzmaßnahmen wird maßgeblich durch Vorgaben auf der EU- und Bundesebene bestimmt. In Kapitel 2.1 wird ein grober Überblick über die politischen Programme in der EU, Deutschland und im Freistaat Sachsen bezogen auf die Implementierung von Klimaschutzmaßnahmen gegeben. Eine detaillierte Aufstellung der Einzelmaßnahmen findet sich in Tabelle 1.¹ Darauf aufbauend werden in Kapitel 2.2. die Ergebnisse der Analyse bereits bestehender (Wirkungs-) Studien und Untersuchungen zusammengefasst. Hierbei stehen ökonomische Auswirkungen von Klimaschutzmaßnahmen in den fünf Klimaschutz-Handlungsfeldern Industrie, Energiewirtschaft, Land- und Forstwirtschaft, Gebäude und Verkehr im Vordergrund.

2.1 Politische Klimaschutzvorgaben und -maßnahmen

Der Rahmen der Klimapolitik im Freistaat Sachsen wird maßgeblich durch bundesweite bzw. EU-weite Vorgaben zum Klimaschutz gesetzt. Auf europäischer Ebene sind der im Jahre 2019 initiierte europäische grüne Deal und das EU-Klimagesetz aus dem Jahr 2021 richtungsweisend. Europa soll bis 2050 der erste klimaneutrale Kontinent werden und seine Netto-Treibhausgasemissionen bis 2030 gegenüber 1990 um mindestens 55 % reduzieren (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2021).

Klimaschutzmaßnahmen der EU

Das „Fit für 55“-Paket umfasst eine Vielzahl an miteinander verbundenen Maßnahmen, die alle das Ziel verfolgen, bis 2030 und darüber hinaus einen gerechten, wettbewerbsorientierten und ökologischen Wandel herbeizuführen. Dabei stehen insbesondere die fünf Wirtschaftssektoren Klima, Energie und Kraftstoffe, Verkehr, Gebäude und Landnutzung und Forstwirtschaft im Vordergrund. Beispiele für konkrete Maßnahmen sind die Anpassungen des europäischen Emissionshandelssystems (EHS), die eine Reduktion der Zertifikate vorsieht und daraus folgend einen Anstieg der CO₂-Bepreisung und die Ausweitung auf den Luft-, See- und Straßenverkehr sowie Gebäude (ab 2027). Die Erweiterung des EU-EHS wird begleitet von der Einführung eines neuen CO₂-Grenzausgleichssystems (CBAM). Des Weiteren wurden Zielvorgaben aktualisiert, so wie z.B. die EU-Lastenverteilungsverordnung, die Verordnung über Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF-Verordnung), die Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED III) und die Energieeffizienzrichtlinie (EED). Vorschriften u. a. bezogen auf erlaubte CO₂-Emissionsmengen wurden nachgeschärft. Diese Maßnahmen zum Klimaschutz gehen Hand in Hand mit Unterstützungsmaßnahmen, die die Auswirkungen der Klimaschutzmaßnahmen auf vulnerable Bevölkerungsgruppen abfedern und einen sozial gerechten Übergang gewährleisten sollen. Dies umfasst einen neu eingerichteten Klima-Sozialfonds der EU und die Erweiterung des Modernisierungs- und Innovationsfonds (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2021).

¹ Bei der Zusammenstellung der politischen Programme lag der Fokus auf solchen Programmen und Maßnahmen, die sich in der nachfolgenden Szenario-Modellierung quantifizieren lassen. Nicht-monetäre Unterstützungsangebote, wie z.B. Beratungsangebote zur Steigerung der Energieeffizienz für Haushalte und Unternehmen lassen sich oftmals nicht quantifizieren, weshalb wir an dieser Stelle nicht näher darauf eingehen.

Aufbauend auf den EU-Vorgaben wurden bereits im Klimaschutzgesetz 2021 von der Bundesregierung Jahresemissionsmengen und THG-Minderungsziele für die Klimaschutzsektoren (Industrie, Energiewirtschaft, Land- und Forstwirtschaft, Gebäude und Verkehr) festgelegt (s. Anlage 2, Bundes-Klimaschutzgesetz 2021). Bis zum Jahr 2030 sollen die nationalen THG-Emissionen um 65% im Vergleich zu 1990 reduziert werden und bis zum Jahr 2045 die THG-Neutralität erreicht werden. Im aktualisierten Klimaschutzgesetz und Klimaschutzprogramm 2023 der Bundesregierung steht nun die mehrjährige und sektorübergreifende Reduzierung der THG-Emissionen im Vordergrund (BUNDESREGIERUNG 21.06.2023).

Klimaschutzmaßnahmen in Deutschland und Sachsen

Im Energie- und Klimaschutzplan 2021 hat sich die sächsische Staatsregierung dem Klimaschutz, der Sicherung der Energieversorgung und Anstrengungen zur Klimaanpassung verpflichtet. Dabei sind die EU- und bundesweiten Vorgaben für den Freistaat Sachsen verbindlich. In Sachsen unterliegen über 90 Anlagen in der Energiewirtschaft und energieintensiven Industrie dem EU-EHS (SMEKUL 2021). Neben der Förderung des ökonomisch-sinnvollen und sozialverträglichen Klimaschutz und dem Ausbau der erneuerbaren Energien stehen in Sachsen die Förderung von Innovationen und Zukunftstechnologien im Fokus des Energie- und Klimaprogramms und den dazugehörigen Maßnahmen (ebd.). Eine Auswahl der betrachteten politischen Programme wird in Tabelle 1 aufgeführt.

Die Klimaschutzmaßnahmen stellen die Branchen in den fünf fokussierten Klimaschutz-Handlungsfeldern Industrie, Energiewirtschaft, Land- und Forstwirtschaft, Gebäude und Verkehr vor große Herausforderungen. Die Energiewirtschaft steht mit dem Ausstieg aus der Braunkohleverstromung bis spätestens 2038 und dem geplanten massiven Ausbau erneuerbarer Energien vor besonders großen Herausforderungen. Bis 2030 sollen gemäß EEG 2023 mindestens 80% der Stromerzeugung bei steigendem Verbrauch aus erneuerbaren Energien kommen (BUNDESREGIERUNG 2023). Im Bereich der Industrie bestehen je nach Branche und Geschäftsmodell unterschiedliche Herausforderungen, aber auch Chancen. Diese sind im Kontext von Energieeffizienz und THG-Minderung auf der einen und Veränderung der Absatzmärkte auf der anderen Seite zu analysieren. Der Fokus liegt dabei auf den für Sachsen wichtigen Branchen (Metallindustrie, Elektro- und Mikrotechnik, Maschinenbau und Automobilindustrie; s. Kapitel 3.1.1). Im Gebäudesektor gilt es die notwendigen Investitionen in die energetische Sanierung weiter anzuregen und zu fördern. Spätestens ab 2028 dürfen in Bestandsgebäude bei einem Heizungstausch nur noch Heizungen eingebaut werden, welche die Wärme zu mindestens 65 % aus erneuerbaren Energien generieren. Für Gebiete, für die die kommunale Wärmeplanung das vorsieht, oder Großstädte gilt dies schon ab 2024 bzw. 2026.² Die für die Sanierung notwendigen Bauleistungen ebenso wie der Heizungstausch müssen vom Baugewerbe erbracht werden, dessen Kapazitäten durch die Verfügbarkeit von Fachkräften teilweise begrenzt ist. Das Klimaschutzprogramm sieht für die Landwirtschaft vielfältige Maßnahmen vor, wobei die Senkung der Stickstoffüberschüsse durch eine effizientere Nutzung von Düngern oder auch die Umstellung auf ökologische Landwirtschaft einen besonders hohen Beitrag zur Senkung der THG-Emissionen verspricht (OSTERBURG ET AL. 2019). Die Branche der Logistik und der Speditionen steht vor besonders hohen Herausforderungen bei der Umstellung auf THG-neutrale Technologien im Transport.

² Vgl. <https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Redaktion/DE/Dossier/geg-gesetz-fuer-erneuerbares-heizen.html?>

Tabelle 1: Übersicht Klimaschutzmaßnahmen nach politischer Ebene (Auswahl, eigene Recherche)

	Europäische Union	Deutschland	Freistaat Sachsen
Dekarbonisierung	EU Green Deal	Klimaschutzgesetz (2021, 2023)	Förderrichtlinie "Energie und Klima" (Maßnahme 3.02, vorl.)
2030-Ziel: Reduktion der THG-Emissionen (im Vgl. zu 1990):	55 %	65 %	fördert Maßnahmen in Kommunen und Unternehmen für Klimaschutz, Energiewende und Klimaanpassung speist sich aus EU-EFRE und EU-JTF Geldern
THG-Neutralität bis	2050	2045	
CO₂-Bepreisung			
Industrie	EU-EHS (seit 2005, neu Dez. 2022)		
	Regularien für Energieerzeuger und Industrie, insb. Stahl- und Zementwerke, Raffinerien oder Papierhersteller	Betrifft deutsche Anlagen der Energiewirtschaft und energieintensiven Industrie	Über 90 Anlagen, die dem EU-EHS unterliegen (EKP 2021)
Verkehr/Wärme	Klimaschutzverordnung/ EU-Lastenverteilung	Nationaler EHS (ab 2021)	
	Zielsetzung für Reduktion der THG-Emissionen der Sektoren Gebäude, Verkehr, Landwirtschaft, kleinere Industrieanlagen & Energieerzeuger und Abfall	Reduktion der THG-Emissionen in Sektoren Verkehr und Wärme Festgelegter Preiskorridor: 25€ in 2021; Anstieg auf 55€ bis 2025; mind. 55€ und max. 65€ in 2026	
	EU-EHS II (ab 2027)		
	Für Gebäude, Straßenverkehr und Brennstoffe in bestimmten industriellen Sektoren		
	Klimasozialfond		
	Bis zu 65 Mrd. €, um die Auswirkungen, die EU-EHS II mit sich bringt, abzufedern		

	Europäische Union	Deutschland	Freistaat Sachsen
Energieeffizienz	Energieeffizienz-Richtlinie (EED, neu März 2023)	Energieeffizienzstrategie 2050 (EffSTRA) & Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz (NAPE 2.0)	u. a. Förderrichtlinie "Energie und Klima" (s.o.)
	Bis 2030 Senkung des Endenergieverbrauchs auf EU-Ebene um rund 12% (quantitatives Ziel)	Bis 2030 Minderung des Primärenergieverbrauchs um 30 % im Vgl. zu 2008 (quantitatives Ziel)	Sachsenspezifische Förderung von techn. Innovationen, um angestrebte Steigerung der Energieeffizienz zu erreichen
Energiewirtschaft	RED III (September 2022)	EEG 2023 ("Osterpaket", April 2022)	Ausbauziele EE (KoaV 2019 & EKP 2021)
EE-Ausbauziel für 2030	Deckung von 45 % des Energiebedarfs durch erneuerbare Energien	80 % EE-Anteil am Bruttostromverbrauch Ausbauziele Bund: 544 bis 600 TWh hauptsächlich aus Wind- und Sonnenenergie 2 % Bundesfläche für "Wind-an-Land" ausgewiesen (Windenergieflächen-gesetz)	Ausbau EE: 10 TWh zusätzliche Jahreserzeugung "Wind-an-Land"-Zielvorgaben: 1,3 % für Wind ausweisen bis Dez. 2026; 2 % bis Dez. 2032 Umsetzung laut Landesplanungs-gesetz (§4a, Stand Dez. 2022): 2% sollen bereits bis 31.12.2027 erreicht werden zusätzliche Förderung EE-Ausbau durch Beratungs-angebote (EKP 2021)
Fossile Brennstoffe/ Kohleverstromung		Kohleausstiegsgesetz Beendigung der Kohleverstromung bis spätestens 2038 40 Mrd. € zur Unterstützung des Strukturwandels Ambitionen Ende ggf. auf 2030 vorzuziehen (KoaV BReg 2021)	Braunkohleverstromung bis 2038 beenden (EKP 2021) Lausitzer und Mitteldeutsches Revier betroffen Sachsen erhält ca. 25,2 % (ca. 10,08 Mrd. €) der Bundesmittel für Strukturwandel

	Europäische Union	Deutschland	Freistaat Sachsen
Wasserstoff (WS)	<p>EU WS-Strategie (2020)</p> <p>26 Mitgliedsstaaten sind Teil der WS-Initiative</p> <p>IPCEI-Investitionsagenda: bis 2030 ca. 24-42 Mrd. € Investition in Elektrolyseure zusätzlich zum Ausbau von Wind und PV</p> <p>Ziel bis 2024 Elektrolyseure mit 6 GW und bis 2030 mit 40 GW Gesamtleistung zu installieren</p>	<p>Nationale WS-Strategie (2020, Koav BReg 2021, neu 2023)</p> <p>Verdopplung des nationalen Ausbauziels der Elektrolyseleistung von 5 auf mindestens 10 GW bis 2030</p> <p>beschleunigter Infrastrukturaufbau: bis 2027/2028 mehr als 1.800 km WS-Leitungen</p> <p>Deutschland bis 2030 als Leitanbieter für WS-Technologien</p>	<p>Sächsische WS-Strategie (2021)</p> <p>Fokus auf sächsische Stärken im Maschinen- und Anlagenbau, sowie der Wertschöpfung im Elektrolyseur- und Brennstoffzellenbau (insb. durch Forschung und Entwicklung)</p> <p>Sächsische Kompetenzstelle WS (KH2)</p>
Land- und Forstwirtschaft	<p>LULUCF-Verordnung (2018, Reform Nov. 2022) & Biodiversitätsstrategie 2030</p> <p>2030-Ziel: 310 Mt CO₂-Äquivalent für den Nettoabbau von THG-Emissionen</p> <p>„No-Debit-Regel“</p> <p>Mitgliedstaaten müssen verbindliche Zielvorgaben für Nettoabbau von THG festlegen</p> <p>bis 2030 mindestens 25 % der landwirtschaftlichen Flächen ökologisch bewirtschaftet</p>	<p>Aktionsprogramm natürlicher Klimaschutz (2023)</p> <p>Verbindung von Klimaschutz mit Naturschutz</p> <p>Förderung von Klimaschutz im Wald, naturnaher Agrarlandschaft und Schutz von Mooren</p> <p>Umsetzung der nationalen Wasserstrategie (2023)</p> <p>Klimaschutzprogramm 2030 (2019, 2023)</p> <p>Förderung für emissionsarme Stallbauten</p> <p>Förderung für dichte Lagerstätten für Dünger</p> <p>Mehr tierische Reststoffe in Biogasanlagen</p>	<p>Maßnahmen EKP 2021</p> <p>regional zugeschnittene Unterstützung und Förderung der Umsetzung der Klimaschutz und Naturschutzmaßnahmen in der Forst- und Landwirtschaft</p>

	Europäische Union	Deutschland	Freistaat Sachsen
Gebäude	EU-Gebäude-Richtlinie (Dez. 2021) 2050-Ziel: emissionsfreien und vollständig dekarbonisierten Gebäudebestand in Europa Mindestenergieeffizienzstandards (MEPS)	Gebäudeenergiegesetz (GEG, geplante Novelle 2023) & Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG, Reform 2023) ab 1. Januar 2024 soll möglichst jede neue Heizung zu 65 % mit EE betrieben werden (technologieoffene Regelung) keine mit fossilen Brennstoffen betriebenen Heizungen ab 2045 Reform BEG 2023 bringt erhöhte Anforderungen zur Steigerung der Fördereffizienz mit sich; insb. Förderung von Wärmepumpen und Brennstoffzellenheizungen	Klimaschutz im Gebäudebereich (Maßnahme 3.13, 6.02) landesspezifische weitere Regelungen und einheitliche Energieeffizienzkriterien Ggf. spezifische Ergänzung der Bundesförderung in diesen Bereichen
Verkehr, insb. Logistik	EU CO₂-Flottenregulierung (2019, neu 2023) Null-Emissionsziel für neue Stadtbusse und 45 % (90 %) weniger Emissionen bei neuen Lkw bis 2030 (2040) ab 2035 nur noch neue emissionsfreie PKW und leichte Nutzfahrzeuge	Klimaschutzprogramm 2030 (2019, 2023) Förderung von emissionsarmen Lkw, PKW und Ausbau der Infrastruktur CO ₂ -Aufschlag auf die Lkw-Maut ab 2024 Stärkung des Schienengüterverkehrs	Landesverkehrsplan 2030 (2019) Angestrebter Ausbau des Schienengüterverkehrs Einsatz für die Binnenschifffahrt auf der Elbe

2.2 Bestehende (Wirkungs-) Studien und Untersuchungen

Zu Beginn der Studie wurde ein Überblick über aktuelle relevante Studien, die sich mit den ökonomischen Wirkungen klimapolitischer Maßnahmen auseinandersetzen, erstellt. Um den aktuellen Forschungsstand zu erfassen, wurden hauptsächlich Studien, die in den letzten fünf bis sechs Jahren veröffentlicht wurden, betrachtet. Es wurden drei Studien analysiert, die die ökonomischen Wirkungen von Klimaschutzmaßnahmen im globalen Kontext betrachten, fünf Studien, die sich mit Wirkungen von Klimaschutzmaßnahmen auf der europäischen Ebene (EU-Ebene) auseinandersetzen und 19 Studien, die sich auf die Situation in Deutschland fokussieren. Hierbei wurde die Relevanz für den Freistaat Sachsen geprüft. Schwerpunkt der Arbeiten ist die Ausarbeitung von wirtschaftspolitischen Kenngrößen für fünf Bereiche und den damit verbundenen Branchen. Im Folgenden werden die gesammelten Erkenntnisse aus der Literatur bezüglich ökonomischer Chancen und Risiken von Klimaschutzmaßnahmen für die fünf Klimaschutz-Handlungsfelder/Sektoren Industrie, Energiewirtschaft, Gebäude, Land- und Fortwirtschaft, Verkehr vorgestellt.

Insgesamt wurden 28 Studien, die die Wirkungen von Klimaschutzmaßnahmen betrachten, zusammengetragen und analysiert (Tabelle A1). Bezogen auf den Studientyp lässt sich feststellen, dass es viele Studien gibt, die die Transformation des Energiesystems und die technische Machbarkeit von Klimazielen betrachten (u. a. IEA 2022; IRENA 2022; PROGNOSE ET AL. 2021; BCG 2021; KOPERNIKUS-PROJEKT ARIADNE 2021). Die Wachstumspotenziale durch Investitionen stehen in der Analyse der ökonomischen Wirkungen im Fokus und werden oftmals hervorgehoben (u. a. BCG 2021; EUROFOUND 2019). Gesamtwirtschaftliche Wirkungen, als Bilanz negativer und positiver Einflüsse im Wirtschaftskreislauf, werden weniger häufig und stärker entlang von einzelnen Instrumenten (z.B. CO₂-Preis) oder für einzelne Sektoren (z.B. Energiewirtschaft oder Industrie, insbesondere Stahl- und Zementindustrie) analysiert (u. a. POSCH ET AL. 2023; BCG 2021; KOPERNIKUS-PROJEKT ARIADNE 2021). Integrierte ökonomische Modelle werden für Deutschland und insbesondere für die einzelnen Bundesländer selten angewendet. Ausnahmen sind aktuelle Studien von ULRICH ET AL. (2022b), ZIKA ET AL. (2021) und SIEVERS ET AL. (2019). Dabei sind modellgestützte ökonomische Wirkungsanalysen wichtig, um Überlagerungen von (gegenläufigen) Effekten zu berücksichtigen, beispielsweise Überlagerungen von Investitionseffekten mit Preiseffekten. Für Sachsen gibt es bisher Ergebnisse aus deutschlandweiten Szenarien (u. a. ULRICH ET AL. 2018; SIEVERS ET AL. 2019; ULRICH 2022), die nur sehr allgemeine, regionale Annahmen berücksichtigen.

Globale Szenarioanalysen zeigen positive Wirkung von Klimaschutzmaßnahmen

Die Mehrheit der Szenarioanalysen und Prognosen lassen in den kommenden Jahren weltweit einen positiven Effekt von Klimaschutzmaßnahmen auf die globale Wertschöpfung und Beschäftigung erwarten (IEA 2022; IRENA 2022). Insgesamt werden die positiven Effekte der Klimaschutzmaßnahmen mehrheitlich durch die Investitionen in den Ausbau der erneuerbaren Energien und Gebäudesanierungen getrieben (EUROFOUND 2019; ZIKA ET AL. 2021). Grundsätzlich birgt die Umsetzung von Investitionen in Klimaschutzmaßnahmen auch Risiken für die wirtschaftliche Entwicklung. Preiserhöhungen, z. B. getrieben durch eine steigende CO₂-Bepreisung, können den privaten Konsum belasten, die internationale Wettbewerbsfähigkeit schwächen und zu Einschränkungen in Konsum und Wohlfahrt führen (TÖBBEN 2017; MÖNNIG ET AL. 2020; GEMEINSCHAFTSDIAGNOSE 2023). Die Ergebnisse der Szenarioanalysen sind dementsprechend abhängig von den getroffenen Annahmen und dem Betrachtungshorizont. Beispielsweise finden Studien, die sich auf die Auswirkungen des Klimaschutzprogramms in Deutschland fokussieren, positive Auswirkungen auf die wirtschaftliche Entwicklung bis 2030. Erhöhte Staatsausgaben und Investitionen in Klimaschutzmaßnahmen führen zu positiven Wachstumseffekten (MÖNNIG ET AL. 2021; ZIKA ET AL. 2021; MÖNNIG ET AL. 2020). Zudem führen höhere Investitionen über Multiplikatoreffekte zu einem höheren Konsum. Dieser Effekt kann jedoch durch hohe Preisniveaus gedämpft werden. Langfristig überwiegen jedoch die Energieeinsparungen und positiven Arbeitsmarkteffekte, so dass der private Konsum mittel- bis langfristig der wichtigste Treiber der positiven Effekte der Energiewende ist (LUTZ ET AL. 2018). In einer Projektion bis 2035 wird hervorgehoben, dass sich die positiven Effekte der erhöhten Staatsausgaben nach 2030 abschwächen und sich u. a. Preiserhöhungen durch beispielsweise den CO₂-Preis und die Flugsteuer negativ auswirken. Insgesamt ist die relative Wirkung auf das Wachstum langfristig gering, da viele Klimaschutzmaßnahmen eine kompensierende Wirkung haben (MÖNNIG ET AL. 2020).

Globale Entwicklungen haben einen entscheidenden Einfluss auf die Auswirkungen der EU-weiten und deutschlandweiten Anstrengungen im Klimaschutz. Global gleichgerichtete Klimaschutzanstrengungen führen potenziell zu positiven Wirtschaftseffekten in der EU und bieten das Potential für zusätzliche Exportmöglichkeiten von Klimaschutzgütern aus den EU-Ländern (VRONTISI ET AL. 2020; BCG 2021; LUTZ

ET AL. 2018; POSCH ET AL. 2023). Im Gegensatz dazu können global gegenläufige und wenig gleichgerichtete Klimaschutzpfade auch zu wirtschaftlichen Einbußen und der Abwanderung der (energieintensiven) Industrie aus den EU-Ländern, die ambitionierten Klimaschutz betreiben, führen. Beispielsweise können Preissteigerungen, die auf einen hohen CO₂-Preis zurückzuführen sind, zu einem Wettbewerbsnachteil der EU-Länder, inklusive Deutschlands, auf den internationalen Märkten führen (VRONTISI ET AL. 2020; KOPERNIKUS-PROJEKT ARIADNE 2021). Um den Wettbewerbsnachteil der EU-Länder gegenüber Ländern mit laxeren klimapolitischen Vorgaben abzufedern, soll über das CO₂-Grenzausgleichssystem (CBAM) der EU sichergestellt werden, dass der CO₂-Preis von bestimmten eingeführten Produkten dem innerhalb der EU hergestellten entspricht (EUROPÄISCHE KOMMISSION 13.12.2022).

Im globalen Kontext wird ebenfalls argumentiert, dass die begrenzte Verfügbarkeit der weltweiten Ressourcen dazu führt, dass die Wirtschaft nicht unbegrenzt wachsen kann. Daher ermögliche nur ein selbstgewähltes Post-Growth-Szenario die Umstellung auf erneuerbare Energien in Kombination mit einer Verringerung des Energieverbrauchs, so dass eine erhebliche Emissionsreduzierung erreicht wird, aber zeitgleich auch das Beschäftigungslevel unverändert bleibt (u. a. NIETO ET AL. 2020).

Regionale und sektorale Unterschiede in ökonomischer Wirkung von Klimaschutzmaßnahmen

Grundsätzlich beeinflussen regionale und sektorale Unterschiede zwischen den einzelnen EU-Ländern, aber auch innerhalb der Länder, wie sich die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen auf die ökonomischen Entwicklungen auswirken (EUROFOUND 2019; TÖBBEN 2017; ULRICH ET AL. 2018; SIEVERS ET AL. 2019; ZIKA ET AL. 2021; ULRICH 2022). Auf Grund der deutschen Wirtschaftsstruktur wird erwartet, dass die Abkehr von Fahrzeugen mit konventionellen Verbrennungsmotoren in Deutschland zu Beschäftigungsverlusten in der traditionellen Automobilbranche und den Zuliefererketten führt, obwohl der Gesamteffekt einer Umstellung für die EU insgesamt positiv bewertet wird (EUROPEAN CLIMATE FOUNDATION 2021). Innerhalb Deutschlands zeigen Bundesländer im Norden und Osten die höchsten positiven regionalen Effekte getrieben durch den Ausbau der erneuerbaren Energien im Rahmen der Energiewende (ULRICH & LEHR 2018). Der relative Vorteil einer ambitionierten Energiewende ist für Sachsen als hoch einzuschätzen (ZIKA ET AL. 2021; ULRICH ET AL. 2022b). Insbesondere wirkt sich ein Ausbau in den Bereichen Solarthermie, Geothermie und Photovoltaik positiv auf die Beschäftigung in Sachsen aus. Von den positiven Entwicklungen in der Windenergie wird Sachsen standortbedingt im Vergleich mit anderen Bundesländern weniger profitieren (ULRICH & LEHR 2018).

Im Fokus der vorliegenden Studie stehen die Auswirkungen von Klimaschutzmaßnahmen auf die Energiewirtschaft, die Industrie, das Baugewerbe, die Land- und Forstwirtschaft sowie den Verkehr (hier insbesondere die Logistikbranche). Je nach Wirtschaftszweig variiert der Beschäftigungseffekt, so dass es zu positiven und negativen Auswirkungen kommen kann (MÖNNIG ET AL. 2020; ULRICH ET AL. 2022b). Basierend auf der Auswertung der bisherigen Studien lassen sich folgende Aussagen zu den einzelnen Sektoren bzw. Branchen zusammenfassen. Investitionen in umweltfreundliche Energietechnologien (PV, Wind, E-Mobilität, Wasserstoff etc.) haben einen positiven Effekt auf die Wertschöpfung und Beschäftigung (IEA 2022; IRENA 2022; EUROFOUND 2019; O'SULLIVAN & EDLER 2020; ULRICH ET AL. 2022b; MÖNNIG ET AL. 2021). Angetrieben von der Energiewende und Investitionen in erneuerbare Energien wird der Verlust an Arbeitsplätzen im Bereich der fossilen Brennstoffe und der Atomkraft ausgeglichen (IEA 2022; IRENA 2022; TÖBBEN 2017; BECKER & LUTZ 2021; ULRICH 2022; ULRICH ET AL. 2022b; O'SULLIVAN & EDLER 2020). Bereits in den letzten Jahren hat die Anzahl an Arbeitsplätzen in dem Bereich der erneuerbaren Energien die Anzahl an Arbeitsplätzen im Bereich der fossilen Brennstoffe übertroffen (IEA 2022; O'SUL-

LMAN ET AL. 2018). Zudem entlasten vermiedene Importe von fossilen Brennstoffen langfristig die Volkswirtschaften in der EU und insbesondere in Deutschland, was zu einer gesteigerten Wertschöpfung führt (EUROFOUND 2019; BECKER & ULRICH 2022; LUTZ ET AL. 2018). Nichtsdestotrotz führt im Freistaat Sachsen die Einstellung der Kohleverstromung bis zum Jahr 2038 zu besonderen Herausforderungen in den sächsischen Braunkohlerevieren in Mitteldeutschland und der Lausitz (BRÄUNINGER 2019; HOLTEMÖLLER & SCHULT 2019).

Die Umsetzung von Investitionen in Klimaschutzmaßnahmen wird zu strukturellen Verschiebungen auf den weltweiten Arbeitsmärkten führen. Hiervon ist besonders die Industrie betroffen (IEA 2022; IRENA 2022; MÖNNIG ET AL. 2020; BECKER & LUTZ 2021). Negative Beschäftigungseffekte werden für Deutschland insbesondere im traditionellen Fahrzeugbau, im traditionellen Maschinenbau, bei der Herstellung von Metallzeugnissen und -bearbeitung, sowie im Bergbau erwartet (MÖNNIG ET AL. 2020; ULRICH ET AL. 2022b). Der Ausbau der Elektromobilität reduziert die Nachfrage nach Komponenten für Verbrennermotoren, was wiederum negative Effekte auf klassische Automobilzulieferer hat (MÖNNIG ET AL. 2021). Für die (energieintensive) Industrie wird der Zeithorizont bis 2030 als entscheidend eingestuft, da in diesem Zeitraum CO₂-neutrale Verfahren in der Entwicklung vorangetrieben und am Markt etabliert werden müssen, was hohe Investitionen erfordert (KOPERNIKUS-PROJEKT ARIADNE 2021). Gerade im verarbeitenden Gewerbe kommt es ab 2030 zu leicht negativen Beschäftigungseffekten, obwohl die Nachfrage nach Investitionsgütern für die Energiewende hoch bleibt (LUTZ ET AL. 2018). Das hat damit zu tun, dass im verarbeitenden Gewerbe überdurchschnittlich hohe Löhne und Gehälter bezahlt werden und das Produktivitätspotenzial höher ist als in anderen Teilen der Volkswirtschaft. Bei hohem Beschäftigungsstand und wachsenden Lohnkosten steigt die Arbeitsproduktivität im verarbeitenden Gewerbe schneller als in anderen Sektoren. Wenn dann die Produktion nicht immer weiter steigt, können entsprechende Beschäftigungsrückgänge bei den geleisteten Stunden auftreten. Die bezahlten Reallöhne sind im verarbeitenden Gewerbe im Energiewende-Szenario trotzdem deutlich höher als im kontrafaktischen Szenario (ibid.).

Preissteigerungen und steigende Kosten u. a. durch eine ansteigende CO₂-Bepreisung und Elektrifizierung können ebenfalls zu Verlusten in der Wertschöpfung insbesondere der energieintensiven Industrien, wie z.B. der Chemie-, Zement-, und Stahlindustrie, führen (BCG 2021; SIEVERS ET AL. 2019; BERTELSMANN STIFTUNG 2023a; MEYER ET AL. 2021). Jedoch kann eine zielgerichtete politische Unterstützung der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen in diesen Industrien langfristig auch ein mögliches Wettbewerbsvorteil für die heimischen Industrien bedeuten, da Klimaneutralität in der Herstellung die Wettbewerbsfähigkeit im Bereich der klimaneutralen Güter steigert (BERTELSMANN STIFTUNG 2023a). Im Gegensatz zu den Grundstoffindustrien, wird davon ausgegangen, dass die Konsum- und Investitionsgüterindustrie vom Ausbau der erneuerbaren Energien profitieren wird (TÖBBEN 2017; KOPERNIKUS-PROJEKT ARIADNE 2021; LUTZ ET AL. 2018).

Im Gebäudesektor führen Investitionen in Klimaschutzmaßnahmen, insbesondere im Bereich der energetischen Gebäudesanierung, zu positiven Effekten auf die Wertschöpfung und (regionale) Beschäftigung im Baugewerbe (u. a. EUROFOUND 2019; SIEVERS ET AL. 2019; MÖNNIG ET AL. 2020; ZIKA ET AL. 2021; ULRICH ET AL. 2022b). Die in den nächsten fünf Jahren erhöhte Nachfrage nach einer Vielzahl von Bauberufen birgt das Risiko den bestehenden Fachkräftemangel zu verschärfen (ZIKA ET AL. 2021). Dadurch wird sich die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen voraussichtlich verlangsamen und das Preisniveau ansteigen (ebd.).

In der Landwirtschaft scheinen sowohl negative wie auch positive Auswirkungen auf die Wertschöpfung und Beschäftigung möglich zu sein (EUROFOUND 2019; SIEVERS ET AL. 2019; BECKER & LUTZ 2021; ZIKA ET AL. 2021; MÖNNIG ET AL. 2020; KOPERNIKUS-PROJEKT ARIADNE 2021; BREMMER ET AL. 2021). Ein Argument ist, dass der Ökolandbau personalintensiver ist, weshalb eine flächendeckende Umstellung zu einem positiven Beschäftigungseffekt führen könnte (BECKER & LUTZ 2021; ZIKA ET AL. 2021). Auch profitiert der Ökolandbau von einer geringeren Abhängigkeit von chemischen Düngemitteln, was langfristig im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft geringere Kosten mit sich bringt (ZIKA ET AL. 2021). Die Erhöhung des Anteils der ökologisch bewirtschafteten Landfläche kann jedoch auch zu negativen Auswirkungen auf den erwirtschafteten Ertrag führen. Ein geringerer Einsatz von Pestiziden und Düngern kann zu geringeren Ernteerträgen führen und die Qualität vermindern, was den Ertrag der landwirtschaftlichen Produktion verringert (BREMMER ET AL. 2021). Im Zusammenhang mit der Energiewende kann eine möglicherweise erhöhte Nachfrage nach Biomasse, zu Preissteigerungen und steigenden Gewinnen in der Landwirtschaft führen (DENA 2021). Allerdings birgt der Anbau von Biomasse Zielkonflikte, da zum einen Biomasse zur Verbrennung im Konflikt mit der Herstellung von Lebensmitteln steht und zum anderen die Nutzung der Fläche zum Anbau von Biomasse im Konflikt mit der Flächeninanspruchnahme für den Ausbau von PV und Windenergie steht (KOPERNIKUS-PROJEKT ARIADNE 2021).

Die Auswirkungen von Klimaschutzmaßnahmen auf die Logistikbranche sind in den bisherigen Studien nicht eindeutig bzw. kaum messbar. Zum einen ist die Logistikbranche mit höheren Kosten auf Grund von Preissteigerungen und strikten politischen Vorgaben zur Reduktion der THG-Emissionen konfrontiert, so dass ein erhöhter Anpassungsbedarf entsteht (EUROPEAN CLIMATE FOUNDATION 2021; BCG 2021). Zum anderen profitiert die Logistikbranche von einem Anstieg des Güterverkehrs auf Grund von gestiegenen Konsumausgaben und einer erhöhten Nachfrage nach dem Transport von Baumaterialien (EUROFOUND 2019).

2.3 Potenzielle Chancen und Risiken von Klimaschutzmaßnahmen für den Freistaat Sachsen

Basierend auf dem aktuellen Forschungsstand und der Auswertung zeigen sich folgende potenzielle Chancen für Klimaschutzmaßnahmen im Allgemeinen, aber auch insbesondere für den Freistaat Sachsen. Die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen wird verringert. Die Wertschöpfung und Beschäftigung steigt u. a. durch den Ausbau der erneuerbaren Energien, Investitionen in neue Technologien, E-Mobilität und (energetische) Gebäudesanierungen. Dabei ist der Freistaat Sachsen ein potenziell attraktiver Standort für Investitionen in erneuerbare Energien. Neue Technologien, die für die Energiewende und zur Reduktion der Treibhausgasemissionen benötigt werden, können neue Absatzmärkte, sowohl in Sachsen als auch überregional und international eröffnen. Neben diesen potenziell positiven Effekten birgt ein ambitionierter Klimaschutz auch ökonomische Risiken. Es kommt zu Belastungen und Preissteigerungen durch Abgaben im Rahmen des Klimaschutzes, wie z. B. die CO₂-Bepreisung im Rahmen des Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG). Dadurch und durch Regulierungen können Hemmnisse für Innovationen entstehen. Die Abkehr von fossilen Brennstoffen führt zu Arbeitsplatzverlusten, die regional konzentriert sind. So führt der Kohleausstieg bis spätestens 2038 in Deutschland auch für die sächsischen Regionen in der Lausitz und in Mitteldeutschland zu Herausforderungen, die über politische Förderungen im Sinne des Klimaschutzes abgedeckt werden (vgl. Kohleausstiegsgesetz, DEUTSCHER BUNDESTAG 2020).

Im öffentlichen Diskurs liegt der Fokus meist auf den ökonomischen Risiken, die ambitionierter Klimaschutz mit sich bringt. Die Auswertung der bisherigen Studien und Analyse des aktuellen Forschungsstands zu den (ökonomischen) Auswirkungen von Klimaschutzmaßnahmen zeichnet jedoch ein anderes Bild, in dem oftmals die ökonomischen Chancen im Vordergrund stehen. Mit einer differenzierten Szenario-Analyse trägt die vorliegende Studie dazu bei, dass ebendiese potenziellen Chancen und Risiken abgewogen werden und sichtbar wird, welche potenziellen Auswirkungen für die wirtschaftlichen Entwicklungen im Freistaat Sachsen zu erwarten sind.

3 Sektorenanalyse des Wirtschaftsstandorts Sachsen

Die Sektorenanalyse des Wirtschaftsstandorts Sachsen basiert auf einer sachsenspezifischen Datenauswertung und Einblicken aus dem Partizipationsprozess, der aus Stakeholder-Interviews und -Workshops bestand. Während der datenbasierte Teil zunächst Einblicke in die Bedeutung der einzelnen Branchen für die sächsische Wirtschaft sowie deren Energieverbrauch gibt (Kapitel 3.1), dient der Partizipationsprozess dem Zweck, über die Datenauswertung hinausgehende Entwicklungen zur Betroffenheit sächsischer Unternehmen von den Klimaschutzmaßnahmen sowie die damit einhergehenden Chancen und Herausforderungen festzuhalten (Kapitel 3.2). Dadurch lassen sich die quantitativen Betrachtungen auch mit qualitativen Stimmungsbildern aus den partizipierenden Branchen sowie deren Erwartungen an die Politik anreichern.³

3.1 Quantitative Strukturanalyse

Ausgehend von den Klimaschutz-Handlungsfeldern werden sachsenspezifische Entwicklungen und Strukturen für die Sektoren Industrie, Energiewirtschaft, Land- und Forstwirtschaft, Gebäude und Verkehr ausgewertet. Es werden sachsenspezifische Fokusbranchen herausgefiltert und die Betroffenheit dieser spezifischen Fokusbranchen herausgearbeitet.

Die Grenze zwischen Emissionssektoren und Branchen ist nicht immer eindeutig. Politische Programme gliedern ihre Maßnahmen und Emissionsreduktionsziele nach den "Sektoren" wie sie auch in Anlage 1 des Klimaschutzgesetzes der Bundesregierung abgegrenzt sind.⁴ Demgegenüber adressiert die Wirtschaft und die Wirtschaftsförderung Innovation, Geschäftsfelder und Kosten und stellt die Branchen in den Fokus. In der vorliegenden Studie ist die Relevanz für ökonomische Chancen und Risiken maßgeblich.

3.1.1 Industrie

Im Folgenden werden die Filterungskriterien zur Identifikation der sachsenspezifischen Fokusbranchen in der Industrie vorgestellt und ein Überblick über diese Fokusbranchen gegeben. Hierzu werden die Umsatzentwicklungen, die Anzahl der Beschäftigten und die THG-Emissionen der einzelnen Wirtschaftszweige näher betrachtet.

³ Die qualitativen Ergebnisse des Partizipationsprozesse werden umfassend im Rahmen eines separaten Unterkapitels ausgewertet (siehe hierzu Kapitel 3.2). Aus methodischen Gründen erfolgt dabei keine strenge Differenzierung nach einzelnen Sektoren. Aufgrund der begrenzten Anzahl an Interviews ist die Stichprobenzahl für einzelne Sektoren zum Teil sehr klein. Branchenspezifischen Aussagen lassen sich auf Basis dessen nur begrenzt treffen. Darüber hinaus ist eine strenge Differenzierung nach Branchen für bestimmte Fragen aus datenschutzrechtlicher Sicht kritisch zu sehen, da möglicherweise Rückschlüsse auf konkrete Unternehmen gezogen werden könnten. Wo möglich werden aber entsprechende Verweise zwischen der quantitativen Sektorenanalyse sowie der qualitativen Ergebnisse des Partizipationsprozesses gezogen.

⁴ Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3905) geändert worden ist.











Identifikation der sachsenspezifischen Fokusbranchen



Im Allgemeinen sind alle industriellen Branchen mit ihrer Wertschöpfung von Bedeutung für den Freistaat Sachsen und müssen zugleich ihren Beitrag zum Klimaschutz leisten. Um jedoch in der Darstellung der Strukturen und der Entwicklung in der sächsischen Industrie den Schwerpunkt auf die für das Bundesland besonders wichtigen Branchen legen zu können, wurden anhand der folgenden drei Kriterien Fokusbranchen identifiziert:

1. Branchen repräsentieren einen Großteil der industriellen Wertschöpfung in Sachsen.
2. Branchen haben im Vergleich mit Deutschland eine überdurchschnittliche Bedeutung (Spezialisierung).
3. Branchen repräsentieren wichtige Produktionsnetzwerke innerhalb Sachsens; mehrere Branchen hängen von ihrer Entwicklung ab.

Nach diesen drei Kriterien sind die Metallindustrie, die Elektrotechnik/Mikroelektronik, der Maschinenbau und die Automobilindustrie damit die sachsenspezifischen Fokusbranchen (siehe Tabelle 2). In der Statistik werden diese Branchen durch unterschiedliche Wirtschaftszweige der Gliederung WZ2008 in sogenannten Abteilungen (WZ08-2-Steller) erfasst. Für die "Metallindustrie" sind es die Abteilungen 24 und 25, was die Erzeugung von Stahl und Nichteisen-Metallen sowie deren Weiterverarbeitung zu Metallerzeugnissen umfasst. In der Metallindustrie insgesamt waren im Jahr 2019 rund 53 200 Personen tätig. Für die Gruppe "Elektrotechnik/Mikroelektronik" sind die Abteilungen 26 und 27 zu berücksichtigen. Dabei repräsentiert - wenn auch nicht in scharfer Abgrenzung - die Abteilung 26 die Mikroelektronik und die Abteilung 27 die Elektrotechnik. Auf diese Gruppe entfielen 2019 insgesamt 36 500 Beschäftigte. Der Maschinenbau (Abteilung 28, 41 600 Beschäftigte) und die Automobilindustrie (Abteilung 29, 38 300 Beschäftigte) werden statistisch über eigene WZ-Abteilungen erfasst.

Tabelle 2: Überblick über die Fokusbranchen und wichtigsten Wirtschaftszweige in Sachsen

Fokusbranche	Abteilung (WZ08-2-Steller)	Wirtschaftszweige*	WZ-2008	Ener-giekostenanteil (in %) [§]	Lokali-sationskoeffizient	Beschäftigung ⁺	Prägende Strukturmerkmale
Metall-industrie	24 Metallerzeugung und -bearbeitung	Stahlerzeugung	24.1	8,1	0,7	2 300	
		Gießereien	24.5	5,4	1,9	6 600	
	25 Herstellung von Metallerzeugnissen	Stahl- und Leichtmetallbau	25.1	1,1	1,9	11 200	 
		Oberflächenveredlung und Wärmebehandlung Metalle sowie sonstige Mechanik	25.6	3,4	1,7	13 300	  
Mikro-elektronik	26 Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen	Halbleiterindustrie, Mikroelektronik	26.1	1,8	3,2	9 800 (26.1) 19 300 (26)	  

Fokusbranche	Abteilung (WZ08-2-Steller)	Wirtschaftszweige*	WZ-2008	Energiekostenanteil (in %)§	Lokalisationskoeffizient	Beschäftigung ⁺	Prägende Strukturmerkmale
Elektrotechnik	27 Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	Elektromotoren, Generatoren	27.1	0,8	1,0	8 800	
		Batterie- und Akkumulatorenproduktion	27.2	1,1	4,6	2 000	
Maschinenbau		Maschinenbau	28	0,8	0,9	41 600	
Automobilindustrie		Fahrzeugbau	29	0,5	1,0	38 300	
	Hebt sich innerhalb der sächsischen Industrie insgesamt bzw. innerhalb der Fokusbranche durch eine hohe absolute Bedeutung ab.						
	Hat im Vergleich mit sonst üblichen Schwerpunkten in Deutschland eine überdurchschnittliche Bedeutung (Spezialisierung)						
	Energiekosten sind im Durchschnitt hoch						
	Anteilig haben Umsätze mit Klimaschutzgütern eine große Bedeutung						
* Es handelt sich um eine Auswahl der wichtigsten Wirtschaftszweige, die innerhalb der Fokusbranchen betrachtet werden.							
§ Der Energiekostenanteil gibt den Anteil der Energiekosten am Bruttoproduktionswert an.							
⁺ Beschäftigung gibt die Anzahl an tätigen Personen im Jahr 2019 an.							
Quelle: Statistisches Landesamt Sachsen, eigene Darstellung.							

Die auf 2-Steller-Ebene abgegrenzten und in Tabelle 2 aufgeführten Wirtschaftszweige vereinen 60 % der industriellen Arbeitsplätze und 64 % der industriellen Umsätze auf sich. Da ein Großteil der Fokusbranchen nicht energieintensiv ist, entfallen nur etwa 36 % des Endenergieverbrauchs in Sachsen auf die identifizierten Fokusbranchen (Quelle: Energiebilanz, Statistisches Landesamt Sachsen 2023). Darunter jedoch allein etwa 12 % auf die Metallindustrie.

Strukturvergleich von Sachsen zu Deutschland

Für den detaillierten Strukturvergleich werden die Daten aus der Industriestatistik (StLA) sowie die Kostenstrukturerhebung für ganz Deutschland herangezogen (destatis). Zum Energieverbrauch liegen Daten aus der sächsischen Energiebilanz, zu den CO₂-Emissionen aus der Umweltökonomischen Gesamtrechnung der Länder vor. Daten zum Energieverbrauch bzw. zu CO₂-Emissionen in Sachsen liegen für die bereits erwähnten Abteilungen, nicht aber für die Untergliederung (WZ08-3-Steller) vor (AK UGR DER LÄNDER 2022). Um die Bedeutung der einzelnen Wirtschaftszweige für die sächsische Wirtschaft zu analysieren, haben wir die einzelnen Abteilungen anhand der drei Indikatoren Energiekostenanteil, relative Bedeutung in Sachsen (Lokalisationskoeffizient) und Gesamtbedeutung (Beschäftigung) betrachtet. Für die Industrie in Deutschland insgesamt beträgt der Anteil der Energiekosten am Bruttoproduktionswert etwa 1,6 %. Im Vergleich zum bundesweiten Durchschnitt lassen sich die insgesamt 25 Wirtschaftszweige der Fokusbranchen in Sachsen als eher über- oder unterdurchschnittlich energieintensiv einordnen. Energie-

intensive Industrien sind abhängiger vom Energiepreis und dadurch durch Preissteigerungen stärker betroffen. Der Lokalisationskoeffizient⁵ teilt die insgesamt 25 Wirtschaftszweige in unterdurchschnittlich (≤ 1) und überdurchschnittlich (> 1) bedeutsam für die sächsische Wirtschaft ein. Die Gesamtbedeutung der einzelnen Wirtschaftszweige für Sachsen wird an den absoluten Beschäftigungszahlen festgemacht. Die anhand dieser drei Indikatoren als besonders wichtig identifizierten Wirtschaftszweige werden in Tabelle 2 aufgelistet. Die im Kontext von Klimaschutzmaßnahmen prägenden Strukturmerkmale und die Erkenntnisse zur Bedeutung der Wirtschaftszweige in der Klimaschutzwirtschaft (Kapitel 3.1.6) werden dabei ebenfalls gekennzeichnet.

In der Abteilung 24 "Metallerzeugung und -bearbeitung" sind sowohl die Stahlerzeugung (WZ-24.1) aufgrund des sehr hohen Energiekostenanteils als auch die Gießereien (WZ-24.5) aufgrund ihrer überdurchschnittlichen Bedeutung und Gesamtzahl an Beschäftigten in Sachsen hervorzuheben. Des Weiteren haben die Gießereien auch hohe Energiekosten zu tragen. In der Stahlerzeugung (WZ-24.1) haben vier Unternehmen sieben Anlagen, die am EU-EHS teilnehmen. Im Jahr 2021 wurden hier 145 000 t CO₂-Emissionen erfasst. Bei den Gießereien gibt es keine Anlagen, die im EU-EHS erfasst sind. Abgesehen von den Anlagen zugehörig zu den Fokusbranchen gibt es zusätzlich noch zwei EU-EHS-Anlagen in der Zink- und Aluminiumverarbeitung (WZ-24.4) und eine in der Stahlrohrherstellung (WZ-24.2).

In der Abteilung 25 "Herstellung von Metallzeugnissen" gibt es viele Wirtschaftszweige mit mehr als 5 000 Beschäftigten in Sachsen. Der beschäftigungsmäßig Größte ist die Oberflächenveredlung und Wärmebehandlung sowie sonstige Mechanik (WZ-25.6) mit über 13 000 Beschäftigten. Zugleich hat dieser Wirtschaftszweig eine der höchsten Energiekostenanteile innerhalb der Fokusbranchen und für Sachsen eine überdurchschnittliche Bedeutung. Auch die relative und absolute Bedeutung des Stahl- und Leichtmetallbaus (WZ-25.1) ist hoch. Für diese Branchengruppe gibt es nur eine Anlage in einem Schmiedewerk (WZ-25.5), die am europäischen Zertifikatehandel teilnimmt.

Im Bereich der Fokusbranche Elektrotechnik und Mikroelektronik ist zunächst die Abteilung 26 "Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen" zu betrachten. Hier sticht die Halbleiterindustrie mit der Herstellung von elektronischen Bauelementen und Leiterplatten (WZ-26.1) mit einer stark überdurchschnittlichen Bedeutung und einer Gesamtbeschäftigung von etwa 9 800 hervor. Der Wirtschaftszweig Herstellung von Batterien und Akkumulatoren (WZ-27.2) hat den höchsten Lokalisationskoeffizienten in der betrachteten Auswahl und zählt zur Abteilung 27 "Herstellung von elektrischen Ausrüstungen". Sachsen hat bei diesem Wirtschaftszweig 27.2 einen Anteil von über 20 % an der bundesweiten Beschäftigung, während der Anteil der Industrie insgesamt bei 4,5 % liegt. Es sind 2 000 Beschäftigte zugeordnet. Mit etwa 8 800 Arbeitsplätzen ist die Bedeutung von Herstellung von Elektromotoren, Generatoren und Energieverteilungseinrichtungen (WZ-27.1) absolut gesehen deutlich höher. Jedoch sticht die relative Bedeutung und der Energiekostenanteil im Vergleich zum Bund nicht hervor. Die anhand ihrer prägenden Strukturmerkmalen hervorgehobenen Branchen sind bei der Beurteilung von Chancen und Risiken für die sächsische Wirtschaft besonders in den Blick zu nehmen (siehe Tabelle 2).

Eine Untergliederung der gewichtigen Wirtschaftszweige Maschinenbau und Automobilbau wird im Folgenden nicht detailliert dargestellt. Der Maschinenbau ist mit über 41 000 Beschäftigten zwar als Branche ein Schwergewicht, hat relativ gesehen jedoch keine überdurchschnittliche Bedeutung in Sachsen (Lokalisationskoeffizient 0,9). Innerhalb des Maschinenbaus hat der Werkzeugmaschinenbau gemessen an der

⁵ Der Lokalisationskoeffizient ist der Quotient aus dem Anteil der Branchenbeschäftigung in Sachsen an der Branchenbeschäftigung in Deutschland und dem Anteil der Industriebeschäftigung insgesamt in Sachsen an der Industriebeschäftigung in Deutschland.

Beschäftigung eine überdurchschnittliche Bedeutung in Sachsen. Im Werkzeugmaschinenbau schwankt der Energiekostenanteil zwischen 0,7 und 1,1 %. Der sächsische Fahrzeugbau (29 "Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen") hat den gleichen Anteil am bundesweiten Fahrzeugbau wie in der Industrie insgesamt (Lokalisationskoeffizient 1,0). Auch hier ist es die absolute Bedeutung mit über 38 000 Arbeitsplätzen, welche einen sachsenspezifischen Fokus rechtfertigt. Der Energiekostenanteil liegt meist unter 1 % (Durchschnitt über alle Maschinenbau-Wirtschaftszweige 0,5 %). Innerhalb des Fahrzeugbaus gibt es eine Spezialisierung in der Herstellung von Karosserien, Aufbauten und Anhängern in Sachsen (Lokalisationskoeffizient 1,4).

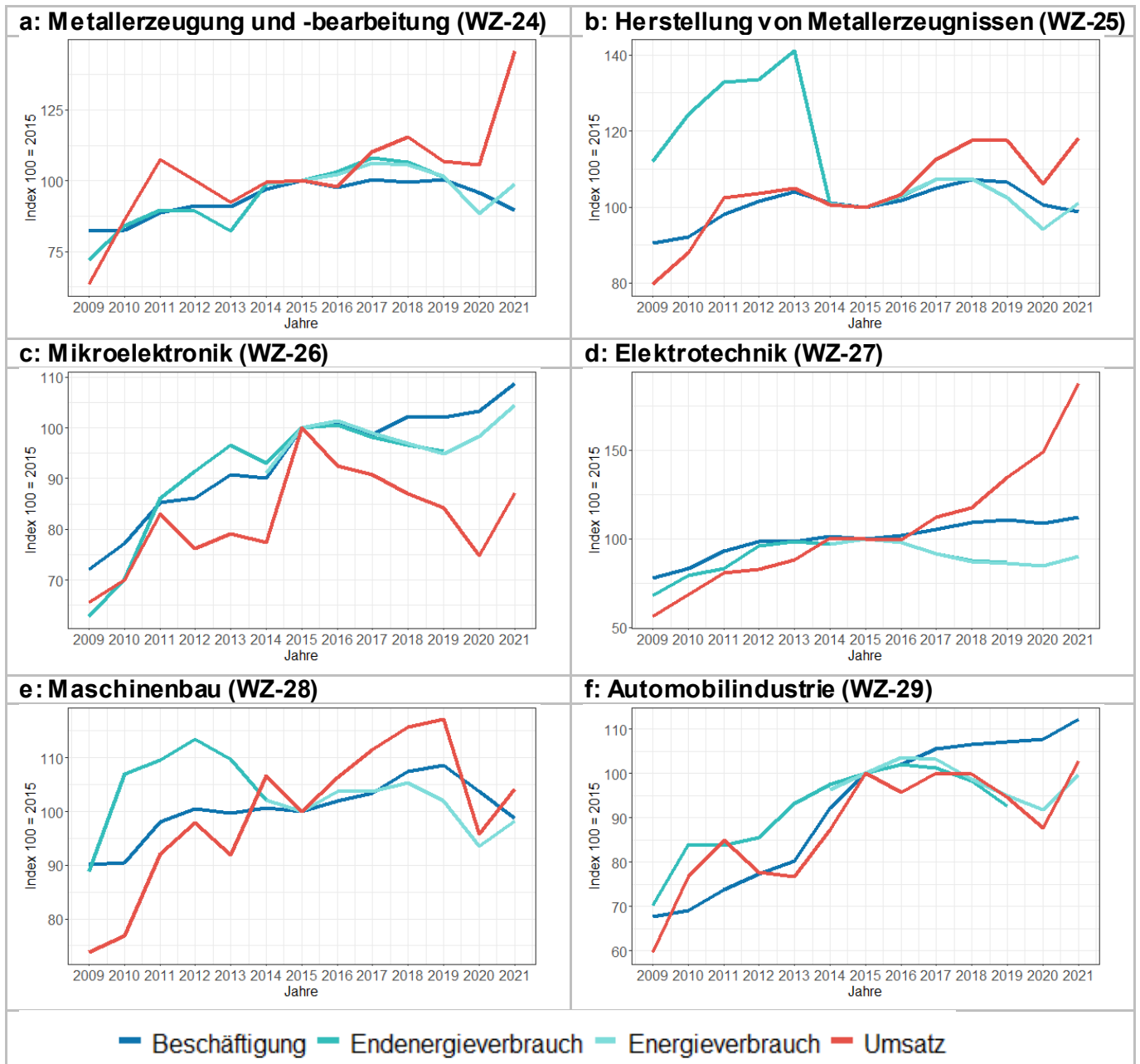
Historische Entwicklung der Fokusbranchen (2009 bis 2021)

Die historische Entwicklung der identifizierten sachsenspezifischen Fokusbranchen und deren Wirtschaftszweige von 2009 bis 2021 werden in Abbildung 2a-f anhand des Umsatzes (rot), der tätigen Personen aus der Industriestatistik (Beschäftigung in blau) sowie des Endenergieverbrauchs aus der sächsischen Energiebilanz (türkis) dargestellt. Da die Zeitreihe der sächsischen Energiebilanz im Jahr 2019 endet, wurden am aktuellen Rand Werte zum Energieverbrauch aus der Industriestatistik ergänzt.⁶

Die Fokusbranchen Metallerzeugung und -bearbeitung (WZ-24) und Herstellung von Metallerzeugnissen (WZ-25) zeigen seit 2009 in der Tendenz steigende Entwicklungen beim Umsatz (in laufenden Preisen), sprich die Produktion ist insgesamt gestiegen (Abbildung 2a und b). Die Umsatzeinbrüche durch die Einflüsse der Corona-Pandemie sind nur im Jahr 2020 erkennbar. Im Vergleich dazu hat sich die Beschäftigung von den Auswirkungen der Corona-Pandemie noch nicht erholt und ist 2021 auf einem niedrigeren Niveau als 2019. Der Endenergieverbrauch folgt bis 2016 in etwa der Entwicklung des Umsatzes – ab 2017 zeigt sich eine leichte Entkopplung zwischen dem Umsatz, sprich der Produktion, und dem Endenergieverbrauch. Die Entwicklungen in den beiden Abteilungen 24 und 25 sind sehr ähnlich.⁷

⁶ Der dort erfasste Verbrauch an Energieträgern enthält jedoch auch Brennstoffverbräuche, die nicht zum Endenergieverbrauch zählen. Für die hier betrachteten Wirtschaftszweige ist dieser Indikator jedoch vor allem in der Entwicklung eine sehr gute Näherung.

⁷ Zwischen dem Jahr 2013 und 2014 wurde vermutlich die Zuordnung und Erfassung eines Betriebs verändert. Der im WZ-25 fehlende Betrag für Umsatz, Beschäftigte und Endenergieverbrauch im Jahr 2013 findet sich im Jahr 2014 zusätzlich in einer sehr ähnlichen Größenordnung unter WZ-24.



Quelle: StLA, SMEKUL

Abbildung 2 a-f: Entwicklung von Umsatz, Beschäftigung und Endenergieverbrauch der Abteilungen in den Fokusbranchen

Im Bereich der Mikroelektronik/Elektrotechnik-Branche zeigen sich für die beiden Abteilungen 26 und 27 sehr unterschiedliche Entwicklungen. In der Mikroelektronik (WZ-26) ging der Umsatz zwischen 2015 und 2020 um etwa 25 % zurück (Abbildung 2c). Die Beschäftigung stieg jedoch sukzessive. Der Endenergieverbrauch hat im Vergleich zum Umsatz nur wenig abgenommen. Im Bereich der Elektrotechnik (WZ-27) waren die Entwicklungen gegensätzlich dazu (Abbildung 2d). Seit 2015 ist der Umsatz um über 75 % gestiegen und in der gleichen Zeit ist der Endenergieverbrauch zurückgegangen. In der Beschäftigung lässt sich für die Elektrotechnik und die Mikroelektronik eine ähnliche Entwicklung erkennen.

Im Maschinenbau (WZ-28) haben sich Umsatz und Beschäftigung bis 2019 im zeitlichen Durchschnitt positiv entwickelt (Abbildung 2e). Der Einbruch in beiden Bereichen durch die Corona-Pandemie war jedoch stark und eine Erholung steht noch aus. Der Endenergieverbrauch hat sich seit 2012 etwas stärker von der Produktion entkoppelt, was für diesen Industriezweig durchaus als Energieeffizienzgewinn interpretiert werden kann.

Die Umsätze der Automobilindustrie (WZ-29) sind seit 2015 eher zurückgegangen (Abbildung 2f). Nach dem Pandemiejahr 2020 gab es jedoch wieder eine deutliche Umsatzsteigerung, so dass im Jahr 2021 ein leicht höherer Umsatz als im Jahr 2015 erreicht wurde. Die Beschäftigung ist über den gesamten Zeitraum stärker gestiegen als in allen anderen betrachteten Wirtschaftszweigen und liegt nun - ohne Corona-Einbruch - über 10 % über dem Wert von 2015.

Zusammenfassend blicken die sachsenspezifischen Fokusbranchen auf gute Entwicklungen in den letzten zehn Jahren zurück. Insbesondere die Beschäftigung hat sich positiv entwickelt. Eine leichte Entkopplung der Entwicklung des Endenergieverbrauchs von jener des (nominalen) Umsatz oder Beschäftigung ist zuletzt nur in der Metallindustrie und der Elektrotechnik erkennbar. In einigen Branchen ist eine solche Entwicklung nicht erkennbar.

THG-Emissionen der sächsischen Industrie

Im Bundes-Klimaschutzgesetz von 2021 wurde festgehalten, dass die Industrie ihre jährlichen Emissionen von 186 Mt CO₂-Äquivalent im Jahr 2020 um knapp 37 % auf 118 Mt im Jahr 2030 reduzieren soll. Mit Blick auf die Entwicklung der letzten 20 Jahre wird deutlich, dass dies ein ambitioniertes Ziel ist, denn die Emissionen der Industrie sind - unabhängig von den Datenquellen - in Sachsen nicht reduziert worden. Jedoch hat sich in dieser Zeit die preisbereinigte Bruttowertschöpfung der Industrie in Sachsen verdoppelt (Datenquelle: VGR der Länder). Demnach hat sich zwar die CO₂-Intensität deutlich reduziert, muss aber bis 2030 nochmals deutlich verringert werden, um eine Reduktion in einer Größenordnung von 37 % zu erreichen und zugleich Wertschöpfungswachstum zu gewährleisten.⁸

Der Sektor "Verarbeitendes Gewerbe, Gewinnung von Steinen und Erden und der sonstige Bergbau" hat nach Quellenbilanz des Länderarbeitskreises Energiebilanzen im Jahr 2019 energiebedingt 2.470 kt CO₂ emittiert (2018: 2.601). Dieser Wert wird auch in den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder (UGR der Länder) berichtet. Die Ergebnisse der Energieflussrechnung der UGR der Länder hält mehr Details bereit, rechnet Emissionen jedoch anders zu. Bei der Zurechnung auf das Verarbeitende Gewerbe als Wirtschaftszweig ergibt sich für das Jahr 2018 ein Wert von 3.172 kt energiebedingten CO₂-Emissionen. Im Wesentlichen ergeben sich diese Abweichungen zwischen den verschiedenen Datenquellen durch die Zurechnungen des Sektors Verkehr bei der UGR der Länder. Aus den branchenspezifischen Tabellen der UGR der Länder lässt sich ableiten, dass nur etwa 30 % der energiebedingten CO₂-Emissionen der Industrie auf die Fokusbranchen entfallen, im Vergleich zu 60 % und 64 % bei der Beschäftigung und beim Umsatz.

Von den Fokusbranchen, die auf Grund ihres Beitrags zum Umsatz und zur Beschäftigung in Sachsen im Fokus stehen, gehört nur die Metallerzeugung und -bearbeitung zu den energieintensiven Branchen und hat eine hohe CO₂-Intensität. Dadurch hat dieser Wirtschaftszweig einen stärkeren Einfluss auf die Emissionsentwicklung in Sachsen. Die Chemie-, Papier- und Holzindustrie haben zwar keine überdurchschnittliche Bedeutung in Sachsen stehen aber vor deutlich höheren Herausforderungen mit Blick auf die Reduzierung der Energieintensität in den kommenden Jahren. Perspektivisch kann die Transformation dieser

⁸ Auch wenn sich die Emissionsdatenerhebung der Umweltökonomischen Gesamtrechnung der Länder (UGR der Länder) und jene im Bundes-Klimaschutzgesetz 2021 genannten Emissionsreduktionsziele konzeptionell unterscheiden, ist eine Reduktion der Emissionen um 37 % inhaltlich übertragbar. Da keine sachsenspezifischen Vorgaben vorliegen, wird von einer Reduktion der THG-Emissionen proportional zum Bund ausgegangen.

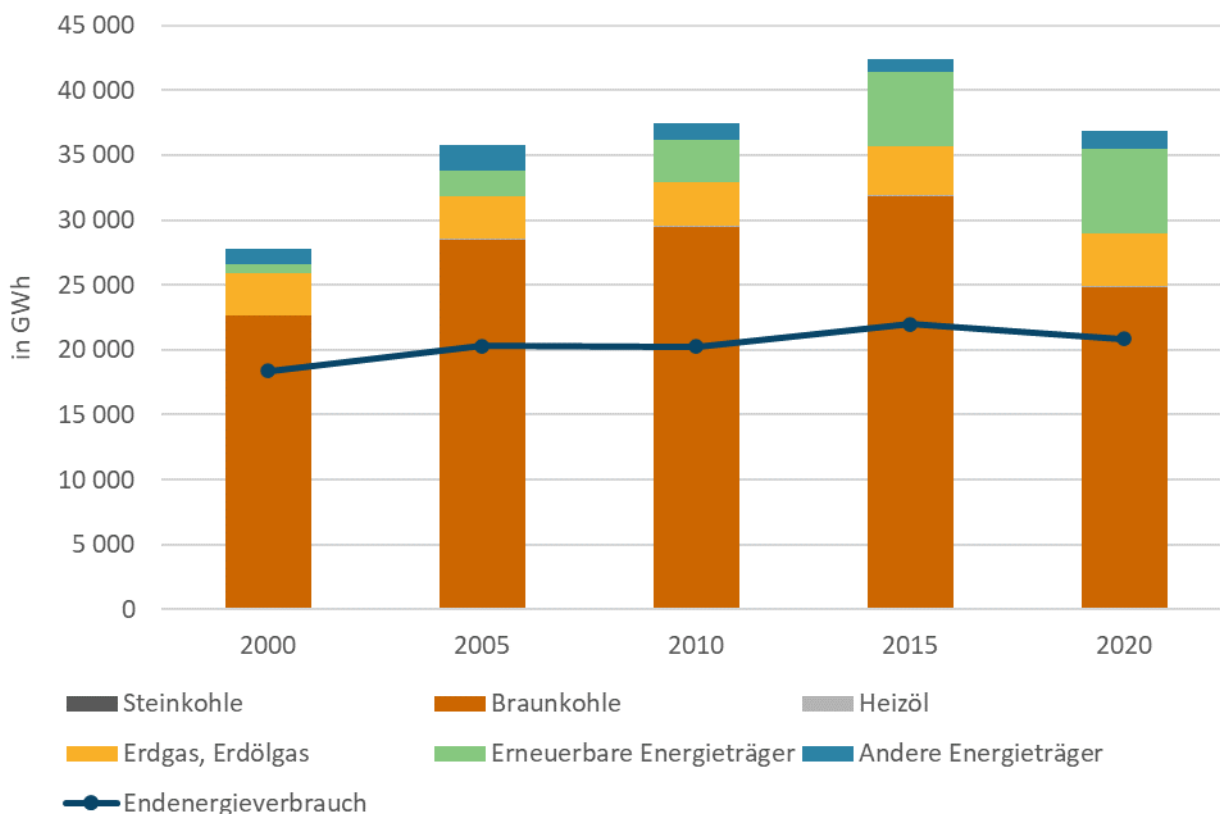
Branchen hin zur Treibhausgasneutralität aus heutiger Sicht nur mit Wasserstoff gelingen. Schlussendlich gibt es also eine Diskrepanz zwischen den für den Umsatz und die Beschäftigung maßgeblich wichtigen Fokusbranchen in Sachsen und den Branchen, die zentral für den Umbau hin zu einer THG-neutralen Industrie sind.

3.1.2 Energiewirtschaft

Im Folgenden wird die Entwicklung des Strommixes in Sachsen aufgezeigt und der Stand des Ausbaus der erneuerbaren Energien in Sachsen dargelegt.

Historische Entwicklung des sächsischen Strommix

Die Stromerzeugung wird in Sachsen stark von der Braunkohleverstromung dominiert (Abbildung 3). Die Braunkohleverstromung war im Jahr 2019 für 62 % der CO₂-Emissionen in Sachsen verantwortlich (SCHREYER & HÖHLE 2022). Zwischen 2000 und 2010 wurden teilweise über 85 % des Stroms aus Braunkohle produziert, in den letzten Jahren ist der Braunkohleanteil auf Werte um 70 % gesunken. Die erneuerbaren Energien (EE) kommen als Gruppe mit 15 % im Jahr 2019 und knapp 18 % im Jahr 2020 auf den zweitgrößten Anteil in der sächsischen Bruttostromerzeugung. Deutschlandweit liegt der EE-Anteil jedoch bei knapp 40 %. Im deutschlandweiten Vergleich führen die EE-Anteile der letzten Jahre deshalb dazu, dass sich Sachsen und Nordrhein-Westfalen den letzten Platz unter den Flächenländern teilen. Die Verstromung von Erdgas trägt noch etwa 10 % zur Stromproduktion in Sachsen bei. Insgesamt liegt die Stromproduktion mit einer Produktion von über 35 TWh deutlich über dem eigenen Stromverbrauch (ca. 20 TWh). Seit über 20 Jahren ist Sachsen Nettoexporteur von Strom in andere Bundesländer bzw. ins Ausland.



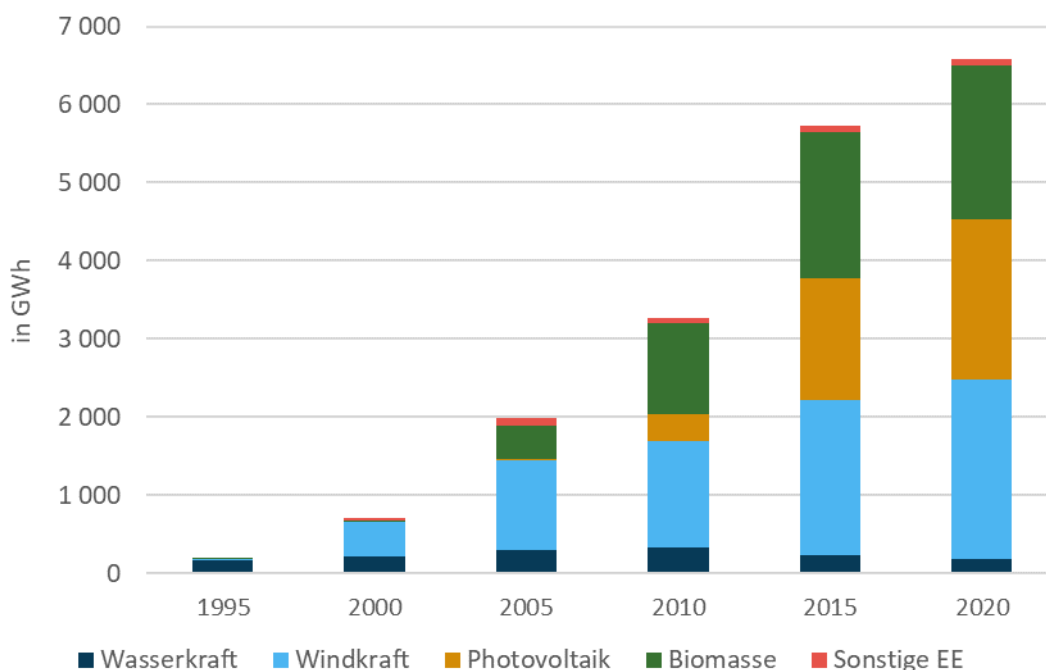
Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen, Statistisches Landesamt Sachsen 2022

Abbildung 3: Bruttostromerzeugung in Sachsen, nach Energieträgern

Das Gesetz zur Reduzierung und zur Beendigung der Kohleverstromung hat die Stilllegungszeitpunkte für die Braunkohleverstromungsanlagen einzeln aufgeführt. Meilensteine für Sachsen wären nach diesem Zeitplan die Stilllegung der Kraftwerke Boxberg (Blöcke N,P) Ende 2029, Lippendorf Ende 2035 und Boxberg (Blöcke R,Q) Ende 2038. Damit entfällt der Großteil der Stilllegungen (knapp 80 %) auf die Zeit nach 2034. Dennoch bleibt für den Umbau der Stromerzeugung in Sachsen wenig Zeit. Deshalb muss der Ausbau erneuerbarer Energien deutlich an Dynamik gewinnen. Zur Unterstützung des Strukturwandels gibt es beispielsweise im Rahmen des Kohleausstiegsgesetzes der Bundesregierung besondere Förderungen für die vom Kohleausstieg betroffenen Regionen. 40 Mrd. Euro werden dafür deutschlandweit zur Verfügung gestellt, davon erhält Sachsen etwa 25 % (ca. 10 Mrd. Euro).

Stand des Ausbaus der Erneuerbaren Energien

Jeweils ein Drittel der EE-Stromerzeugung kommt aktuell aus den Bereichen Windenergie, Photovoltaik und Biomasse (Abbildung 4). Die Stromerzeugung aus Photovoltaik hat sich seit 2010 etwa versechsfacht. Für die Windenergie und Biomasse liegt der Wert heute um etwa 60 bis 70 % höher als im Jahr 2010. Allerdings ist dieser Zuwachs nicht ausreichend, sondern bietet Potenzial nach oben: Gerade bei der Windenergie lag der Kapazitäts-Ausbau pro Einwohner zwischen 2018 und 2021 deutlich unter den Werten ostdeutscher Flächenländer und auch einiger westdeutscher Flächenländer. Im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 2023 ist eine deutschlandweite Kapazitätssteigerung um 46 GW im Zeitraum 2026 bis 2030 als Ziel gesetzt. Selbst wenn auf Sachsen, wie in den letzten Jahren, nur etwa 1 % des Ausbaus entfielen, entspräche das dem landesweiten Windenergie-Ausbau im gesamten Zeitraum 2009 bis 2021.



Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen, Statistisches Landesamt Sachsen 2022

Abbildung 4: Bruttostromerzeugung nach erneuerbaren Energien in Sachsen

Sachsenspezifische Herausforderungen der Energiewende

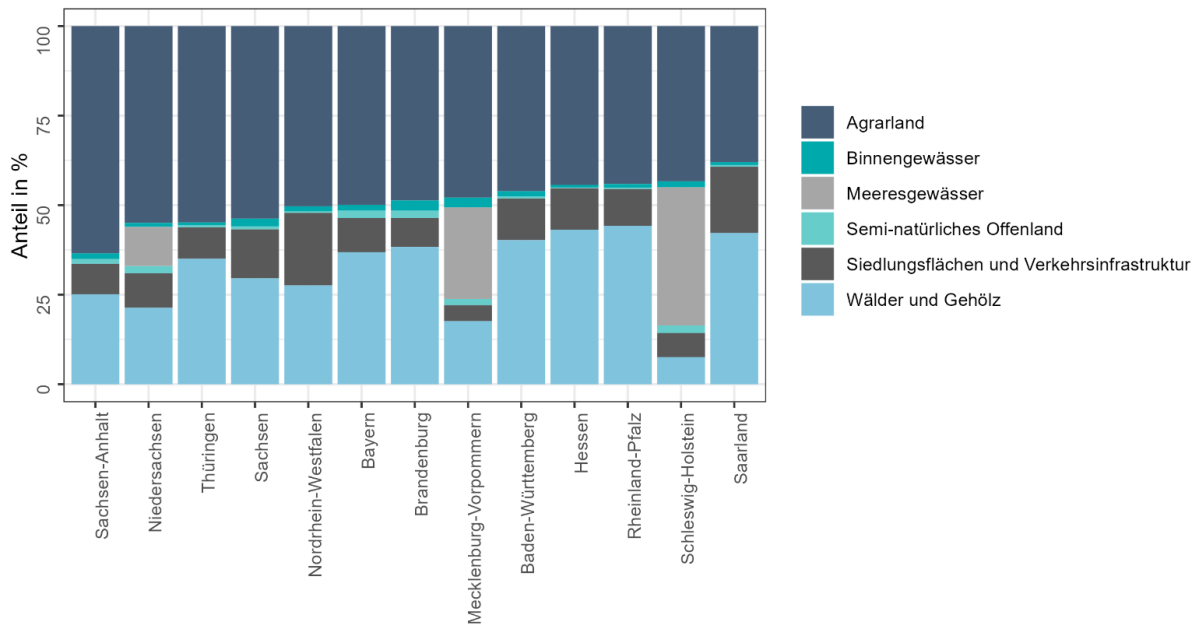
Sachsen steht vor besonders großen Herausforderungen bei der Transformation der Stromerzeugung. Durch den Kohleausstieg bricht bis spätestens Ende 2038 über 70 % der Stromproduktion weg. Angesichts der geringen Dynamik des EE-Ausbaus in den letzten zehn Jahren ist absehbar, dass Sachsen ab Mitte der 2030er-Jahre keine Stromhandelsüberschüsse innerhalb Deutschlands mehr aufweisen wird. Die lückenlose Versorgungssicherheit erwies sich auch in den Gesprächen mit Unternehmen und Fachverbänden als ein zentrales Anliegen der Industrie. Schon kleinere Ausfälle könnten mit enormen Kosten einhergehen, da Anlagen anschließend oft neu kalibriert oder gar ausgetauscht werden müssen. Die befragten Unternehmen und Verbände setzen vor allem große Hoffnung in den Ausbau des Energieträgers Wasserstoff.

Laut Bundes-Klimaschutzgesetz von 2021 soll die jährliche Emissionsmenge in der Energiewirtschaft von 280 Mt CO₂-Äquivalent im Jahr 2020 auf 108 Mt im Jahr 2030 sinken und sich somit deutschlandweit in den kommenden Jahren mehr als halbieren. Für den EE-Ausbau im Stromsektor im Freistaat Sachsen ist ebenfalls das EEG des Bundes maßgebend. Laut dem Energie- und Klimaprogramm Sachsen (EKP) 2021 wird bis zum Jahr 2030 ein zusätzlicher EE-Ausbau von 10 Terawattstunden (TWh) Jahreserzeugung angestrebt (SMEKUL 2021). Als Zwischenziel sind 4 TWh Zubau bis 2024 festgelegt. Im Jahr 2024 soll Windenergie mit 4.400 GWh jährlicher Stromerzeugung den Hauptteil der EE-Stromerzeugung ausmachen. Weitere 3.980 GWh/A sollen durch Photovoltaik, 1.750 GWh/A durch Biomasse und 250 GWh/A durch Wasserkraft erzeugt werden. Für den EE-Ausbau nach 2024 spielen insbesondere die Braunkohlebergbaufolgelandschaften als Ausbaufäche eine hervorgehobene Rolle (SMEKUL 2021; SMEKUL & SMR 2022). Für Windenergie an Land ist Sachsen zudem verpflichtet bis 2027 1,3 % seiner Landesfläche als Vorranggebiete für die Windenergienutzung auszuweisen. Bis 2032 sieht das "Gesetz zur Erhöhung und Beschleunigung des Ausbaus von Windenergieanlagen an Land" einen Flächenbeitrag von 2 % der Landesfläche vor. Die Raumordnungsverfahren zur Fortschreibung der zu aktualisierenden Regionalpläne wurden entsprechend angepasst (SMEKUL & SMR 2022).

3.1.3 Landwirtschaft

Der Landwirtschaftssektor ist Verursacher und Betroffener des Klimawandels, wodurch ihm im Zusammenhang mit Klimaschutz besonderes Augenmerk gezollt werden sollte. Zum einen werden die Folgen des Klimawandels in Form von Dürre, Trockenheit, Hitze, Bodenveränderungen, Feuchtigkeitsverschiebungen etc. direkt in der Landwirtschaft und ihren Erträgen sichtbar, sodass sich Klimaschutz unmittelbar positiv auswirkt. Zum anderen ist die Landwirtschaft für 30% bis 40% der Treibhausgasemissionen verantwortlich (ABBASS ET AL. 2022) und nimmt dadurch maßgeblich Einfluss auf die weitere Entwicklung des Klimas.

In Sachsen nimmt das Agrarland mit 54% mehr als die Hälfte der Fläche ein (s. Abbildung 5). Mit diesem Wert kommt Sachsen direkt hinter Sachsen-Anhalt, Niedersachsen und Thüringen und liegt über dem deutschlandweiten Schnitt (inkl. Stadtstaaten) von 50%. Die nächstgrößere Flächennutzung in Sachsen entfällt mit 30% auf Wälder und Gehölz, was dem Durchschnitt entspricht. Von der Siedlungsfläche und Verkehrsinfrastruktur werden 14% zur Gesamtfläche in Anspruch genommen. Für Deutschland liegt dieser Wert durchschnittlich bei 11%.



Quelle: GENESIS-Online, 2023

Abbildung 5: Anteil der Ökosysteme an der Gesamtfläche in den Flächenländern 2018

Das Agrarland in Sachsen, repräsentiert durch eine landwirtschaftlich genutzte Fläche von knapp 900 Tsd. Ha, wurde 2020 zuletzt von insgesamt 6.500 landwirtschaftlichen Betrieben bewirtschaftet.⁹ Ein Betrieb ist somit im Schnitt ca. 138 ha groß, was deutlich größer ist als der bundesweite Durchschnittswert von 64 ha. Hinsichtlich der Verteilung der Betriebe nach Betriebsgrößenklassen ist Sachsen durch bipolare Strukturen gekennzeichnet ist: So finden sich nicht nur ausschließlich sehr viele große Betriebe ab einer Betriebsgröße von 100 ha in dem Bundesland, sondern gleichzeitig auch anteilig mehr Kleinbetriebe mit weniger als 10 ha bewirtschafteter Fläche. Insbesondere der Anteil von Betrieben mit 200 ha und mehr liegt mit 15% über dem deutschlandweiten Schnitt von 5%, genauso wie 11% gegenüber 7% bei Betrieben unter 5 ha und 21% gegenüber 16% bei Betrieben von 5 bis unter 10 ha. Die Größenklassen von 10 bis unter 100 ha sind im Vergleich zu Deutschland anteilig weniger repräsentiert.

Die Zahl der Großbetriebe ab 100 ha ist in Sachsen über den Zeitraum 2010 bis 2020 zudem annähernd unverändert geblieben. Die Zahl der Kleinbetriebe zwischen 5 bis 10 ha nimmt hingegen von anteilig 19% (2010) auf 21% (2020) zu. Generell sind die Strukturen über den Beobachtungszeitraum hinweg aber sehr stabil sowohl für Deutschland als auch für Sachsen.

Mit einem Anteil von 84% sind die meisten Betriebe in Sachsen spezialisiert, 16% sind Verbundbetriebe. Auf Bundesebene (inklusive Stadtstaaten) liegt die Spezialisierung mit 89% höher. Am häufigsten sind in Sachsen gemäß Abbildung 6 Betriebe in Spezialisierung für den Futterbau (40%) und den Ackerbau (35%)

⁹ Nach Angaben der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder zählen zu den landwirtschaftlichen Betrieben in der verwendeten Statistik alle technisch-wirtschaftlichen Einheiten, die einer einheitlichen Betriebsführung unterliegen sowie landwirtschaftliche Erzeugnisse oder zusätzlich auch Dienstleistungen und andere Erzeugnisse hervorbringen. Eine Gewinnerzielungsabsicht ist nicht erforderlich. Unter die landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) fallen alle landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzten Flächen einschließlich der stillgelegten Flächen.

sowie Verbundbetriebe aus Pflanzenbau-Viehhaltung (13%). Mit durchschnittlich 273 Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche (ha LF) haben letztgenannte Betriebstypen die größte Bedeutung, gefolgt von Betrieben mit Viehhaltung im Verbund (169 ha LF) und dem Ackerbau (151 ha LF). Im Mittel nutzt ein sächsischer Betrieb 138 ha landwirtschaftliche Fläche. Im Bundesvergleich liegt dieser Wert bei 63 ha je Betrieb. Der Standardoutput eines Durchschnittsbetriebs liegt bei 288 Tsd. Euro, im bundesweiten Durchschnitt bei 177 Tsd. Euro. Die höchsten Werte erzielen in Sachsen spezialisierte Betriebe der Veredelung mit 1.732 Tsd. Euro sowie Verbundbetriebe aus Pflanzenbau-Viehhaltung (464 Tsd. Euro) und Viehhaltung (418 Tsd. Euro).



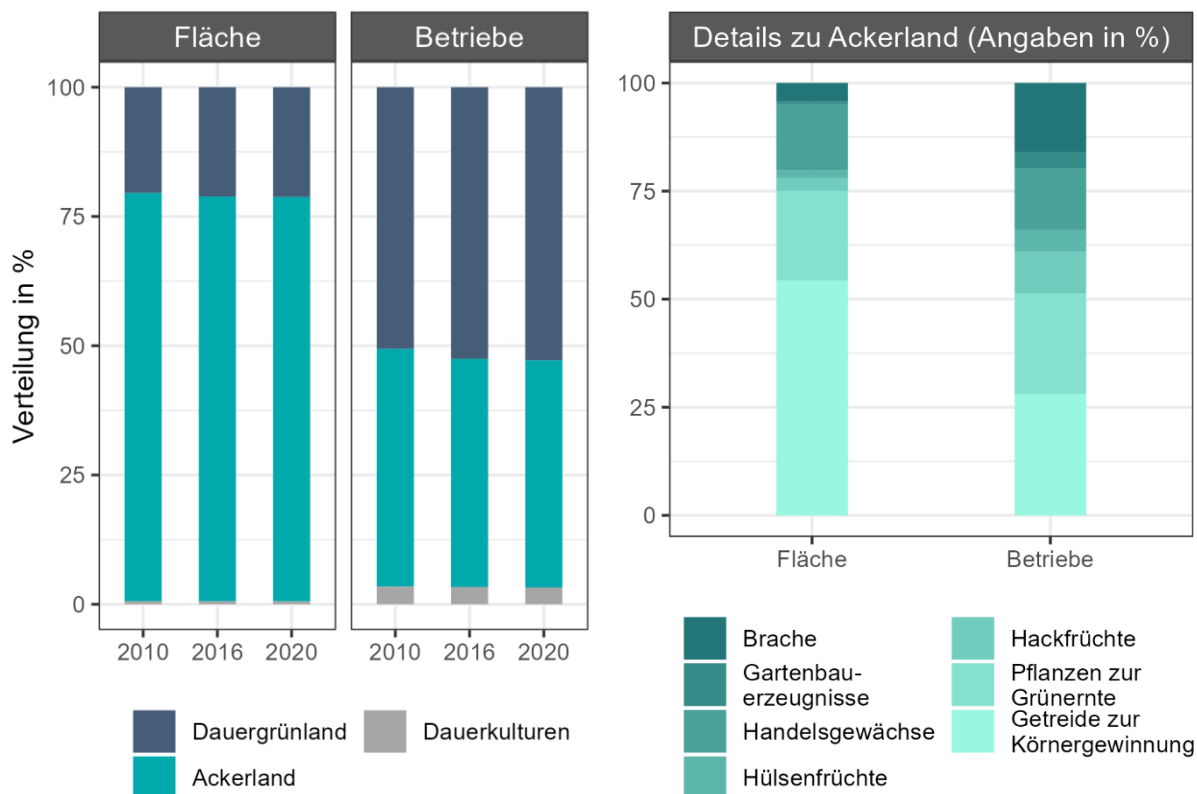
Quelle: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2023

Abbildung 6: Landwirtschaftliche Betriebe in Sachsen nach ihrer betriebswirtschaftlichen Ausrichtung 2020

Hinsichtlich der Landnutzung für Fruchtarten, welche in Dauergrünland, Ackerland und Dauerkulturen unterteilt werden, nimmt das Ackerland mit 78% die größte Fläche ein (s. Abbildung 7). Dauergrünland beansprucht 21% der landwirtschaftlich genutzten Fläche, Dauerkulturen 1%. Auf Bundesebene (inkl. Stadtstaaten) verteilt sich die landwirtschaftlich genutzte Fläche zu 70% auf Ackerland, 29% auf Dauergrünland und 1% auf Dauerkulturen.

Bei der Zahl der Betriebe für Fruchtarten entfallen in Sachsen mit 53% die Mehrheit auf den Bereich Dauergrünland, 44% sind im Bereich Ackerland tätig und 3% im Bereich der Dauerkulturen. Diese Verteilung ist in den letzten 10 Jahren annähernd unverändert geblieben. Die Betriebe mit Fokus auf Dauergrünland und Dauerkulturen sind demnach kleiner (gemessen an der beanspruchten landwirtschaftlich genutzten

Fläche) als Ackerlandbetriebe. Letztere verwenden mit über 50% die meiste Ackerlandfläche für den Getreideanbau (zur Körnergewinnung), gefolgt von Pflanzen zur Grünernte (21%) und Handelsgewächse (15%). Von der Anzahl der Betriebe überwiegen die Bereiche Getreideanbau (28%), Pflanzen zur Grünernte (23%) und Brache (16%).



Quelle: Statistisches Landesamt Freistaat Sachsen, 2023

Abbildung 7: Verteilung der Fruchtarten Dauergrünland, Ackerland und Dauerkulturen auf die Fläche und Betriebe in Sachsen, 2020

Des Weiteren werde im Bereich des Pflanzenanbaus 14% der Betriebe in Sachsen dem ökologischen Pflanzenanbau zugeordnet. Im Bundesdurchschnitt (inkl. Stadtstaaten) liegt dieser Wert bei 9%. Bezogen auf die Fläche werden 71 Tsd. ha der landwirtschaftlich genutzten Fläche ökologisch bewirtschaftet, was einem Anteil von 8% entspricht. Auf Bundesebene liegt dieser Wert bei 10%.

Fast 4500 Betriebe in Sachsen halten Vieh von mehr als 430 Tsd. Großvieheinheiten (GE). Bezogen auf die landwirtschaftlich genutzte Fläche ergeben sich daraus 0,5 GE pro ha. Damit gibt es in Sachsen weniger Vieh pro ha landwirtschaftlich genutzter Fläche als im bundesweiten Schnitt (inklusive Stadtstaaten), wo der Wert 0,7 GE pro ha erreicht.

441 der fast 4.500 Betriebe mit Viehhaltung bzw. ca. 10% wirtschaften ökologisch. Dies entspricht dem Bundesdurchschnitt. Insgesamt gibt es in Sachsen 23 Tsd. GE ökologischer Tierhaltung, d.h. 5% der Großvieheinheiten werden ökologisch gehalten. Bezogen auf die ökologisch-landwirtschaftlich genutzte Fläche ergibt sich ein Wert von 0,3 GE pro ha. Im Vergleich dazu sind auf Bundesebene 6% der Großvieheinheiten ökologisch bei 0,5 GE pro ha.

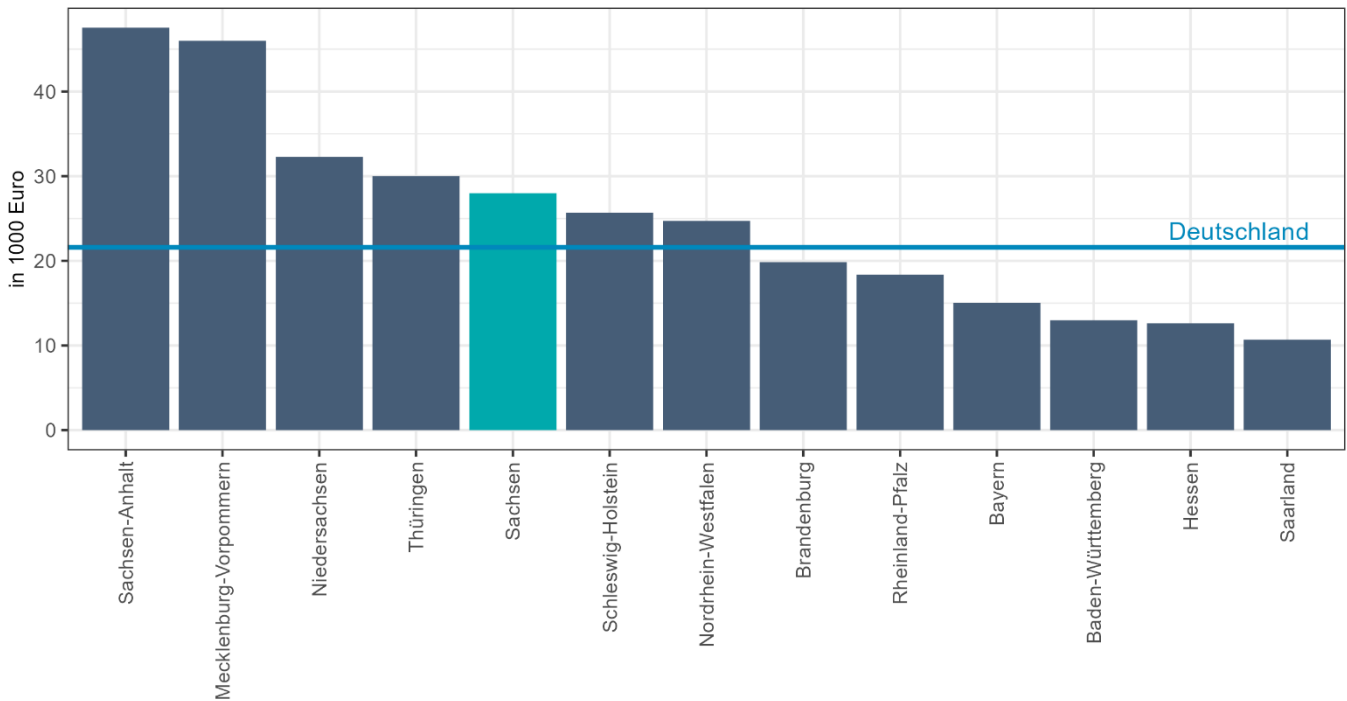
Hinsichtlich der Ausrichtung der Viehhaltung liegt der höchste Besatz (gemessen in Großvieheinheiten je ha landwirtschaftlich genutzter Fläche) in Sachsen bei Masthühnern und -hähnen. Hier entfallen mehr als eine Großvieheinheit auf einen ha landwirtschaftlich genutzter Fläche. Mit Abstand folgen Rinder, Truthühner und Schweine, die ca. 0,5 GV je ha LF ausmachen. Im Vergleich zu Deutschland (inkl. Stadtstaaten) ist der Besatz bei Masthühnern, Rindern und Schweinen in Sachsen jedoch deutlich niedriger. In Deutschland entfallen auf diese Tierarten 1,4 GV/ha, 0,9 GV/ha und 1,0 GV/ha. Höher als im bundesweiten Schnitt ist der Tierbesatz in Sachsen im Bereich der Truthühner (0,5 GV/ha gegenüber 0,4 GV/ha), Legehennen (0,2 GV/ha gegenüber 0,1 GV/ha) und Ziegen (0,03 GV/ha gegenüber 0,02 GV/ha).

Für die Bewirtschaftung der Flächen und die Versorgung der Tiere wurden in der Landwirtschaft Vorleistungen in Höhe von fast 1.500 Mio. Euro eingesetzt, was einer Vorleistungsquote an der Produktion von 3,9% entspricht. Der größte Anteil am Vorleistungseinsatz entfiel dabei auf Futtermittel (40%) sowie Energie, Treib- und Schmierstoffe (11%). Dünge- bzw. Pflanzenschutzmittel machten 6% bzw. 5% der Vorleistungen aus. Im Vergleich zum durchschnittlichen Vorleistungseinsatz in Deutschland (inkl. Stadtstaaten) setzt Sachsen für Futtermittel anteilig weniger ein und in den übrigen Kategorien mehr.

Insgesamt trug die Landwirtschaft in Sachsen 2020 nach Angaben der Regionalen Landwirtschaftlichen Gesamtrechnung der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder 848 Mio. Euro zur Bruttowertschöpfung bei. Die Produktion beläuft sich auf 2.305 Mio. Euro, wobei der größere Teil mit 1.154 Mio. Euro von der pflanzlichen Erzeugung erbracht wird. Auf die tierische Erzeugung entfallen 959 Mio. Euro. Mit der landwirtschaftlichen Produktion trägt Sachsen 4% zur Gesamtproduktion der Landwirtschaft in Deutschland bei. Dieser Wert ist vergleichbar mit dem Beitrag anderer Flächenländer wie Brandenburg (4,5%), Hessen (3,2%), Mecklenburg-Vorpommern (4,8%), Rheinland-Pfalz (4,8%) oder Sachsen-Anhalt (4,5%).

Bezogen auf die eingesetzten Arbeitskräfte¹⁰ liegt die erwirtschaftete Bruttowertschöpfung der Landwirtschaft oberhalb des deutschlandweiten Schnitts (s. Abbildung 8). In Sachsen entfielen 2020 auf eine eingesetzte Arbeitskraft fast 28.000 Euro der landwirtschaftlichen Wertschöpfung. Für Deutschland insgesamt (inklusive Stadtstaaten) erzielte die Landwirtschaft eine Bruttowertschöpfung in Höhe von 21.600 Euro je eingesetzter Arbeitskraft.

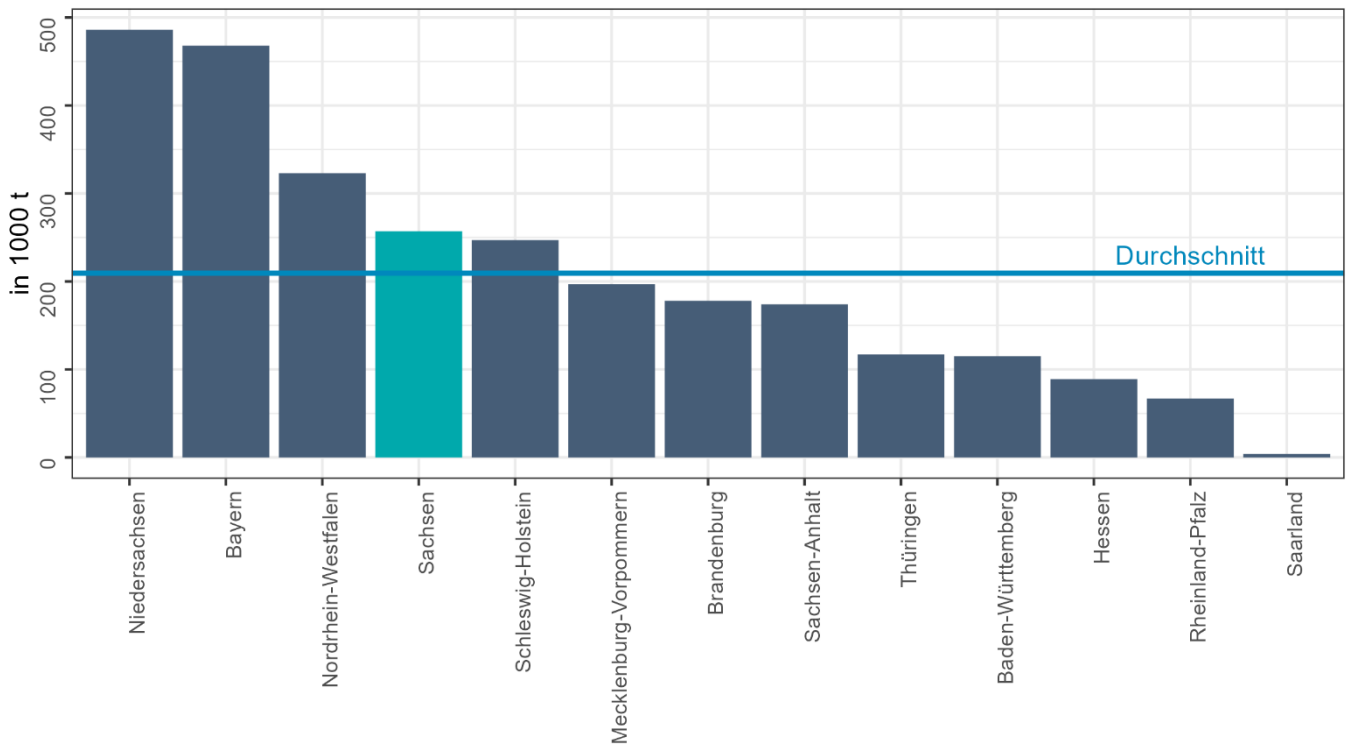
¹⁰ Die Arbeitskräfte umfassen Familienarbeitskräfte, Saisonarbeitskräfte sowie ständige Arbeitskräfte.



Quelle: Regionale Landwirtschaftliche Gesamtrechnung der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder, 2023; GENESIS-Online, 2023.

Abbildung 8: Bruttowertschöpfung in jeweiligen Preisen je eingesetzter Arbeitskraft in 1 000 Euro 2020

Hinsichtlich der CO₂-Emissionen durch Düngung zählt die Landwirtschaft in Sachsen zu den vier größten Verursachern unter den Bundesländern (siehe Abbildung 9). Im Jahr 2019 wurden nach detaillierter Inventarberechnung 257 Tsd. Tonnen CO₂ emittiert, 48 Tsd. Tonnen mehr als der Durchschnitt aller Flächenländer (RÖSEMANN ET AL. 2023). Hinzu kommen weitere Emissionen wie Methan (1.209 Tsd. Tonnen CO₂-Äquivalente für Landwirtschaft in Sachsen, Mittelwert: 2.000) und Distickstoffoxid (807 Tsd. Tonnen CO₂-Äquivalente, Mittelwert: 1.386). Zusammen ergeben sich für Sachsen 2019 Treibhausgas-Emissionen durch die Landwirtschaft in Höhe von 2.306 Tsd. Tonnen CO₂-Äquivalente. Dies entspricht 4% der gesamtdeutschen Emissionen in der Landwirtschaft.



Quelle: RÖSEMANN ET AL. (2023); Anmerkung: Für die Stadtstaaten sind keine Werte verfügbar.

Abbildung 9: CO₂-Emissionen in der Landwirtschaft (in 1.000 t) nach Bundesländern für das Jahr 2019

Allerdings konnte der Ausstoß an Treibhausgasen insgesamt in der sächsischen Landwirtschaft zwischen 2014 und 2020 um 7 % reduziert werden. Gegenüber dem Jahr 2000 stellt sich eine Reduktion in Höhe von 8 % ein. Diese Entwicklung entspricht annähernd der für Gesamtdeutschland: Auch dort haben sich die Treibhausgas-Emissionen im Zeitraum 2014 bis 2020 um 7 % verringert, über den gesamten Beobachtungszeitraum ebenfalls nur um 7 %. Zwischen 2008 und 2011 schien sich die Menge der Treibhausgas-Emissionen der sächsischen Landwirtschaft kurzfristig von der Bundesentwicklung abzukoppeln. Während die Emissionen auf Bundesebene im betrachteten Zeitraum um 1 % zulegten, konnten die Emissionen der Landwirtschaft in Sachsen kurzfristig um 2 % weiter verringert werden. Danach passte sich der Ausstoß der Treibhausgas-Emissionen allerdings wieder der allgemeinen Entwicklung an und entspricht seitdem in seiner Veränderung weitgehend der nationalen Entwicklung bei den Treibhausgas-Emissionen in der Landwirtschaft.

Im Bundes-Klimaschutzgesetz von 2021 wurde für die Landwirtschaft festgelegt, dass die Jahresemissionsmenge in Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent von 70 im Jahr 2020 auf 56 im Jahr 2030 sinken soll. Dies entspricht einer Verringerung um 20% innerhalb von zehn Jahren. Die beobachtete Reduktion zwischen 2014 bis 2020 müsste sich also deutlich verstärkt weiter fortsetzen.

3.1.4 Gebäude

Der Wohngebäudebestand in Sachsen zeigt deutliche Unterschiede zum bundesweiten Durchschnitt. Einzelaspekte werden im Folgenden näher betrachtet.

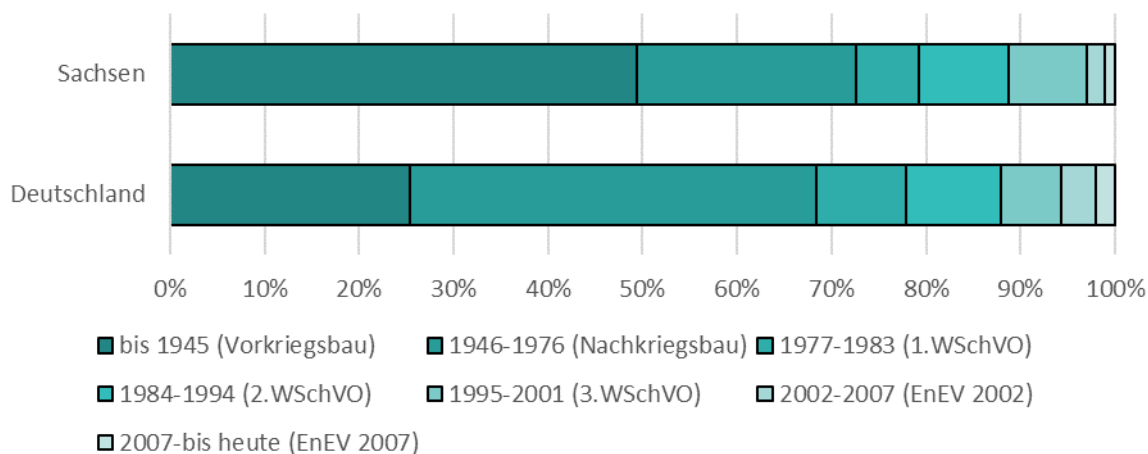
Historische Entwicklung der THG-Emissionen

Gebäudeheizungen durch Kleinfeuerungsanlagen sind im Freistaat Sachsen die drittgrößte Quelle für THG-Emissionen. Nur die großen Braunkohlekraftwerke und der Verkehr übertreffen den CO₂-Ausstoß dieses Sektors (SMEKUL 2021; SCHREYER & HÖHLE 2022). Zur Analyse der spezifischen Herausforderungen im

Bereich Gebäude werden im Folgenden zunächst die Entwicklungen im Bereich der Privaten Haushalte sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen betrachtet. Der Energieverbrauch dieser Sektoren fällt zu einem Großteil auf Raumwärme und Warmwasser. Für die privaten Haushalte stehen deutschlandweit etwa 84 % des Energieverbrauchs im Zusammenhang mit der Gebäudetechnik. Im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) macht die Gebäudetechnik fast die Hälfte des Energieverbrauchs aus (BMWK 2022a). Nach Berechnung der UGR der Länder wurden im Jahr 2019 energiebedingt in Sachsen knapp 6 Mio. t CO₂ ausgestoßen. Als Pendant werden in den Emissionsdaten des LfULG die Kleinfeuerungsanlagen als Emittent geführt. In dieser Datenreihe des LfULG lagen die Emissionen zuletzt um etwa 1 Mio. t höher. Seit der Jahrtausendwende haben sich die energiebedingten CO₂-Emissionen laut der Emissionsdaten des LfULG kaum verändert, basierend auf der UGR der Länder sieht man jedoch eine Reduktion in Sachsen um etwa 13 %. Deutschland erreicht insgesamt nach diesen Daten eine Reduktion von 26 % im gleichen Zeitraum.

Wohngebäudebestand in Sachsen zeigt deutliche Unterschiede zum deutschlandweiten Durchschnitt

Zur Einordnung ist zu berücksichtigen, dass sich der Wohngebäudebestand in Sachsen vom deutschlandweiten Durchschnitt unterscheidet. Im Jahr 2011 wurden in Sachsen knapp 833 000 Gebäude mit Wohnraum erfasst, darunter 800 000 Wohngebäude im engeren Sinn (Zensus2011). Der Wohnungsbestand betrug 2 326 000 (bzw. 2 236 000), so dass sich ein Verhältnis von 2,8 Wohnungen pro Gebäude ergibt. Aufgrund des deutlich höheren Anteils an Mehrfamilienhäusern ist dieser Wert höher als im Bundesdurchschnitt (2,1). In Abbildung 10 ist zu erkennen, dass Sachsen einen überdurchschnittlichen Anteil an Wohngebäuden mit einem Baujahr vor 1945 aufweist. Dagegen sind die Jahrgänge zwischen 1946 und 1983 weniger stark vertreten, so dass vor den 90er-Jahren fertiggestellte Bauten nicht überrepräsentiert sind. Die Jahrgangsstruktur seit der Einführung der zweiten Wärmeschutzverordnung (WSchVO) ist in Sachsen ganz ähnlich wie in Deutschland insgesamt.



Quelle: Erhebung durch co2online und Hochrechnung auf Grundlage des Zensus 2011

Abbildung 10: Verteilung des Wohngebäudebestandes auf Baualtersklassen 2021

Sachsen hat einen hohen Anteil an Altbauten, was grundsätzlich zu strukturellen Nachteilen beim Heizenergiebedarf und Sanierungsanforderungen führen würde. Jedoch haben die Investitionen in den Gebäudebestand in den neuen Bundesländern und die daraus resultierende Sanierungswelle nach der Wiedervereinigung in den 90er-Jahren dazu geführt, dass der Heizenergiebedarf insbesondere in Zwei- und

Mehrfamilienhäusern in Sachsen bis heute unter dem deutschlandweiten Durchschnitt liegt (KÖVEKER ET AL. 2022). Schätzungsweise nur 26 % der Wohngebäude in Sachsen sind unsaniert im Vergleich zu 36 % im Bundesdurchschnitt (co2online). Die Energieintensität des Sektors private Haushalte liegt gemessen an der Wohnfläche der Wohngebäude heute etwa 5 % unter dem Wert von Deutschland.

In Sachsen befinden sich überdurchschnittlich viele Wohngebäude im Eigentum von Wohnungsbaugesellschaften und kommunalen Wohnungsunternehmen (7,7 %). Dafür beträgt der Anteil der Wohngebäude in der Hand von Privatpersonen und Eigentümergemeinschaften nur knapp 89 %, gegenüber 94 % in Deutschland (STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER 2014)

Heizungssysteme im sächsischen Gebäudebestand

In Sachsen werden 8 % der Wohngebäude über Fernwärme beheizt, anteilig deutlich mehr als in Deutschland. Dazu kommen 2 % Wohngebäude, die über Blockheizungen beheizt werden. Etwa 70 % der Wohngebäude werden über gebäudeeigene Zentralheizungen beheizt, im bundesweiten Durchschnitt sind es 79 %. Die übrigen Anteile entfallen auf die Einzel- und Mehrraumbeheizung. Erdgas ist in Sachsen der wichtigste Heizenergieträger in Wohngebäuden mit ähnlicher Bedeutung wie im Bundesdurchschnitt. Die Beheizung mit Heizöl hat einen unterdurchschnittlichen Anteil, zugunsten der Fernwärme. Im Bundes-Klimaschutzgesetz wurde 2021 festgelegt, dass die zulässigen Jahresemissionsmengen für den Gebäude-Bereich von 118 Mt CO₂-Äquivalent im Jahr 2020 auf 67 Mt im Jahr 2030 sinken sollen. Diese Reduktion um etwa 57 % ist angesichts der Entwicklung in den letzten 20 Jahren als sehr ambitioniert und auch im Kontext weiter steigender Wohnflächen pro Kopf zu sehen.

3.1.5 Verkehr

In Sachsen entfielen etwa 30 % des Endenergieverbrauchs im Jahr 2020 auf den Verkehrssektor (Schienen-, Straßen- und Luftverkehr, sowie Küsten- und Binnenschifffahrt). 95% der im Verkehrssektor verbrauchten Energie wurde aus Kraftstoffen gewonnen, die auf Mineralöl(-produkten) bzw. Erd(öl)gas basieren (Energiebilanz2019, Freistaat Sachsen). Damit ist der Verkehr im Freistaat Sachsen die zweitgrößte Quelle für THG-Emissionen. Nur die großen Braunkohlekraftwerke übertreffen den CO₂-Ausstoß dieses Sektors (SMEKUL 2021).

Historische Entwicklung der THG-Emissionen

Nach Hochrechnung des LfULG betragen die CO₂-Emissionen im Jahr 2019 8,9 Mio. t. In den UGR der Länder und entsprechend auch in der Quellenbilanz aus den Energiebilanzen, werden 6,2 Mio. t CO₂ dem Sektor Verkehr zugeordnet (AK UGR DER LÄNDER 2022). Auf die Unterschiede zwischen den Datenquellen soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden. In der historischen Entwicklung der CO₂-Emissionen zeigt sich unabhängig von der Erfassung und Abgrenzung die gleiche Tendenz. Seit 2010 verharren die CO₂-Emissionen auf einem gleichbleibenden, hohen Niveau. Damit liegen die CO₂-Emissionen in Sachsen auch im bundesweiten Trend. Insgesamt wird davon ausgegangen, dass in Sachsen im Bereich des Personenverkehrs keine besonderen Spezifika bei den zukünftigen Herausforderungen zu berücksichtigen

sind. Beispielsweise unterscheidet sich der Modal Split¹¹ bei den Wegen der privaten Haushalte nicht maßgeblich von der Struktur in ganz Deutschland (MOBILITÄT IN DEUTSCHLAND 2019).

Bundesweit wird im Verkehrssektor eine Minderung der THG-Emissionen von 150 Mt CO₂-Äquivalent im Jahr 2020 auf 85 Mt im Jahr 2030 angestrebt (KSG 2021).¹² Dazu ist der Umstieg auf alternative, klimafreundliche Antriebstechnologien im Individual- und Güterverkehr zwingend notwendig. Dieser Umstieg geht jedoch nur schleppend voran. Zu Beginn des Jahres 2023 betrug der Anteil an reinen Elektro- und Plug-in-Hybrid-Fahrzeugen (Pkw, Bus, Lkw) in Sachsen 2,1 %, was unter dem deutschlandweiten Anteil von 3,8 % liegt. Insgesamt waren in Sachsen Anfang 2023 1 288 E- bzw. Plug-in-Hybrid-Lkws zugelassen, was gerade einmal weniger als ein Prozent der insgesamt zugelassenen Lkw ausmacht (KRAFTFAHRT-BUNDESAMT 2023a). Der Anteil der Elektro- und Plug-in-Hybrid-Fahrzeugen bei den Neuzulassungen steigt in Sachsen zwar stetig an und lag 2022 bei 21 %. Dies ist jedoch auch weniger als der deutschlandweite Anteil von etwa 29 % (KRAFTFAHRT-BUNDESAMT 2023b).

Überdurchschnittliche Bedeutung der Logistik in Sachsen

Im Kontext der Chancen und Risiken für die Wirtschaft gilt die Logistik als Branche, die vor besonders großen Herausforderungen steht. Sachsen hat sich durch die Lage innerhalb Europas zu einem wichtigen Verkehrsdrehkreuz entwickelt. Durch die Elbeschifffahrt, die zwei internationalen Flughäfen und drei intermodalen Güterverkehrszentren verfügt Sachsen über eine gute Verkehrsinfrastruktur und gute Anbindung für alle Verkehrsträger. Dies bietet grundsätzlich gute Möglichkeiten den Lkw-Verkehr zu reduzieren und die Schiene im Güterverkehr zu stärken. Die Bedeutung der Logistik-Branche lässt sich in ihrer regionalen Ausprägung schwer darstellen, da Logistik als Vorleistung gesehen werden kann und vor allem Wertschöpfung in anderen Branchen ermöglicht. Um dennoch eine allgemeine Einordnung zu ermöglichen, ist in Tabelle 3 die Bedeutung der "Logistik" anhand der drei Indikatoren "Beschäftigungsanteil Verkehrs- und Logistikberufe", "Beschäftigungsanteil Verkehr und Lagerei" und "Bruttowertschöpfungsanteil Verkehr und Lagerei" dargestellt. Auf Ebene der Berufe grenzt die Bundesagentur für Arbeit spezifische Aggregate ab, die den Tätigkeitsschwerpunkt beschreiben. Dem Aggregat "Verkehrs- und Logistikberufe" sind in Sachsen über 9,8% der Beschäftigten zugeordnet. Die nach der Wirtschaftszweig-Gliederung abgegrenzte Branche hat in Sachsen einen Anteil von knapp 6 % an den sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten. Insgesamt entfallen auf den Wirtschaftszweig "Verkehr und Lagerei" etwa 4,7 % der Bruttowertschöpfung im Freistaat Sachsen. Diese Wirtschaftszweige repräsentieren jedoch nur den Transportsektor und berücksichtigen nicht die Arbeitsplätze, die auch in anderen Branchen mit Warendistribution zu tun haben. Insgesamt hat Sachsen bei allen drei Indikatoren leicht höhere Werte als der bundesweite Durchschnitt, was darauf schließen lässt, dass die Logistik in Sachsen eine überdurchschnittliche Bedeutung hat. Dieser Befund ist eindeutiger als erwartet.

¹¹ Der "Modal Split" gibt die prozentualen Anteile der einzelnen Verkehrsmittel an der gesamten Verkehrsleistung an. Damit gibt er Aufschluss über die Verkehrsmittelnutzung und den damit zurückgelegten Kilometern pro Person oder Tonne (Personen- bzw. Güterverkehr) (UBA 2023b).

¹² Die Ziele zur Treibhausgasreduktion der einzelnen Sektoren basieren auf dem Bundes-Klimaschutzgesetz von 2021, da dort sektorspezifische Ziele aufgeführt werden, die sich gut zur Einordnung der laufenden Klimaschutzbestrebungen der einzelnen Sektoren nutzen lassen. Seit der Novellierung des Klimaschutzgesetzes 2023 liegt der bundesweite Fokus auf dem sektorübergreifenden Ziel zur THG-Reduktion und die Einzelziele werden nicht mehr ausgewiesen.

Tabelle 3: Bedeutung der Logistik im bundesweiten Vergleich anhand von drei Indikatoren

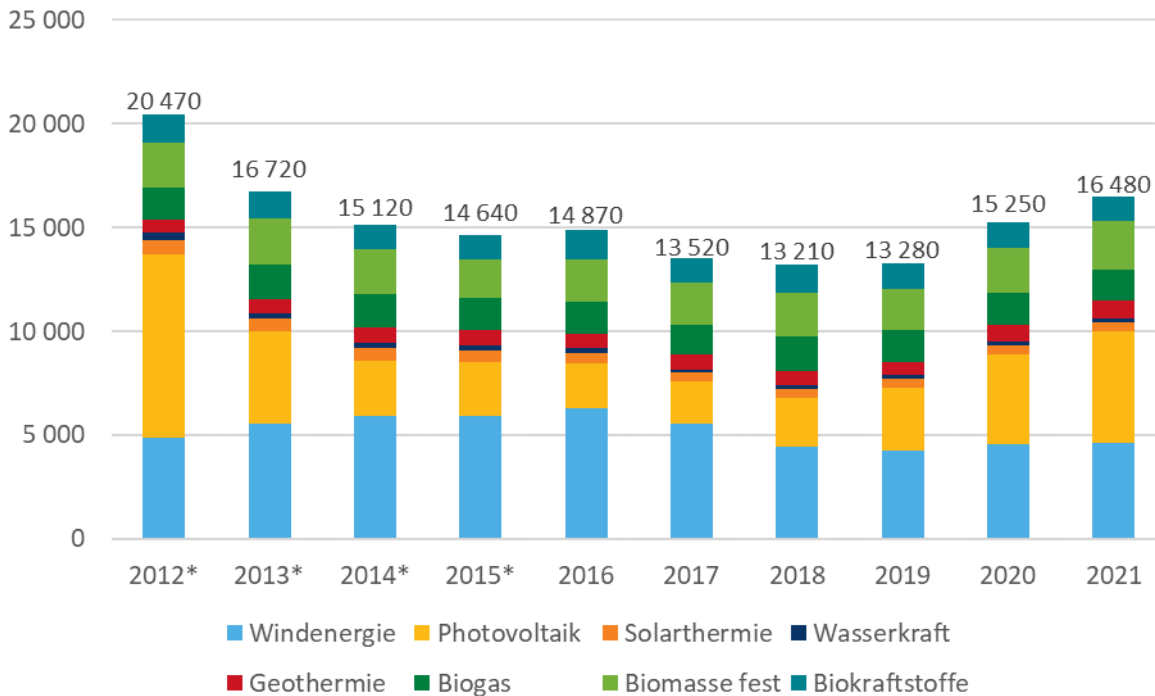
	Sachsen	Deutschland
Beschäftigung, Anteil Verkehrs- und Logistikberufe, Juni 2021	9,8 %	9,8 %
Beschäftigung, Anteil Verkehr und Lagerei, Juni 2021	6,0 %	5,6 %
Bruttowertschöpfung, Anteil Verkehr und Lagerei, 2019	4,7 %	4,4 %

Quelle: Bundesagentur für Arbeit, VGR der Länder

3.1.6 Klimaschutzwirtschaft in Sachsen

Klimaschutz als Geschäftsfeld ist heute ein wichtiger Bestandteil der Wertschöpfung in Deutschland und in Sachsen. Allein etwa 6 % der industriellen Produktion entfallen auf Umweltschutzgüter, darunter 37 % im Feld Klimaschutz (GEHRKE & SCHASSE 2021). Zum Klimaschutz gehören auch Maßnahmen zur Nutzung von erneuerbaren Energien, zum Einsparen von Energie und zur Steigerung der Energieeffizienz (DESTATIS 2022). Dementsprechend können Umsätze die durch solche Klimaschutzmaßnahmen, vor allem durch die Nutzung erneuerbarer Energien (inkl. Speicher) und die Erhöhung der Energieeffizienz bzw. Einsparung von Energie, entstehen in vielen unterschiedlichen Branchen und Geschäftstätigkeiten innerhalb der Gesamtwirtschaft entstehen. Es besteht keine einheitliche Abgrenzung oder Erfassung der Bedeutung von Klimaschutzmaßnahmen innerhalb der Wirtschaft. An der Realisierung von Klimaschutzmaßnahmen sind entlang der Wertschöpfungskette teilweise sehr unterschiedliche Tätigkeiten und Branchen beteiligt, auch solche, die Klimaschutz nicht als ihr Hauptgeschäftsfeld ansehen. Konkrete Beispiele für solche Klimaschutzmaßnahmen sind prozessintegrierte Maßnahmen, die die Herstellung von Systemen zur Rückführung von THG, einschließlich der Installation und Planung umfassen oder auch die Herstellung von on- und offshore Windkraftanlagen inklusive der Herstellung der einzelnen Großkomponenten (Rotorblättern, Gondeln, Türmen, Fundamenten etc.) und die Installation, der Service und die Planung der Anlagen (DESTATIS 2022).

Deshalb wird etwa der Ausbau erneuerbarer Energien auch als Querschnittsbranche bezeichnet, deren vollständige Erfassung durch die amtliche Gliederung der Statistik nicht möglich ist (LUTZ & BREITSCHOPF 2016). Die sogenannte Bruttobeschäftigung des Ausbaus erneuerbarer Energien berücksichtigt diese Besonderheit und erfasst die wirtschaftliche Dimension dieser Aktivitäten über Branchen hinweg durch ein spezifisches Schätzverfahren und auf Grundlage von spezifischen Erhebungen (LEHR ET AL. 2015). In Deutschland standen im Jahr 2021 353 500 Arbeitsplätze im Zusammenhang mit dem Ausbau erneuerbarer Energien. Dabei wird deutschlandweit die inländische Nachfrage durch Investitionen, Export und Betrieb von Anlagen für elf EE-Technologien berücksichtigt. Seit 2011 werden Abschätzungen auch auf Bundesländerebene vorgenommen. Deutschlandweit ist die Bruttobeschäftigung nach deutlichen Rückgängen zwischen 2011 und 2019 in den letzten Jahren wieder angestiegen. Diese Entwicklungen zeigen sich auch für Sachsen (siehe Abbildung 11). Nach deutlichen Rückgängen in der Bruttobeschäftigung des EE-Ausbaus zwischen 2013 und 2019, erreichte die Bruttobeschäftigung in Sachsen im Jahr 2021 knapp 16 500. Dies bezieht sich auf die Bruttobeschäftigung in den acht EE-Technologiefeldern Windenergie, Photovoltaik, Solarthermie, Wasserkraft, Geothermie, Biogas, feste Biomasse und Biokraftstoffe.



Quelle: ULRICH (2023), * bis 2015 ULRICH & LEHR (2018) ohne Berücksichtigung der bundesweiten Revision

Abbildung 11: Bruttobeschäftigung des Ausbaus erneuerbarer Energien in Sachsen

Im Verhältnis zur Gesamtwirtschaft hat die EE-Querschnittsbranche heute in Sachsen eine etwas höhere Bedeutung als im bundesweiten Durchschnitt. Die Entwicklungen seit 2016 sind ähnlich wie in Deutschland insgesamt. Jedoch hat Sachsen seine Stellung innerhalb Deutschlands etwas verbessert. Hintergrund ist die starke Stellung der Solarenergie vor allem in der Industrie. Jeder dritte Arbeitsplatz steht insgesamt in Verbindung mit den Solarenergieausbau. Dagegen sind die Anteile für Windenergie und Geothermie/Umweltwärme im bundesweiten Vergleich deutlich unterdurchschnittlich. Die vergleichsweise gute Stellung der EE-Beschäftigung in Sachsen beruht auf der Bereitstellung von Biomasse und Biokraftstoffen sowie der Anlagenproduktion in der Industrie. Der regionale Ausbau generiert vergleichsweise wenig wirtschaftliche Impulse. Einzig in den Jahren 2018 und 2019 war der Ausbau in der Windenergie und PV etwas stärker (ULRICH 2023).

Exkurs zur PV-Industrie

Insgesamt konnte Sachsen von der Belebung in der PV-Branche in Deutschland profitieren – PV-Module werden in Deutschland inzwischen fast nur noch im Freistaat produziert. Eigenen Recherchen zufolge gibt es aktuell (Stand: Juni 2023) sechs aktiv tätige Unternehmen im Bereich der PV-Industrie mit Sitz in Sachsen. Bei den Unternehmen handelt es sich um Meyer Burger mit Sitz in Freiberg, die Schmid Silicon Technology GmbH mit Sitz in Spreetal, die Heckert Solar AG mit Sitz in Chemnitz sowie einer Tochtergesellschaft mit Sitz in Langenwetzendorf (LWD Solar GmbH), die Solarwatt AG und Heliatek (jeweils mit Sitz in Dresden) sowie die Avancis GmbH mit Sitz in Torgau. Der Großteil der Unternehmen konzentriert sich auf die Fertigung von kompletten Photovoltaikmodulen, bei denen aber oftmals aus Fernost importierte Solarzellen zum Einsatz kommen. Lediglich Meyer-Burger produziert (allerdings in Sachsen-Anhalt) auch eigene Photovoltaik-Zellen. Die Schmid Silicon Technology GmbH ist auf die Herstellung von High-End Silizium und Monosilan-Glas für die Solarindustrie sowie Dünnschichtindustrie spezialisiert. Heliatek stellt Solarfolien (OPV) her.

Im ersten Halbjahr 2023 wurden 16 928 PV-Anlagen in Sachsen mit einer Gesamtleistung von 235 MW neu installiert. Zurückgebaut wurden lediglich 77 Anlagen mit einer akkumulierten Leistung von 1 MW.¹³ Innerhalb Sachsens gibt es hinsichtlich des PV-Ausbaus jedoch größere Unterschiede. Die Top Landkreise (nach Leistung) in Sachsen im gleichen Zeitraum sind Bautzen mit einem Zubau von 2 745 PV-Anlagen und einer Leistung von 51,1 MW, Zwickau mit 2 649 neuen PV-Anlagen und einer Leistung von 42,4 MW und Leipzig mit 4 473 installierten PV-Anlagen mit einer Leistung von 38,4 MW. Schlusslichter (nach Leistung) sind die Landkreise Chemnitz (1 032 neue PV-Anlagen mit einer Leistung von 8,2 MW), Dresden (2 071 neue PV-Anlagen mit einer Leistung von 11,8 MW) und der Vogtlandkreis (1 650 neue PV-Anlagen mit 14,3 MW Leistung). Sachsenweit ist eine deutliche Beschleunigung im Photovoltaik-Ausbau zu erkennen. Bis August 2023 wurden in fast doppelt so viele PV-Anlagen zugebaut wie im gesamten Jahr 2022 (SOLARBRANCHE 2023). Das verdeutlicht die steigende Bedeutung der PV-Industrie in Sachsen. Im Januar 2023 ist das Sächsische Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft (SMEKUL) der European Solar PV Industry Alliance (ESIA) beigetreten. Auf Initiative des SMEKUL hat sich Anfang 2023 außerdem das Netzwerk der europäischen Solarindustrieregionen (SIRE) gegründet.

Mit der neu geschaffenen Fördermöglichkeit des Freistaats für sogenannte "Balkonkraftwerke" dürfte der PV-Ausbau weiter stark zulegen; allerdings handelt es sich dabei um Kleinstanlagen, die normalerweise ohne Speicher betrieben werden und deswegen nur den aktuellen Bedarf eines Haushalts (teilweise) decken. Der Bund hat aber weitere Fördermöglichkeiten angekündigt, die voraussichtlich die Nachfrage nochmals deutlich erhöhen werden.

Gesamtwirtschaftliche Abschätzung weiterer Klimaschutzfelder

Für andere Bereiche der Energiewende und des Klimaschutzes gibt es keine sachsenspezifischen Abschätzungen. BLAZEJCZAK & EDLER (2021) schätzen, dass rund 530 000 Beschäftigte in Deutschland in Verbindung mit der energetischen Sanierung des Gebäudebestands in Verbindung stehen. Etwa 70 % entfallen dabei auf den Wohnungsbausektor. Insgesamt dürften entsprechend einer einfachen Schätzung mindestens 20 000 Beschäftigte auf Sachsen entfallen¹⁴. Insgesamt kann nach dieser Schätzung jeder 50. Arbeitsplatz im Freistaat entweder dem EE-Ausbau oder energetische Gebäudesanierung zugeordnet werden.

Neben der gesamtwirtschaftlichen Abschätzung ermöglicht die amtliche Umweltstatistik Hinweise auf die strukturelle Bedeutung und allgemeinen Entwicklungen der Umweltwirtschaft und hier auch speziell dem Klimaschutz. Der Umsatz mit Umweltschutzgütern und -leistungen in der sächsischen Wirtschaft betrug nach dieser Erhebung im Jahr 2021 4,8 Mrd. Euro, davon 2,4 Mrd. Euro im Umweltbereich "Klimaschutz". Erfasst werden in diesem Bereich alle Waren, Bau- und Dienstleistungen, die für Maßnahmen und Aktivitäten im Klimaschutz verwendet werden¹⁵. Etwa 1,8 Mrd. Euro Umsatz im Klimaschutz entfielen hiervon 2021 auf die

¹³ Siehe Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR) / IWR.de GmbH (<https://www.solarbranche.de/ausbau/bundeslaender-photovoltaik/sachsen>).

¹⁴ Für höhere Werte (bis zu 30 000) sprechen die hohen Anteile an der bundesweiten Wertschöpfung und Beschäftigung im Baugewerbe, für niedrigere Werte (um 20 000) die geringe Bedeutung der industriellen Zulieferer (Heizungssysteme, Fenster, Dämmstoffe).

¹⁵ "Dem Klimaschutz dienen Maßnahmen und Aktivitäten zur Vermeidung der Verminderung der Emission von Treibhausgasen. Zum Klimaschutz gehören Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien sowie

Industrie, 2019 waren es 1,4 Mrd. Euro. Auch wenn es sich nicht um eine Vollerhebung handelt und sich der Berichtskreis von Jahr zu Jahr ändern kann, geben die Ergebnisse relevante Einblicke. Tabelle 4 zeigt die industriellen Branchen, die seit 2011 Umsatz mit Klimaschutzgütern berichtet haben.

Tabelle 4: Kennzahlen aus der Statistik "Waren, Bau und Dienstleistungen" für den Umweltbereich "Klimaschutz" in Sachsen

WZ-2008	Bezeichnung der Abteilung	Umsatz 2019, Mio. Euro	Verhältnis zum Gesamtumsatz ^a	Järl. WR 2011 bis 2016	Järl. WR 2016 bis 2020
22	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	152	6,7%	18,2%	10,6%
23	H. v. Glas, Glaswaren, Keramik, Verarb. v. Steinen u. Erden	238	11,0%	20,1%	3,0%
24 (Fokus)	Metallerzeugung und -bearbeitung	25	0,8%	.	.
25 (Fokus)	Herstellung von Metallerzeugnissen	62	1,1%	22,4%	34,1%
26 (Fokus)	Halbleiterindustrie/Mikroelektronik	244	5,5%	-9,2%	-16,4%
27 (Fokus)	Elektrotechnik	264	7,2%	30,8%	16,1%
28 (Fokus)	Maschinenbau	351	3,9%	5,8%	-5,0%
33	Reparatur u. Installation von Maschinen u. Ausrüstungen	38	2,5%	40,1%	-7,1%

. = kein Wert vorhanden; WR = Wachstumsrate

^a = Der in der Umweltstatistik erhobene Umsatz ist nur begrenzt mit jener in der Industriestatistik vergleichbar.

Quelle: Statistisches Landesamt Sachsen

Die Entwicklungen des Klimaschutzumsatzes sind überwiegend sehr positiv. Zwischen 2013 und 2020 sind die industriellen Klimaschutzumsätze um 63 % gestiegen. Die höchsten Umsätze erzielten die Betriebe des Maschinenbaus mit 350 Mio. Euro gefolgt von den Elektrotechnik- und Halbleiter/Mikroelektronikbranchen (jeweils um die 250 Mio. Euro). Gerade in den Fokusbranchen wird, bis auf die Metallindustrie, viel Umsatz direkt mit Klimaschutzgütern gemacht. Aber auch in der Glas- und Baustoffindustrie werden hohe Umsätze generiert. Hier ist die relative Bedeutung zum Gesamtumsatz am höchsten. In den Elektro- und IT-Technik-Branchen sowie dem Maschinenbau werden mindestens 4 bis 7 % des Umsatzes mit entsprechenden Produkten erzielt. Tatsächlich dürfte der Anteil etwas höher sein, da nicht alle Betriebe im Rahmen der Umweltstatistik berichten und dabei eine festgelegte Liste an Gütern und Leistungen zugrunde gelegt wird. Die teils dramatischen Rückgänge in der PV-Industrie zwischen 2015 und 2020 zeigen sich im Umsatzrückgang in der Fokusbranche Halbleiterindustrie/Mikroelektronik-Branche (WZ-26). Hintergrund sind die Konsolidierung der PV-Industrie und Umstrukturierungen bei den großen Standorten der Computer-Halbleiterbranche gewesen. Auch im Maschinenbau (WZ-28) haben die Umsätze zwischen

Maßnahmen zum Einsparen von Energie oder zur Steigerung der Energieeffizienz." Für die Erhebung sind detaillierte Listen von Gütern und Leistungen hinterlegt (vgl. DESTATIS 2022).

2018 und 2019 stark nachgegeben. Durch die enormen Steigerungen in der übrigen Elektrotechnik und auch in der Glas- und Baustoffindustrie konnten diese Rückgänge jedoch kompensiert werden.

3.2 Qualitative Erkenntnisse des Partizipationsprozesses

Im Rahmen des Partizipationsprozesses wurden halbstrukturierte, leitfadenorientierte Interviews mit sächsischen Unternehmen aus verschiedenen Schwerpunktbranchen (und einem Fachverband) durchgeführt (Interviewleitfaden s. Anhang A 3). Zwei Stakeholder-Workshops, ein Auftakt-Workshop im März 2023 und ein Reflexions- und Abschluss-Workshop Ende August 2023, fanden mit Verbandsvertreterinnen und Verbandsvertretern relevanter Branchen statt.

3.2.1 Interviews

Im Rahmen der Interviews wurde mit Unternehmen aus sechs verschiedenen Branchen gesprochen: der Chemieindustrie, der Metallbearbeitung (Automobilzulieferer), der Mikroelektronik, der Photovoltaik und der Glasindustrie und der Landwirtschaft. Außerdem wurde ein Interview mit einem Fachverband aus dem Bereich der Kreislaufwirtschaft geführt.

Der Rücklauf auf unsere Interviewanfragen war insgesamt unbefriedigend. Die meisten Unternehmen haben trotz des mehrfachen Nachfassens gar nicht auf unsere Anfrage reagiert. Mehrere Unternehmen im Besitz westdeutscher Muttergesellschaften teilten uns beispielsweise mit, als Niederlassung zu dem Thema keine Angaben machen zu wollen, da hierfür die Konzernmutter verantwortlich sei. Andere Unternehmen beschieden uns, dass ihnen derzeit keine Zeit für solche Anfragen zur Verfügung stehe, da man, wie der gesamte Mittelstand, wegen der aktuellen Wirtschaftslage unter großem Druck stehe. Dennoch zeigte es sich, dass sich die Aussagen der Befragten in zentralen Fragen stark ähnelten, so dass von einer gewissen Verallgemeinerungsfähigkeit der Bewertungen ausgegangen werden kann.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Unternehmensinterviews unterteilt nach den vier zentralen Themenschwerpunkten "Betroffenheit von Klimaschutzmaßnahmen", "Chancen und Risiken sowie Betriebliche Zukunftserwartungen", "Betriebliche Anpassungsstrategien" und "Kosten/Nutzen" dargestellt.

Betroffenheit von Klimaschutzmaßnahmen

Alle befragten Unternehmen sehen sich von den Klimaschutzmaßnahmen hauptsächlich deswegen betroffen, weil sie eine hohe Energieintensität aufweisen. In den Gesprächen entstand mehrheitlich jedoch der Eindruck, dass die zu erwartenden Klimaschutzmaßnahmen als nicht problematisch wahrgenommen würden. Dies mag teilweise der Energiepreiskrise geschuldet sein, welche die Unternehmen vor akut drängendere Probleme stellt. Der überwiegende Teil der Unternehmen berichtete aber, dass die internen Klimaschutzziele ohnehin ehrgeiziger sind als die politischen Vorgaben. Dies liegt zum Teil daran, dass die Kunden Wert auf solche Maßnahmen legen (auch im Rahmen eines cradle-to-cradle Konzepts). Ein Unternehmen berichtet, dass es einen geringeren Ressourcenverbrauch als erstrebenswerter ansieht als Preisreduktionen. Die Halbleiterbranche hat das Problem aufgeworfen, dass sie gleichzeitig die Produktion steigern soll und Energie und Emissionen absolut zu reduzieren sind. Obwohl der Energieverbrauch nicht proportional mit dem Output steigt und die Energieeffizienz bereits gesteigert wird, ist dies ein Problem, welches die Politik erkennen sollte. Für die Mehrheit der befragten Unternehmen ist die Energiesicherheit von größerer Bedeutung als etwaige Minderungsziele bei den THG-Emissionen (Qualität Stromversorgung), da die Anlagen teilweise schon bei Unterbrechungen im Millisekundenbereich heruntergefahren werden und anschließend teilweise ersetzt bzw. neu kalibriert werden müssten. Die befragten Unternehmen sehen hier eine Problematik von grünem Strom, sofern keine stabile Versorgungssicherheit

gewährleistet ist. Ein Unternehmen hat aufgrund dieser Wichtigkeit sogar eine Insellösung mit eigener Energieversorgung, derzeit aus Erdgas, welche den überwiegenden Bedarf deckt.

Chancen und Risiken: Betriebliche Zukunftserwartungen

Eine positive Marktveränderung aus Nachhaltigkeitsgründen sieht das Glasunternehmen, welches auf Grund einer gestiegenen Nachfrage nach Glasverpackungen mehr absetzen kann. Auch die Unternehmen in der Photovoltaik, der Chemie- und der Halbleiterindustrie können ihre Produkte im Rahmen der Energiewende verstärkt absetzen bzw. neue Absatzmärkte erschließen. Das befragte Unternehmen aus der Landwirtschaft sieht Marktchancen bei der Umstellung der Produktion auf Energiepflanzen. Ob sich die Nachfrage nach Autos aus Nachhaltigkeitsgründen reduziert, ist derzeit nicht absehbar. Das befragte Automobilzulieferunternehmen ist aber zuversichtlich, auch in einem kleineren Markt erfolgreich wirtschaften zu können, da die hergestellten Produkte unabhängig von der Antriebsart sind. In einem Interview kommt explizit zur Sprache und in einem weiteren klingt es an, dass die Politik langfristig verlässliche Regelungen und Bedingungen schaffen solle, um Planungssicherheit zu gewähren und Übergangsfristen zu schaffen. Die aktuellen Regelungen zum Klimaschutz werden dagegen in keinem der Gespräche als problematisch angesehen. Ein Unternehmen berichtet darüber hinaus von erstrebenswerten langfristigen Bezugs- und Lieferverträgen, ein anderes erwähnt die Vorteile, spontan die Produktion zu flexibilisieren.

Aus unterschiedlichen Gründen sieht die Mehrheit der befragten Unternehmen bisher auch keine Verlagerung ins Ausland bzw. an einen anderen Standort als Option. Gründe dafür sind unterschiedlich und vielfältig: In der Halbleiterindustrie sei die Versorgungssicherheit Europas politisch gewollt, andere Branchen nennen als Faktoren Fachkräfte (welche in Zukunft weiter gebraucht werden für die Standortsicherung) sowie die Nähe zu Abnehmern (i.d.R. im B2B-Bereich) und teilweise auch Rohstoffen. Letzteres reduziere die Transportkosten bei großen oder schlecht transportierbaren Frachtstücken und erhöhe die Flexibilität auf Wünsche der Kunden zeitnah einzugehen. Lediglich die Chemieindustrie berichtet, dass viele Wertschöpfungsstufen bereits nach China ausgelagert seien, die Kosten dort seien deutlich niedriger und der noch herrschende Qualitätsvorsprung in Europa werde stetig aufgeholt. In Deutschland sei die Produktion aber umweltfreundlicher, was eine Chance darstellen könne. Mehrere Unternehmen berichten außerdem von der gesteigerten Wettbewerbsfähigkeit der USA durch den Inflation Reduction Act bzw. von anderen Weltteilen, in denen der Ukraine-Krieg die Energiepreise nicht so stark gesteigert hat. Dies wird durchaus als problematisch wahrgenommen. Keines der Unternehmen hat im Nachgang der Energiepreiskrise seine mittelfristigen Planungen bzgl. des Klimaschutzes verändert. Ein Unternehmen berichtet, dass es langfristige Lieferverträge für nachhaltige Energie bereits 2020/2021 abgeschlossen habe. Mehrere andere Unternehmen berichten, derzeit noch von einem abgeschlossenen Hedging zu profitieren und bemühen sich um strategischen Energieeinkauf. Somit dürften die steigenden Energiepreise teilweise erst in der Zukunft voll durchschlagen.

Betriebliche Anpassungsstrategien

Die interviewten Unternehmen weisen eine hohe Energieintensität auf und sehen deswegen Anpassungsbedarf, der jedoch häufig innerhalb der regulären Investitionszyklen abgedeckt werden könne und somit nicht zu hohen Zusatzbelastungen führe. Der überwiegende Teil der Unternehmen berichtet von eigenen Klimaschutzzielen bis 2025 bzw. 2030 (-50% CO₂, -25% Treibhausgase, keine fossilen Energieträger im Zukauf etc.). Dabei steht bei allen Befragten das Thema Energieversorgung im Vordergrund. Hierbei sollen im Unternehmen der Halbleiterindustrie die Anlagen zur Energieerzeugung modernisiert werden und bis zu einem bestimmten Anteil grundsätzlich auch Wasserstoff- statt Erdgaskompatibel werden. Das Zu-

lieferunternehmen in der Automobilbranche berichtet, dass es seine Produktion vermehrt auf energieeffizientere Produkte umstellt. Das Glasunternehmen erklärt, dass bei den turnusgemäßen langfristigen Modernisierungen der Maschinen (alle 15-20 Jahre) aufgrund des technischen Fortschritts grundsätzlich 15-20% Energie eingespart werden könnten. Ein Unternehmen (eher klein mit rund 100 Mitarbeitenden) erwähnt dabei, dass es bei der Bewertung von Neuanschaffungen der Maschinen Unterstützung durch die Sächsische Energieagentur bekommen hat sowie finanzielle Zuschüsse vom Land Sachsen. Die Mehrheit der Unternehmen berichtet außerdem, dass Wasserstoff ein attraktiver Energieträger für sie sei und sie für die Zukunft durchaus Hoffnung in eine Anbindung an die sächsischen Wasserstoffnetze setzen. Die Glasindustrie sieht im Interview außerdem den FuE-Bereich als Hoffnung durch die Entwicklung neuer Öfen bzw. Schmelztechnologien klimaneutraler, da energieeffizienter, produzieren zu können. In mehreren Unternehmen ist zudem die Rückgewinnung und/oder Nutzung von Wärmeenergie aus den Prozessen ein Thema. Ein Unternehmen betont darüber hinaus, dass eine Digitalisierung der Heizung sowie Dämmmaßnahmen und Wärmeschleusen an den Gebäuden den Erdgasbedarf deutlich gesenkt haben. Zusätzlich konnten Energiekosten durch die Umstellung auf LEDs reduziert werden. Als weiteres Ziel neben dem Klimaschutz stand hier die Arbeitssicherheit bei besseren Lichtverhältnissen für das Unternehmen im Vordergrund. Ein anderes Unternehmen berichtet von dem Ziel einer elektrischen Wärmeversorgung. Direkte Emissionen aus der Produktion der Halbleiterbranche würden durch Substitution der Produkte bzw. durch technische Nachbereitungen reduziert. Dies geschehe nicht aufgrund von politischen Vorgaben, sondern war Unternehmensziel seit der Ansiedlung in Sachsen. Ein Unternehmen nimmt am Europäischen Emissionshandel teil und betrachtet den geringeren Ausstoß von Emissionen in der Produktion teilweise in Abwägung mit höheren notwendigen Energiekosten. Außerdem erwähnt es, dass klimapositivere Rohstoffsubstitute teurer seien und damit eine Preisfrage darstellen. Als Vision wird hier erwähnt, CO₂ mit klimaneutraler Energie umzuwandeln/zu speichern (nicht notwendigerweise in Sachsen/Deutschland). In einigen befragten Unternehmen stellt zudem das Recycling von Abfällen einen Punkt in der Klimaschutzstrategie dar. Dabei recycelt ein Automobilzulieferer Stahl und Aluminium, ein Glasunternehmen versucht global den Recyclinganteil von Glasverpackungen zu erhöhen. In Deutschland bzw. Europa sei allerdings nicht mehr viel Potenzial für letzteres. Ein Unternehmen erwähnt zusätzlich, dass es seine Abwassermengen reduziert habe, vor allem durch einen geringeren Wasserverbrauch.

Kosten und Nutzen

Bezüglich der mittel- und langfristigen Rentabilität der Unternehmen erwähnen viele die zukünftigen Energiepreise als relevanten Faktor. Trotz dieser Unsicherheit ist die Mehrheit der befragten Unternehmen zuversichtlich, die Standorte in Sachsen und Deutschland erhalten zu können. In verschiedenen Gesprächen wird zudem von der Langfristigkeit der Investitionen gesprochen, sowohl was den Technikstand angeht als auch für die Planbarkeit der Unternehmen. Die politischen Wünsche befassen sich überwiegend mit dem Ausbau, der Sicherstellung und Speicherung sowie Finanzierung von erneuerbaren Energien und „Wasserstoff Enabling“. Das Chemieunternehmen erwartet darüber hinaus, dass die Politik Maßnahmen zur Verbesserung der Standortqualität in ganz Deutschland einleite, gerade auch im Vergleich zu anderen Ländern außerhalb Europas. Das Halbleiterunternehmen wünscht sich stärkere Ausnahmeregelungen bzw. Unterstützung für expandierende Branchen. Aus dem Glasunternehmen kommt der Wunsch, dass Deutschland „Industrieland“ bleiben möge und diese politische Entscheidung durch die Protektion auch von energieintensiven Industrien gestützt werde. Außerdem ist hier die Ausbildung von Fachkräften auch in ländlichen Regionen ein Anliegen. Der Automobilzulieferer erwartet keine politischen Eingriffe in seiner Branche, sieht aber im Bereich der Schwerindustrie, welche die Rohstoffe liefert, die Notwendigkeit den Klimaschutz politisch zu flankieren.

3.2.2 Stakeholder-Workshop

Am 20.03.2023 im Zeitraum von 09:30 Uhr bis 13:00 Uhr fand am ifo Institut in Dresden der erste Stakeholderworkshop statt, im Rahmen dessen das Projektanliegen sowie erste Untersuchungsergebnisse mit Vertretern und Vertreterinnen aus regionalen Wirtschaftsverbänden und den Auftraggebern diskutiert wurden. Der Workshop zählte 19 Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Neben den Projektbearbeitenden vonseiten der GWS und des ifo Institut sowie sechs Vertreter und Vertreterinnen von Auftraggeberseite (SME-KUL, LfULG) und dem SMWA nahmen sieben Vertreter und Vertreterinnen aus regionalen Wirtschaftsverbänden teil. Drei weitere Verbände mussten Ihre Teilnahme kurzfristig absagen. Zu den teilnehmenden Fachverbänden gehörten neben der regionalen Industrie- und Handels- sowie Handwerkskammer, das Institut für Mittelstands- und Regionalentwicklung GmbH sowie Verbände aus der chemischen Industrie, dem Maschinen- und Anlagenbau und der Automobilzuliefererbranche.

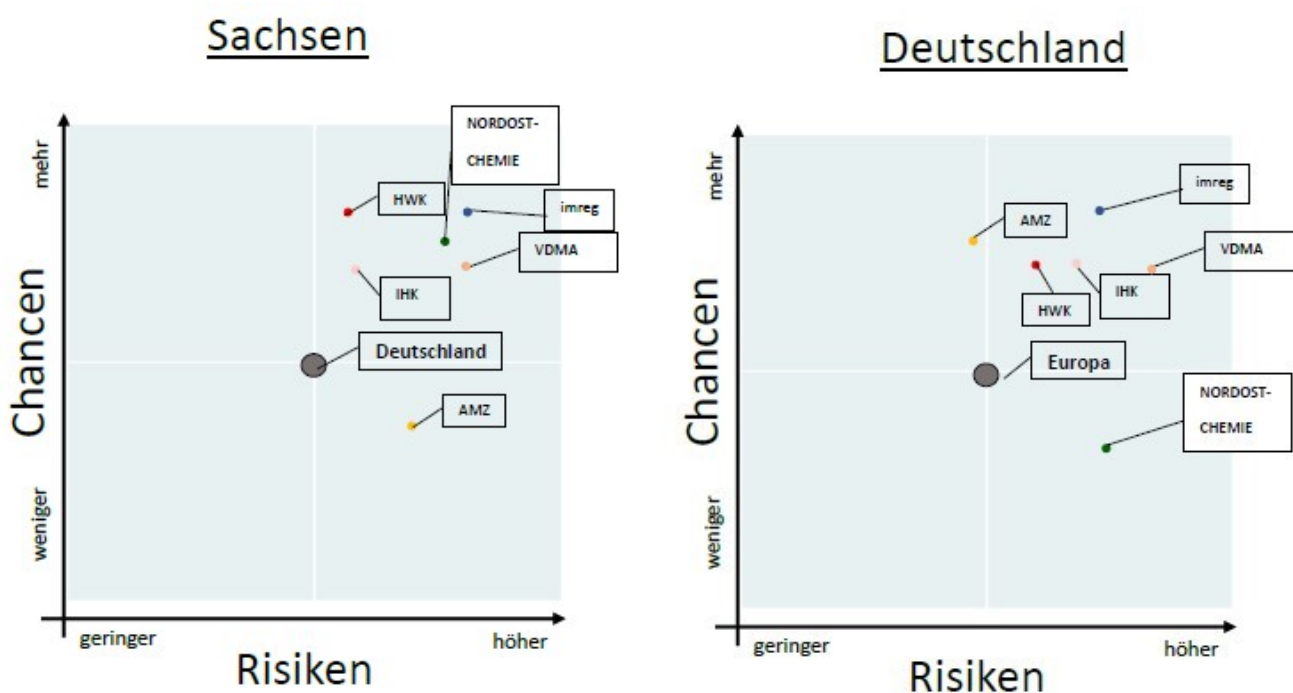
Zu Beginn des Workshops wurde den Anwesenden von Auftraggeberseite das Projektvorhaben dargelegt. Anschließend wurde aktuelle Stand der Projektbearbeitung durch Philip Ulrich (GWS) und Prof. Dr. Joachim Ragnitz (ifo Dresden) vorgestellt. Dabei wurden zunächst vonseiten der GWS das aktuelle Untersuchungskonzept sowie der Stand der Forschung dargelegt und Anmerkungen von den Teilnehmenden zum Vorgehen, der Branchenfokussierung sowie der Datenlage diskutiert. Anschließend präsentierte das ifo Institut die Ergebnisse der Interviews mit den Unternehmen. Daran schlossen sich Stellungnahmen der anwesenden Vertreter und Vertreterinnen der Fachverbände sowie eine kurze Diskussion an. Ziel war es zu prüfen, inwieweit die erlangten Ergebnisse der Unternehmensinterviews mit der Sichtweise der Verbände übereinstimmen oder gegebenenfalls davon abweichen. Die Fachverbände wurden gebeten, ihre Äußerungen nach den für die Interviews genutzten Kategorien (Betroffenheit von Klimaschutzmaßnahmen, betrieblichen Zukunftserwartungen, betrieblichen Anpassungsstrategien und Erwartungen an die Politik) zu gliedern. Trotz der zum Teil deutlichen Unterschiede der vertretenen Branchen war das Meinungsbild überraschend homogen. Auch ergaben die Aussagen ein ähnliches Bild wie die zuvor geführten Interviews. Im Folgenden werden die zentralen Ergebnisse aus den Stellungnahmen der Fachverbände dargelegt.

Alle anwesenden Vertreter der Fachverbände sahen die von ihnen vertretenen Branchen von den Klimaschutzmaßnahmen betroffen. Insbesondere würden große Auftraggeber, die ihnen auferlegten Maßnahmen an die Zulieferer weitergeben. Der Anpassungsdruck bei den Automobilzulieferern wird als besonders hoch eingeschätzt. Jedoch stelle die Betroffenheit an sich kein übergeordnetes Problem dar. Die Anpassungen haben dort, wo leicht umsetzbar, bereits zu großen Teilen stattgefunden. Weitere Anstrengungen werden unternommen. Vor allem die Ausstattung der Betriebsstätten mit Photovoltaikanlagen steht dabei im Fokus. Auch weitere Prozessoptimierungen zur Effizienzsteigerung werden angestrebt. Ein Problem können jedoch die Versorgungssicherheit und die Auswirkungen des Klimawandels auf die Lieferketten darstellen.

Die am häufigsten angesprochenen Probleme waren jedoch die langfristige Planbarkeit und der bürokratische Aufwand. Alle Verbände gaben an, dass die Unternehmen ihrer Branche sich eine bessere Planbarkeit durch klare Regelungen, die langfristig Bestand hätten, wünschten. Ebenso einstimmig wurde der bürokratische Aufwand bei der Errichtung neuer Anlagen kritisiert. Durch die langen Genehmigungsverfahren entstünden zusätzliche Kosten; zudem ginge die Fähigkeit verloren, schnell auf sich ändernde Situationen zu reagieren. Die hohe Komplexität der Verfahren verhindere zusätzlich, dass Unternehmen überhaupt Anpassungen vornehmen. Ähnlich verhalte es sich mit den Fördermittelanträgen. Die rechtlichen Bedingungen für die Inanspruchnahme von Fördermitteln seien häufig undurchsichtig und schwer

nachvollziehbar. Dadurch nähme die Beantragung viel Zeit in Anspruch und sei von kleineren Unternehmen nur schwer oder gar nicht zu bewältigen, da dort das notwendige Wissen oder zusätzlich Personal nicht vorhanden sei. Auch außerhalb dieser beiden Bereiche sei der bürokratische Aufwand ständig gestiegen und würde einen immer größeren Teil der Arbeit einnehmen. Die Forderungen an die Politik waren somit eindeutig: Abbau von Komplexität und Dauer bei Genehmigungsverfahren und Förderanträgen sowie genereller Abbau der Bürokratie. Die Politik solle die „KMU-Brille“ aufsetzen und bedenken, ob auch kleinere Unternehmen den Anforderungen gerecht werden können.¹⁶ Forderung nach neuen Förderprogrammen gab es kaum, lediglich der Wunsch nach zusätzlicher Technologieförderung wurde von einem der Teilnehmer erwähnt.

Generell sahen die Anwesenden Deutschland höheren Risiken im Vergleich zu anderen europäischen Ländern ausgesetzt (siehe hierzu Abbildung 12). Begründet wurde dies erneut mit den hohen bürokratischen Hürden und der ungenauen Umsetzung von EU-Richtlinien. Gleichzeitig wurden Deutschland aber auch bessere Chancen zur Umsetzung der Klimaschutzvorgaben aufgrund des hohen Industrialisierungsgrades und der generell hohen Wirtschaftskraft attestiert.



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 12: Einordnung der Fachverbände zur Chancen-Risiken Lage in Deutschland und Sachsen

Sachsen verhalte sich zu Deutschland ähnlich wie Deutschland zum Rest Europas. Sachsen habe, im Vergleich zum Rest Deutschlands, sowohl höhere Risiken als auch höhere Chancen. Vor allem die Elektromobilität und die damit zusammenhängende Wertschöpfungskette wurde als Chance gesehen, da vieles davon in Sachsen stattfinden könnte. Die Kleinteiligkeit der sächsischen Wirtschaft wurde sowohl als

¹⁶ Anmerkung: KMU steht für "kleine und mittlere Unternehmen".

Chance als auch als Risiko eingeordnet: als Chance, weil kleinere Unternehmen dynamischer auf Veränderung reagieren könnten; als Risiko, weil diese Unternehmen häufig nur begrenzte finanzielle Mittel zur Verfügung hätten.

In der anschließenden kurzen Diskussion wurde angesprochen, dass Investitionen zunehmend ins Ausland verlagert werden könnten, sollten die Rahmenbedingungen in Deutschland/Sachsen nicht stimmen. Zudem wurde die Förderung von Verbundprojekten zur besseren Vernetzung der Unternehmen angesprochen.

Der Workshop endete mit einem kurzen Schlusswort der Auftraggeber- und Auftragnehmerseite. Darin wurde auch darauf hingewiesen, dass in der Endphase des Projekts ein weiterer Workshop stattfinden soll.

In diesem zweiten Stakeholder-Workshop, der am 31.08.2023 stattfand, wurden den Teilnehmern die Ergebnisse der Studie vorgestellt. Ein Großteil der Teilnehmer des ersten Workshops nahmen erneut teil. Sowohl bezüglich der Szenarioanalyse als auch den Handlungsempfehlungen gab es rege Diskussionen und Nachfragen. Die Annahmen wurden insgesamt unterstützt, und auch die Ergebnisse wurden als realistisch eingeschätzt. Der im ersten Workshop von den Stakeholdern gegebene Input wurde für die SWOT-Analyse genutzt. Dementsprechend wurden auch die Ergebnisse der SWOT-Analyse im Großen geteilt. Bei der Vorstellung der Politikmaßnahmen wurde erneut das Thema Bürokratie und Komplexität von Anträgen angesprochen und von den Stakeholdern nochmals betont, dass Anpassungen in diesen Bereichen besonders wichtig seien. Die darüber hinaus gegebenen Anmerkungen wurden wo sinnvoll in die Handlungsempfehlungen aufgenommen.

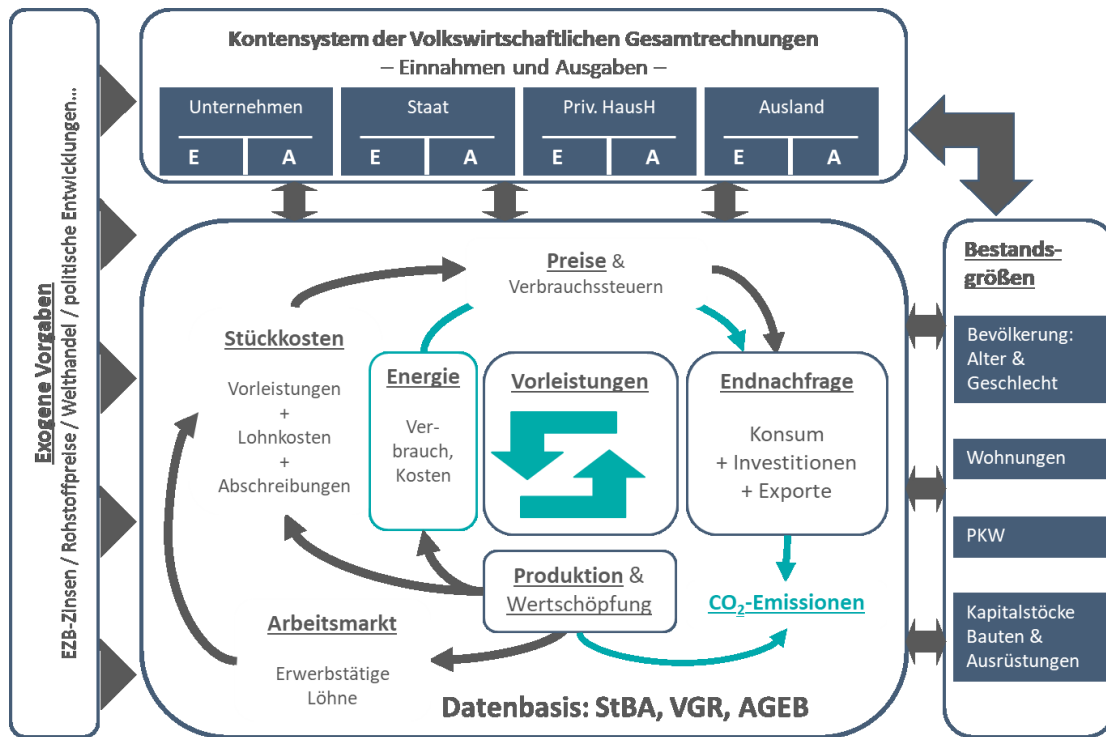
4 Modellgestützte Szenarioanalyse

Die integrierte Analyse gesamtwirtschaftlicher und wirtschaftsstruktureller Wirkungen von Klimaschutzmaßnahmen erfordert die Anwendung eines makroökonomischen Modells, welches die Branchen im Kontext der Wirtschaftskreisläufe detailliert betrachtet und die Preisentwicklung inklusive Abgaben sowie Preisabhängigkeiten und Preissetzung vollständig integriert abbildet. Mit dem Fokus auf den Freistaat Sachsen ist es zudem wichtig, dass die Bundesländerebene im Modell vollständig abgebildet wird. Mit Hilfe des Modellverbunds INFORGE/PANTA RHEI-LÄNDER ist eine solche Betrachtung im Rahmen einer Szenarioanalyse möglich. In Kapitel 4.1 wird der Modellverbund beschrieben, die Methodik der Szenarioanalyse wird in Kapitel 4.2 vorgestellt und die gesamtwirtschaftlichen Modellergebnisse für Deutschland und Sachsen werden in Kapitel 4.3 dargestellt und diskutiert.

4.1 Kurzvorstellung der makroökonomischen Modelle

INFORGE (INterindustry FORecasting GErmany)/PANTA RHEI ist ein Prognose- und Simulationsmodell, mit dem die Wirkungen des ökonomischen Strukturwandels in Deutschland analysiert werden können (BECKER ET AL. 2022). Zudem dient INFORGE als Basismodell für weitere, über den ökonomischen Kernbereich hinausgehende Fragestellungen, wie soziale Teilhabe, Klimaschutz, Energiesystemtransformation und regionale Entwicklungen. Neben der umfassenden ökonomischen Modellierung im Kernmodell INFORGE werden die Energieverbräuche der Wirtschaft, des Verkehrs und der privaten Haushalte detailliert erfasst, um über Energiepreise und (Güter-)Steuern wiederum Wirkungen auf die Gesamtwirtschaft abzubilden und die Wirkung auf die Entwicklung von energiebedingten CO₂-Emissionen zu analysieren. Dieser Modellteil stützt sich auf die Erfahrungen mit dem Modell PANTA RHEI, das für eine Vielzahl verschiedener Anwendungen eingesetzt wird, insbesondere in den Themenfeldern Ressourcenverbrauch, ökologische Steuerreform, Klimaschutz und Energiepolitik (MEYER ET AL. 2012, LUTZ ET AL. 2014, LEHR ET AL. 2015, LUTZ ET AL. 2018, LEHR ET AL. 2019, LUTZ ET AL. 2021, KEMMLER ET AL. 2020). PANTA RHEI ist inzwischen fester Bestandteil von INFORGE.

Das Modell INFORGE gehört zur Gruppe der Input-Output basierten makroökonomischen Modelle und wird, ähnlich wie allgemeine Gleichgewichtsmodelle (CGE), für Szenarien-Rechnungen herangezogen, in denen auf hohem sektoralen Detailgrad die Wechselwirkungen, Zweitrundeneffekte und andere Interdependenzen mit aufgezeigt werden sollen. Anders als CGE-Modelle folgt INFORGE als ökonometrisches Modell nicht dem neoklassischen Ansatz mit einer Gleichgewichtslösung (WEST 1995), sondern bedient sich vielmehr bei Ansätzen der Evolutionsökonomik (NELSON & WINTER 1982) und unterstellt somit begrenzt rational agierende Agenten (MÖNNIG 2016). Abbildung 13 zeigt eine Übersicht über die Funktionsweise und hinterlegte Methodik von INFORGE.



Quelle: BECKER ET AL. (2022)

Abbildung 13: Schematische Übersicht über INFORGE/PANTARHEI

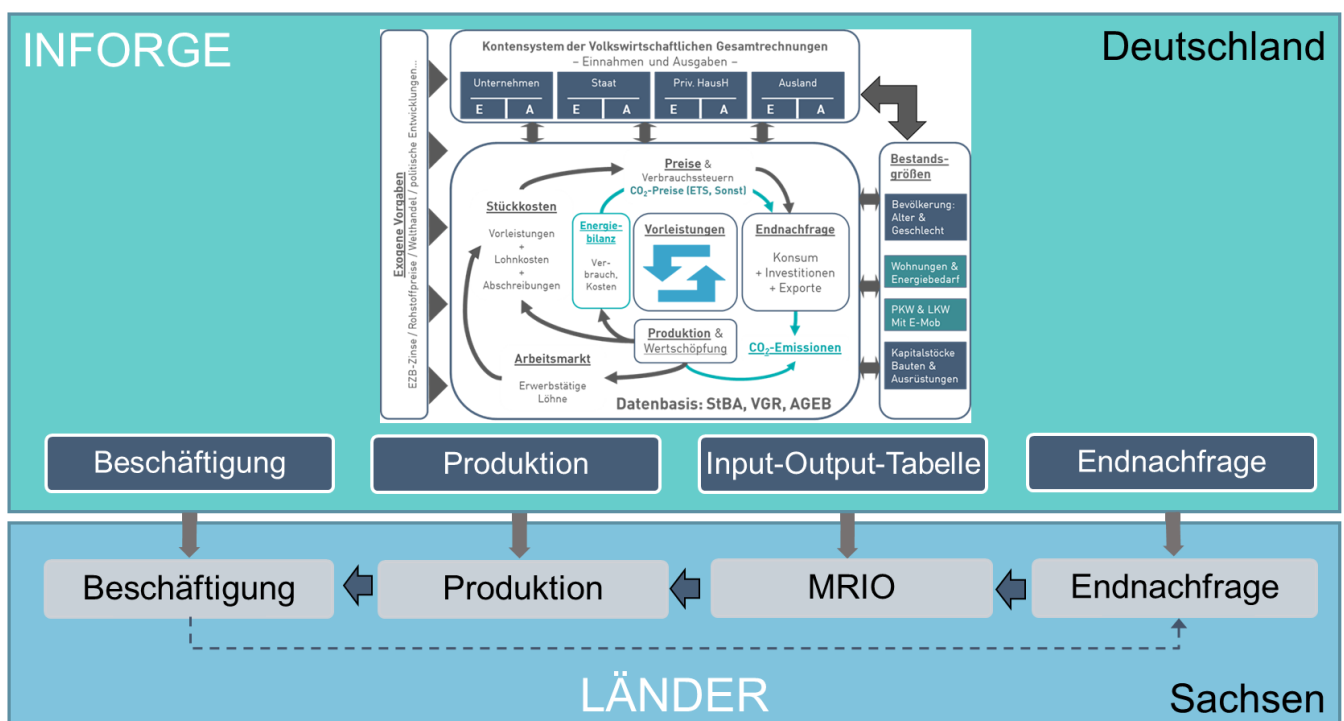
Das Modell INFORGE beruht auf zwei wesentlichen Grundlagen: Der bottom-up Struktur sowie der vollständigen Integration. Erstere bezeichnet die Modellierung jedes einzelnen Wirtschaftsbereiches und die Berechnung makroökonomischer Variablen durch explizite Aggregation. Jeder Sektor ist in den wirtschaftlichen Kontext eingebettet und industrielle Verflechtungen werden explizit integriert und genutzt, um wirtschaftliche Interaktionen zu erklären. Letztere beschreibt den komplexen und simultanen Lösungsprozess des Modells, der interindustrielle Abhängigkeiten, Einkommensverteilung und staatliche Umverteilungseffekte ebenso wie die Einkommensverwendung berücksichtigt. Das Modell kombiniert endogene Schätzungen auf Basis von Zeitreihendaten mit exogenen Vorgaben und ist nicht durch die Randbedingung einer Nutzenoptimierung oder eines Gleichgewichts eingeschränkt.

Preise werden in INFORGE aufgrund von Marktunvollkommenheiten ausgelöst durch unvollständigen Wettbewerb, partiell starre Preise und Marktabhängigkeiten sowie beschränkte Informationen der Wirtschaftssubjekte durch stückkostenbasierte Mark-Up-Preissetzung bestimmt (BECKER ET AL. 2022). Es wird keine Marktseite bevorzugt, indem die Produktionsmenge sowohl von der Angebots- als auch der Nachfrageseite bestimmt wird, d.h. Unternehmen setzen basierend auf ihrer Kostensituation und der konkurrierenden Importpreise ihre Absatzpreise, wodurch eine Reaktion in der Nachfrage ausgelöst wird, die infolge der Höhe der Kaufentscheidung wiederum die Produktionsmenge bestimmt. Der technologische Wandel wird in INFORGE durch die Produktionsweise, die Arbeitsproduktivität und die Kapitalintensität abgebildet. Aktuelle technologische Entwicklungen, die noch keine ausreichende zeitliche Fundierung haben, werden zusätzlich integriert.

Im Verbund mit dem Modell INFORGE wird das LÄNDER-Modell seit über 15 Jahren zur Analyse und Projektion des Strukturwandels auf der Ebene der 16 Bundesländer verwendet (u. a. Analysen zu den Themen Arbeitsmarkt (ZIKA ET AL. 2020), Demografie (SONNENBURG ET AL. 2015), Klimaschutz (ULRICH ET AL. 2018; ULRICH ET AL. 2022b) und Siedlungsentwicklung (LUTZ ET AL. 2019)). Das LÄNDER-Modell ist direkt mit dem gesamtdeutschen Modell INFORGE verbunden, so dass die in INFORGE ermittelten Werte zur Modellierung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (Nachfrage und Außenhandel sowie Produktion,

Wertschöpfung und Beschäftigung) genutzt werden. Im Ergebnis macht LÄNDER Angaben zum Bruttoinlandsprodukt und seinen Komponenten sowie zur Bruttowertschöpfung und Beschäftigung nach 37 Wirtschaftszweigen (ULRICH ET AL. 2022a). Die Gliederung der Wirtschaftszweige im Modell ist in "Tabelle A 2: Gliederung der Wirtschaftszweige im Modell LÄNDER" im Anhang dargestellt.

Der äußere Rahmen für das Regionalmodell LÄNDER wird durch das gesamtwirtschaftliche Modell INFORGE gestellt. Die inhaltliche Verknüpfung zwischen den beiden Modellen INFORGE und LÄNDER wird in Abbildung 14 schematisch dargestellt (ULRICH ET AL. 2022a). Zunächst wird die Endnachfrage fortgeschrieben, daran anschließend erfolgt die Verbuchung und räumliche Umverteilung der Endnachfrage in einer vollständig integrierten multiregionalen Input-Output-Tabelle (MRIO) in LÄNDER. Durch die vollständige Integration der MRIO in das Ländermodell werden Handelsbeziehungen zwischen den Bundesländern abgebildet, so dass regionale Impulse im Kontext regionaler und interregionaler Wertschöpfungsketten integriert analysiert werden können. Sprich es wird beispielsweise berücksichtigt, dass für die Realisierung von Bauinvestitionen in Berlin auch Bauleistungen aus Brandenburg nachgefragt werden. In den Regionen sind Aufkommen und Verwendung konsequent miteinander verknüpft und die Produktion der 37 Wirtschaftszweige ist konsistenter Bestandteil der Modellierung. Auf die Schätzung der in den Bundesländern wirksamen Endnachfrage folgt die Bestimmung der Produktion nach Gütergruppen und Wirtschaftszweigen über die räumliche Vorleistungsverflechtung. Die regionale Entwicklung der Produktion treibt die Entwicklung der Beschäftigung. Die Beschäftigung ist wiederum der Treiber für die regionale Investitionsnachfrage. Die bundesweiten Variablen aus INFORGE sind erklärende Variablen für die regionalen Schätzungen und Grundlage für Summenanpassungen in LÄNDER. Diese Skalierungen sind jedoch nur im Bereich der Endnachfragesummen und bei der Beschäftigung notwendig, da die in LÄNDER integrierte MRIO ein vollständiges regionales Abbild der bundesweiten Matrix ist (ULRICH ET AL. 2022a).



Quelle: ULRICH ET AL. (2022a), BECKER ET AL. (2022)

Abbildung 14: Übersicht über Zusammenspiel der Modelle INFORGE und LÄNDER

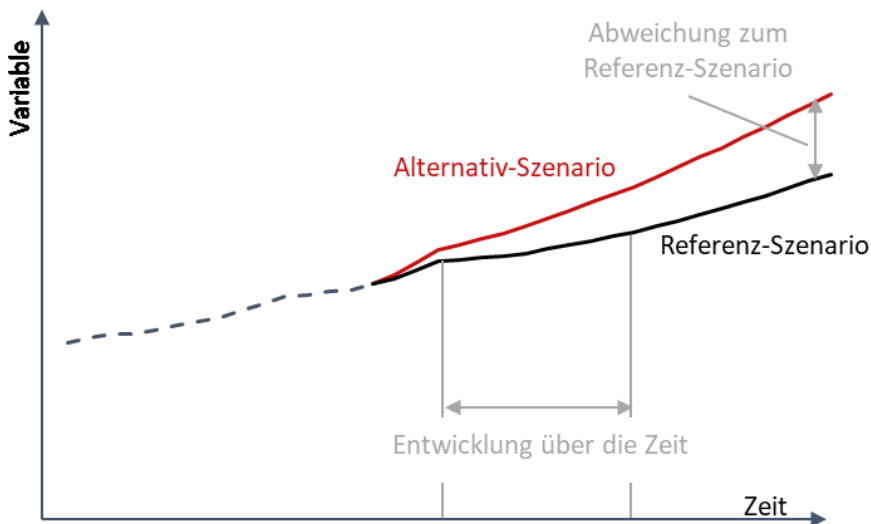
Zur Analyse von Chancen und Risiken von Klimaschutzmaßnahmen für die sächsische Wirtschaft im Kontext unterschiedlicher Szenarien werden die Modelle INFORGE und LÄNDER mit spezifischen Eingangsgrößen verknüpft. Es wurde ein Szenariorahmen aufgebaut, der eine Variation aller spezifischen Annahmen ermöglicht, die sich – ceteris paribus – auf das Bruttoinlandsprodukt und die Beschäftigung in der Modellierung auswirken. Zudem wurde das Regionalmodell LÄNDER um Datensätze ergänzt, um der sachsenspezifischen regionalen Ausgangslage gerecht zu werden und Fragen zu Klimaschutzmaßnahmen kontextspezifisch beantworten zu können. Zu nennen sind relevante Zeitreihen aus der sächsischen Energiebilanz und der Energiewirtschaft.

4.2 Vorstellung der analysierten Szenarien

Die Methodik der Szenarioanalyse wird in Kapitel 4.2.1 kurz vorgestellt. In Kapitel 4.2.2 werden die spezifischen Szenarien für die folgende Modellanalyse beschrieben. Auf Basis der Ergebnisse der Szenarioanalyse erfolgt eine umweltökonomische Bewertung der Ergebnisse der einzelnen Szenarien und eine Darstellung der Chancen und Risiken für die sächsische Wirtschaft allgemein sowie speziell für die identifizierten Fokusbranchen. Je nach Szenario wird ein unterschiedlicher Bedarf an Infrastruktur und staatlichen Aufwendungen (für Investitionen, Fördermaßnahmen, finanzielle Anreize) bestehen.

4.2.1 Allgemeines Vorgehen der Szenarioanalyse

Die Szenarioanalyse hilft bei der Analyse und Quantifizierung der Auswirkungen von "Was-wäre-wenn"-Fragen, z. B. "Was" wird mit der Wirtschaft passieren, "wenn" bestimmte Maßnahmen umgesetzt werden? Ein Szenario ist ein in sich konsistentes Bündel von quantifizierten Annahmen, die die zukünftige Entwicklung beschreiben. "Wenn" beschreibt dabei die Annahmen in den Szenario-Einstellungen, die in das Modell als Input eingespeist werden. "Was" umfasst die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen und Folgen, die sich aus den getroffenen Annahmen ergeben. Ein Szenario hilft also dabei, besser zu verstehen, was passieren könnte und wer oder was wie betroffen sein würde. Mit Hilfe dieser Analysen kann somit vor einer konkreten Umsetzung von politischen Instrumenten oder Maßnahmen analysiert werden, welche Reaktionen in der Wirtschaft zu erwarten sind. Die Szenarioanalyse kann dabei helfen, die Umsetzung derart zu gestalten, dass die negativen Effekte für die Wirtschaft möglichst niedrig ausfallen bzw. die positiven Effekte deutlich positiv sind. Der Vergleich zwischen einem Alternativ-Szenario mit zusätzlichen Annahmen zu einem Referenz-Szenario ohne zusätzliche Annahmen gibt Aufschluss über die jeweiligen ökonomischen Wirkungen der getroffenen Szenario-Annahmen (vgl. Abbildung 15). Ebenso können innerhalb eines Szenarios mögliche Entwicklungen über die Zeit nachvollzogen werden.



Quelle: GROßMANN ET AL. (2022)

Abbildung 15: Vergleichsschema Alternativ- und Referenz-Szenario

Die Projektionen für die Zukunft fußen üblicherweise auf der Analyse der Vergangenheit. Mittels eines breiten Datensatzes aus der amtlichen Statistik (z. B. Statistisches Bundesamt, Bundesagentur für Arbeit) zu unterschiedlichsten Themen wie Einkommen, Konsumstruktur, Staatsausgaben, Wirtschaftsstruktur, CO₂-Emissionen, Fläche, Erwerbsneigung etc. werden unter Einsatz stochastischer Methoden Verhaltensmuster, ihre Veränderungen und die Determinanten dieser Veränderungen analysiert und entlang gesamtwirtschaftlicher Buchungssystemen wie der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung zusammengefügt (HELMRICH ET AL. 2022). Neben dem eindeutig Messbaren enthalten die Projektionen auch bereits beschlossene Gesetze sowie Informationen zu unvermeidlichen Umständen, die sich am aktuellen Rand bereits erkennen lassen. Der Klimawandel wird, soweit die dazugehörigen Entwicklungen aus heutiger Sicht quantifizierbar sind, mit abgebildet.

Eine wesentliche Herausforderung in der Szenario-Modellierung liegt in der Konzipierung der Szenarien und der Untersetzung mit quantitativen Angaben zu den Eingangsgrößen im Modell. Für die vorliegende Studie sind bestehende Rahmenannahmen zu kurz- und mittelfristigen Entwicklungen der deutschen Wirtschaft inklusive der Auswahl an politischen Klimaschutzmaßnahmen, die quantifizierbar sind und im Modell erfasst werden können, aus anderen Studien übernommen worden (u. a. ZIKA ET AL. 2022; ZIKA ET AL. 2021). Quantifizierbare Eingangsgrößen umfassen Förderinstrumente (Zuschüsse und günstige Darlehen), Preisinstrumente, z. B. die CO₂-Bepreisung und das EU-Emissionshandelssystem (EHS), Angaben zum Ausbau der erneuerbaren Energien (Ziele, Einspeisevergütung, Abnahmegarantien, feste Preise) und Regulierungen, z. B. Verbot von Öl- und Gasheizungen. Maßnahmen, die sich nicht quantifizieren lassen, können nicht in der Modellierung betrachtet werden.

Als Ergebnis der Modellrechnungen enthält jedes Szenario die Realisierungen von Größen wie Bruttowertschöpfung, BIP und Beschäftigung als Projektion bis zum Jahr 2040. Das Modell rechnet jährlich – die Auswertung fokussiert jedoch auf die Zeitschnitte 2030 und 2040. Jedes Szenario unterscheidet sich bei der Vorgabe spezifischer, exogener Vorgaben, während allgemeine Rahmenannahmen gleichbleiben. Durch den Vergleich der Szenarien untereinander können die Differenzen in den Ergebnissen ceteris paribus auf die vorgenommenen, spezifischen Annahmen zurückgeführt werden und als Wirkungen interpretiert werden. Rückwirkungen aufgrund von klimaschutzrelevanten Maßnahmen in anderen Bundesländern werden

dadurch berücksichtigt, dass das ökonometrische Modell Ergebnisse für alle 16 Bundesländer liefert. Die regionale Verteilungsfragen werden durch spezifische Sensitivitäten adressiert (vgl. ULRICH 2022).

4.2.2 Definition des Klimaschutz- und Referenzszenarios

In der Szenarioanalyse werden Maßnahmenpakete der deutschen Klimaschutzpolitik modelliert, um die Wirkungen auf die sächsische Wirtschaft abzuschätzen. Hierzu wurden Annahmen getroffen und zwei Hauptszenarien, das Klimaschutz- und Referenzszenario definiert. Zusätzlich werden regionale Sensitivitäten für den EE-Ausbau in Sachsen berücksichtigt.

Im Klimaschutzszenario führen zentrale Maßnahmenpakete zu deutlich mehr Klimaschutz, so dass für Deutschland von einer Zielerreichung im EE-Ausbau bis 2040, mehr Gebäudesanierung und einem damit einhergehendem Heizungstausch weg von fossilen Energieträgern, höheren CO₂-Preisen und einer Erhöhung des Ökolandbau-Anteils ausgegangen wird.¹⁷ Das Referenzszenario hingegen repräsentiert einen trendmäßigen Entwicklungspfad mit nicht ausreichenden Klimaschutzmaßnahmen, so dass die gesteckten Ziele, u. a. beim EE-Ausbau und der energetischen Gebäudesanierung nicht erreicht werden. Bei den erneuerbaren Energien wird im Jahr 2030 ein Anteil von 60% erwartet, wie dies Projektionen auf Basis des damaligen Politikstandes in der letzten Legislaturperiode erwarten ließen.

Tabelle 5 zeigt eine Übersicht über die zentralen Szenarioannahmen, die zwischen den beiden Szenarien variiert werden. Alle anderen Rahmenannahmen, wie zum Beispiel der Kohleausstieg bis 2038, bleiben in beiden Szenarien gleich. Im Folgenden werden die einzelnen Annahmen im Detail erörtert. Die Annahmen werden primär für Deutschland variiert, einige Maßnahmen werden in einer regionalen Sensitivität spezifisch für Sachsen angepasst. Beispielsweise wird die Erreichung der spezifischen EE-Ausbauziele für Sachsen separat ausgewertet.

Tabelle 5: Übersicht zu den zentralen Annahmen in den Szenarien

	Klimaschutzszenario	Referenzszenario
EE-Ausbau Strom	Zielerreichung (90 % EE-Anteil bis 2040)	Keine Zielerreichung (65 % EE-Anteil bis 2040)
Energetische Gebäudesanierung und Heizungstausch	Austausch aller Erdgas- und Öl-Heizungen mit Wärmepumpen bis 2050	Trendfortschreibung
Stromverbrauch	Starker Anstieg durch Elektrifizierung in allen Sektoren (+46 %)	Moderater Anstieg (+34 %)
Wasserstoff (Produktion und Verbrauch)	Umsetzung der Wasserstoffstrategie: Produktion von grünem Wasserstoff und Verwendung in der Industrie	50 % der geplanten Zielwerte
CO ₂ -Preis (EU-EHS, nEHS)	hoch (Anstieg um 15 bzw. 30 Euro pro t bis 2040)	niedrig (keine Veränderung ab 2026)

¹⁷ Die Festlegung der Szenarioannahmen basiert auf den politischen Zielen der EU, der Bundesregierung und der sächsischen Regierung, siehe Zusammenfassung der politischen Maßnahmen in Kapitel 2.12.

Bundesweite Szenarioannahmen

Im Klimaschutzszenario wird davon ausgegangen, dass der EE-Ausbau so vorankommt, dass das Ziel von 80 % EE-Anteil am Stromverbrauch für Deutschland im Jahr 2030 erreicht wird. Es wird angenommen, dass sich der Ausbau so fortsetzt, dass die THG-neutrale Stromproduktion bis 2045 ermöglicht wird. Basierend auf den im EEG und WindSeeG der Bundesregierung genannten Zielen werden bis 2030 deutschlandweit 320 TWh zusätzlich durch PV (+ 145 TWh) und Windkraftanlagen (Onshore +135 TWh und Offshore +50 TWh) gewonnen. Nach 2030 werden die politischen Ziele und Instrumente weniger konkret: per Annahme wird im Wesentlichen von einer Fortsetzung des Ausbaupfades bis 2040 ausgegangen. So werden bis 2040 gegenüber 2021 bundesweit zusätzlich 620 TWh durch EE-Stromerzeugung gewonnen (+310 TWh durch PV, +205 TWh durch Onshore und +102 TWh durch Offshore Windkraftanlagen).

Der Ausbau der erneuerbaren Energien im Wohngebäudebereich kommt im Klimaschutzszenario ebenfalls deutlich voran. In Anlehnung an das Gebäudeenergiegesetz (GEG) und der Bundesförderung im Gebäudereich kommt der Heizungstausch zielkonform voran. Es wird ein deutlich erhöhter Zubau von Wärmepumpen unterstellt.¹⁸ Der jährliche Zubau von Wärmepumpen erhöht sich bis 2030 auf etwa 500.000 pro Jahr und anschließend auf etwa 800.000 pro Jahr ab 2036, um langfristig in drei Viertel der Wohngebäude die Heizung zu tauschen (vgl. ZIKA ET AL. 2023). Die nationale Wasserstoffstrategie wird im Klimaschutzszenario umgesetzt. 2030 werden etwa 40 TWh und 2045 etwa 175 TWh erneuerbarer Strom für die Produktion von grünem Wasserstoff eingesetzt (vgl. SCHUR ET AL. 2023). Der Wasserstoff wird dabei annahmegemäß (überwiegend) in der Industrie eingesetzt. Insgesamt erhöht sich der Stromverbrauch im Klimaschutzszenario im Vergleich zum Referenzszenario auf Grund der Sektorkopplung deutlich. Neben dem erhöhten Strombedarf für Wärmepumpen, Elektrofahrzeuge und die grüne Wasserstoffproduktion (Elektrolyse) wird unterstellt, dass die Energieversorgung in der Industrie und den GHD-Sektor allgemein stärker elektrifiziert wird. Der Bedarf und die zusätzliche Stromproduktion im Klimaschutzszenario sind so aufeinander abgestimmt, dass bis 2050 die Bedarfsdeckung klimaneutral erfolgen kann.

Im Referenzszenario wird davon ausgegangen, dass die politisch anvisierten Ziele nicht erreicht werden können und stattdessen eine Trendfortschreibung beim beispielsweise dem EE-Ausbau und der energetischen Gebäudesanierung stattfindet. Dementsprechend wird bis 2030 nur die Hälfte des für die Erreichung des 80 %-EE-Anteil-Ziels benötigten EE-Ausbaus realisiert, auch der Ausbau ab 2030 ist gegenüber dem Klimaschutzszenario halbiert. Die Ziele der Wasserstoffstrategie werden nur zur Hälfte erreicht. Im Gebäudesektor kommt der Einbau von Heizungen mit hohem EE-Anteil nur wie in der Vergangenheit voran. Ein zusätzlicher Einsatz von Wärmepumpen wird nicht unterstellt. Auch im Referenzszenario steigt der Stromverbrauch, jedoch deutlich weniger als im Klimaschutzszenario. Der Stromverbrauch kann bis 2040 nicht vollständig aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden. Als Folge wird mehr Strom überwiegend aus Erdgas produziert.

Eine deutliche Verstärkung der Klimaschutzmaßnahmen, die durch Unternehmen und Haushalte getragen werden muss, setzt – so das allgemeine Verständnis in Politik und Wissenschaft – eine weitere Verteuerung fossiler Brenn- und Kraftstoffe voraus. Investitionen in den Klimaschutz müssen sich in den üblichen Kalkulationszeiträumen amortisieren. Höhere Abgaben pro t CO₂-Emissionen, sprich eine erhöhte CO₂-

¹⁸ Szenarioannahmen zu Wärmepumpen basieren auf der Absichtserklärung zum ersten Wärmepumpengipfel 2022 (BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND KLIMASCHUTZ (BMWK) 29.06.2022).

Bepreisung, erreichen die erwünschte Verteuerung von fossilen Energieträgern und regen so zur Reduktion von CO₂-Emissionen an. Zu unterscheiden sind in Deutschland der europaweite Zertifikatehandel EU-EHS und der Nationale Emissionshandel (nEHS). In beiden Szenarien steigt der CO₂-Preis im nationalen System auf 45 Euro pro t im Jahr 2025 (BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ 09.11.2022) und anschließend bis 2026 auf 60 Euro pro t CO₂. Die Preisentwicklung der Emissionszertifikate des EU-EHS nehmen eine ähnliche Entwicklung und erreichen 63 Euro pro t CO₂ im Jahr 2026. Im Referenzszenario verbleiben die CO₂-Preise sowohl für die EU-weiten als auch nationalen Handel bis 2040 auf dem Wert im Jahr 2026. Hingegen steigen sie im Klimaschutzszenario auf 91 Euro pro t im nEHS und 78 Euro pro t im EU-EHS. Für das nationale Emissionshandelssystem sind die Preise im Jahr 2040 im Klimaschutzszenario um 50 % höher als im Referenzszenario, für den EU-EHS um 23 %. Die Preispfade im Klimaschutzszenario sind im Vergleich zu Zielszenarien und aktuellen Projektionen als eher schwach bzw. konservativ einzuschätzen (ÖKO-INSTITUT ET AL. 2022; UBA 2023a; EUROPEAN COMMISSION 2021)¹⁹. Die Einnahmen aus der CO₂-Besteuerung ermöglichen perspektivisch mehr finanzielle Förderung beispielsweise bei der energetischen Gebäudesanierung. Um eine solche Umverteilung im Modell annäherungsweise abzubilden, werden die Staatseinnahmen aus dem nEHS über einen Einkommenssteuerausgleich dem Wirtschaftskreislauf wieder zugeführt.²⁰

Abbildung 16 zeigt die erforderlichen zusätzlichen Mehrinvestitionen in den EE-Ausbau und in den Heizungstausch im Klimaschutzszenario ab dem Jahr 2025. Durchschnittlich werden im Projektionszeitraum (2025 bis 2040) jährlich 10 Mrd. Euro mehr für den EE-Ausbau investiert als im Referenzszenario. Die höchsten Abweichungen durch zusätzliche Investitionen in den Ausbau der Windenergie und PV werden im Zeitraum 2026 bis 2030 erreicht und nehmen dann wieder ab. Für den Heizungstausch mit Wärmepumpen werden durchschnittlich 14 Mrd. Euro jährlich mehr investiert. Dies wird durch die Vorgaben des Gebäude-Energie-Gesetz (GEG) und die Bundesförderung ermöglicht. Die Abweichung zwischen den Szenarien und damit die zusätzlichen Investitionen im Klimaschutzszenario nehmen ab 2025 über die Jahre sukzessive zu (Prozesshochlauf bis 2035).

¹⁹ Als Ergebnis des Emissionshandels könnte der Preis langfristig mit Blick auf die erzielten Emissionsminderungen auch niedriger sein als in einem Szenario ohne Klimaschutz. Der höhere Preis im Klimaschutzszenario wird exogen vorgegeben und repräsentiert einen hohen Preisdruck auf fossile Brennstoffe bis 2040, wenn die treibhausgasneutrale Energieversorgung noch nicht realisiert ist. Ein höherer CO₂-Preis Voraussetzung für viele Klimaschutzmaßnahmen, die sich dadurch lohnen.

²⁰ In der Realität fließen die Einnahmen in den Klima- und Transformationsfond. Die ökonomische Wirkung dieses Fonds lässt sich jedoch im Modell nicht angemessen abbilden.

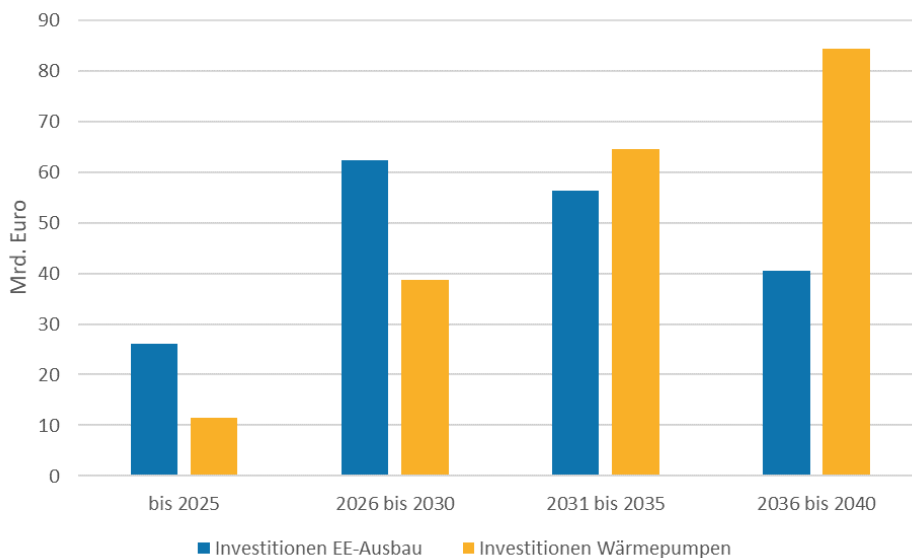
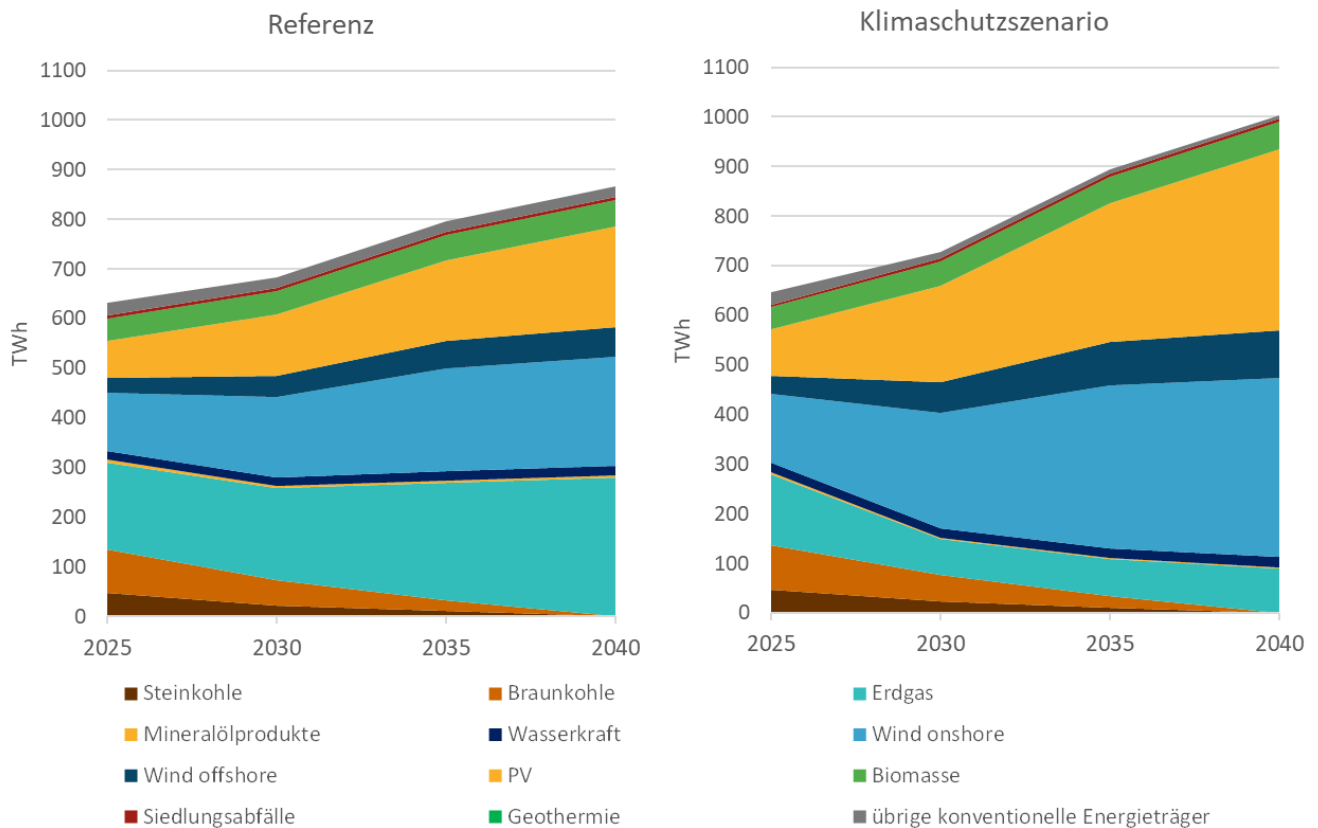


Abbildung 16: Mehrinvestitionen in EE-Ausbau und Heizungstausch in Deutschland (Klimaschutzgü. Referenzszenario, Summe über Jahresgruppen, preisbereinigt)

Beiden Szenarien liegt der Kohleausstieg bis 2038 und ein allgemeiner Anstieg des Stromverbrauchs bis 2040 zugrunde. Im Referenzszenario steigt die Bruttostromerzeugung von 650 TWh im Jahr 2025 um etwa 37 % auf 870 TWh im Jahr 2040 und im Klimaschutzszenario um etwa 54 % auf 1 000 TWh in 2040 (Abbildung 17). Im Referenzszenario kommt der Ausbau der erneuerbaren Energien im Stromsektor nur halb so schnell voran wie im Klimaschutzszenario. Die Folgen für den Energieträgermix in der Stromerzeugung sind in Abbildung 17 zu erkennen. Der EE-Anteil bestehend aus Wasserkraft, Onshore und Offshore Windkraft, PV, Biomasse, Siedlungsabfälle und Geothermie beträgt im Referenzszenario im Jahr 2040 nur etwa 570 TWh was rund 65 % der gesamten Bruttostromerzeugung entspricht. Da die Ausweitung der EE-Stromproduktion im Referenzszenario nicht ausreicht, um den Kohleausstieg bis 2038 und den allgemeinen Anstieg des Stromverbrauchs zu kompensieren, wächst letztendlich der Anteil der Erdgasverstromung. 2040 werden im Referenzszenario etwa 300 TWh durch Erdgasverstromung gewonnen, das entspricht einem Anteil von über 30 % der gesamten Bruttostromerzeugung. Im Unterschied dazu wird im Klimaschutzszenario eine Reduktion des Erdgas-Anteils auf 9 % (etwa 100 TWh) erreicht - bei gleichzeitig stärker steigendem Stromverbrauch. Im Jahr 2040 werden 300 TWh mehr erneuerbarer Strom im Klimaschutzszenario als im Referenzszenario erzeugt. Insgesamt beträgt der EE-Anteil im Klimaschutzszenario im Jahr 2040 etwa 900 TWh (90 %), wobei der Anteil der Stromproduktion aus Biomasse, Wasserkraft und Geothermie gegenüber dem Referenzszenario unverändert bleibt.

Die Annahmen zum Klimaschutz im Sektor Verkehr sind im Klimaschutzszenario identisch mit jenen im Referenzszenario. Der Ausbau der E-Mobilität findet in beiden Szenarien statt, was zu etwa 18 Mio. Elektrofahrzeugen im Bestand bis 2040 führt. In der Folge steigt auch der Stromverbrauch im Verkehrssektor in beiden Szenarien. Die Sektorziele zur Emissionsminderung werden jedoch nicht erreicht.



Quelle: AGEB 2023, eigene Berechnungen.

Abbildung 17: Bruttostromerzeugung im Referenz- und Klimaschutzszenario nach Energieträger, Deutschland

Sachsenspezifische Szenarioannahmen

Im Modell wird die Entwicklung der 16 Bundesländer konsistent in die nationale Entwicklung einbettet. Die gesamte sächsische Wirtschaft ist mit ihrer Endnachfrage (Konsum, Investitionen, Export) sowie Produktion und Bruttowertschöpfung abgebildet. Damit ist Sachsen mit seiner Bedeutung innerhalb der deutschen Wirtschaft und seinen gesamtwirtschaftlichen Entwicklungen im Modell vollständig empirisch erfasst. So werden beispielsweise die Investitionen Sachsens in den Heizungstausch hin zu Wärmepumpen basierend auf den sächsischen Anteilen an den deutschlandweiten Investitionen im Wohnungswesen (3,6 %) modelliert. Daraus folgt, dass die zusätzlichen Investitionen in Wärmepumpen in Sachsen im Klimaschutzszenario zu Beginn des Projektionszeitraums (2026 bis 2030) bei 280 Mio. Euro jährlich liegen und sukzessive auf über 600 Mio. Euro jährlich bis 2040 ansteigen. Zusätzliche, regionalspezifische Annahmen sind nur dann notwendig, wenn aufgrund der Szenarioannahmen deutliche Abweichungen im Gewicht Sachsens bei der Endnachfrage anzunehmen sind.

Dies ist beim Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugungsanlagen, vor allem bei Windenergieanlagen, der Fall. Die regionalen Verteilungen der Investitionen weichen von der Verteilung auf der gesamtwirtschaftlichen Ebene im Basisjahr ab. Die sachsenspezifische Annahme "Trend" legt die regionale Verteilung der Investitionen bis 2040 basierend auf den technologiespezifischen Neuinstallationen in der Vergangenheit fest. In dem Zeitraum 2016 bis 2020 entfielen etwa 5,1 % der PV-Neuinstallationen in Deutschland auf Sachsen, für Onshore-Windkraftanlagen waren es etwa 1,1 % der bundesweiten Investitionen. Diese

sachsenspezifischen EE-Anteile der Vergangenheit werden über die Annahme "Trend" als plausible Verteilung für die zusätzlichen Investitionen in Sachsen bis 2040 unterstellt.

Im Unterschied dazu werden die Ziele des Energie- und Klimaprogramms (EKP) in Sachsen als ambitionierter Ausbaupfad der erneuerbaren Energien, insbesondere PV und Windenergie, hinterlegt. In der regionalen Annahme "Ziel Sachsen", wird der Anteil Sachsens am bundesweiten EE-Ausbau deshalb so angepasst, dass das im EKP genannte Ziel zum Ausbau der Windenergie erreicht wird. Statt 1,1 % werden etwa 3 % Windenergieanteil hinterlegt (SMEKUL & SMR 2022). Für die PV reicht der Anteil in der Vergangenheit, gepaart mit dem starken bundesweiten Ausbau im Klimaschutzzenario aus, um die Ziele für 2030 zu erreichen. Insgesamt werden damit unter der Annahme "Ziel Sachsen" bis 2030 mit Photovoltaik und Onshore-Windkraftanlagen +10 TWh mehr produziert als im Jahr 2021, bis 2040 dann 18 TWh mehr.

Im Ergebnis wird im Klimaschutzzenario unter der regionalen Annahme "Trend" in Sachsen im Zeitraum 2026 bis 2030 durchschnittlich etwa 400 Mio. Euro mehr in den EE-Ausbau investiert als im Referenzzenario. Dieser Mehrbetrag geht bis 2040 sukzessive auf etwa 260 Mio Euro jährlich zurück. Demgegenüber steht die Entwicklung der zusätzlichen Investitionen im Klimaschutzzenario mit der regionalen Annahme "Ziel Sachsen". Über den gesamten Zeitraum 2026 bis 2040 werden im Durchschnitt nochmal etwa 130 Mio. Euro mehr pro Jahr investiert.

4.3 Gesamtwirtschaftliche Auswirkungen auf Sachsen und Deutschland

Laut den Modellergebnissen ist das preisbereinigte Bruttoinlandsprodukt (BIP) in Deutschland im Jahr 2040 im Klimaschutzzenario um etwa 40 Mrd. Euro höher als im Referenzzenario (Tabelle 6). Das entspricht einer positiven relativen Abweichung von 1,1 %. Über den Projektionszeitraum bis 2035 steigen die positiven Abweichungen sukzessive an, danach bleiben sie bis 2040 auf einem konstant hohen Niveau. Wie in Abbildung 18 dargestellt, teilt sich das BIP auf in die Komponenten privater Konsum, Staatskonsum, Investitionen (Ausrüstungen und Bauten) und der Außenbeitrag als Bilanz aus Exporten und Importen. Die Betrachtung der Einzelkomponenten verdeutlicht, welche unterschiedlichen Einflüsse gesamtwirtschaftlich wirksam werden.

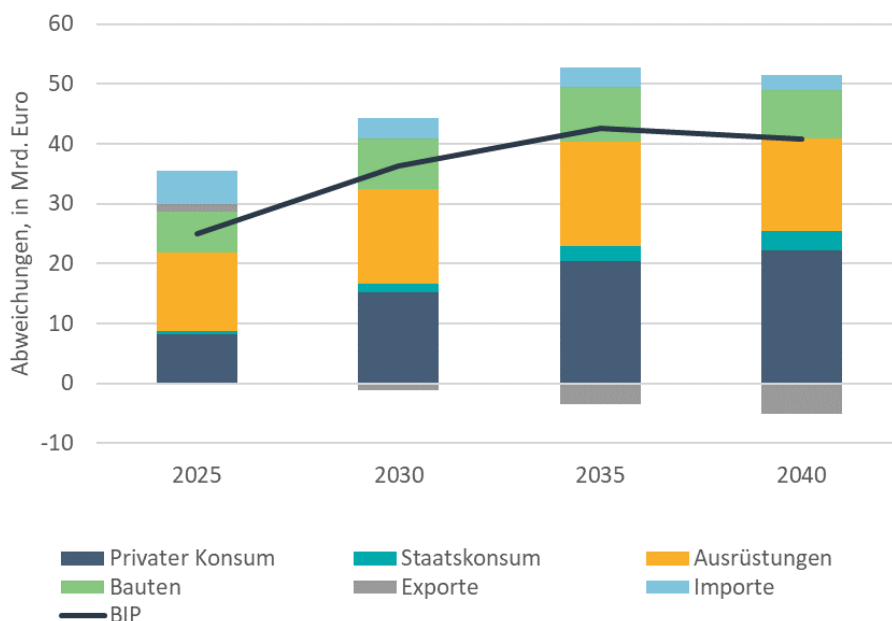


Abbildung 18: Abweichungen des Bruttoinlandsproduktes zwischen Klimaschutz- und Referenzszenario (preisbereinigt und aufgeteilt nach Komponenten)

Höhere Endnachfrage im Klimaschutzszenario

Zusätzliche Investitionen, die im Klimaschutzszenario notwendig sind, erhöhen die Endnachfrage. Die Investitionen werden nach Abzug der Importe als zusätzliche Nachfrage im Inland wirksam und erhöhen die Produktion in fast allen Wirtschaftsbereichen. Über die für die Produktion notwendige zusätzliche Beschäftigung erhöhen sich die Einkommen, wodurch der private Konsum sukzessive höher ausfällt (2040 etwa 22 Mrd. Euro mehr). Durch die stärkere gesamtwirtschaftliche Entwicklung steigen auch die Importe und die Staatsausgaben im Klimaschutzszenario etwas mehr als im Referenzszenario. Da die Investitionen als zusätzlich angenommen werden, wird auch implizit davon ausgegangen, dass sie andere Investitionen nicht verdrängen. Als Rechtfertigung lässt sich anführen, dass durch die Importeinsparungen bei Energieträgern Mittel für Investitionen frei werden.

Die Preisentwicklung ab 2030 fällt im Klimaschutzszenario höher aus als im Referenzszenario. Der Preisindex für den privaten Konsum ist im Jahr 2040 um 0,4 Prozentpunkte höher, der Produktionspreis um einen Prozentpunkt. Diese positiven Abweichungen ergeben sich zum einen durch die Annahme der höheren CO₂-Abgaben. Zum anderen ergeben sie sich auch modellendogen. Durch die höhere Produktion im Klimaschutzszenario sind die Produktionskapazitäten stärker ausgelastet und die höheren Investitionen führen zu höheren Abschreibungen. Die deutliche Reduktion von Erdgas in der Energieversorgung hat hingegen einen dämpfenden Einfluss auf die Preisentwicklung in diesem Szenariovergleich. Durch die zuletzt hohen Erdgaspreise führte die Substitution mit Strom aus Wind und Photovoltaik im Klimaschutzszenario zu geringeren Strompreisen.

Die insgesamt positiven Abweichungen in den Preisentwicklungen wirken sich wiederum unterschiedlich auf die einzelnen BIP-Komponenten aus. Maßgeblich wirken sie auf die Exporte. Durch einen Preisanstieg wird die inländische Produktion im Vergleich zum Ausland teurer, was sich langfristig in negativen Abweichungen in den Exporten zeigt. Insgesamt überwiegen jedoch die positiven Wirkungen der zusätzlichen Investitionen auf die Gesamtnachfrage, so dass die Preisentwicklung nur eine dämpfende Wirkung hat. Die Beschäftigung ist im Klimaschutzszenario um etwa 84 Tausend höher als im Referenzszenario. Das entspricht einer positiven relativen Abweichung von etwa 0,2 %.

Gesamtwirtschaftliche Effekte in Sachsen

In Sachsen fällt das BIP im Klimaschutzszenario unter der Annahme "Trend" im Jahr 2030 um ca. 1,7 Mrd. Euro höher aus und im Jahr 2040 um 2,1 Mrd. Euro (Tabelle 6). Dies entspricht im Zeitverlauf einem Plus von bis zu 1,3 % bzw. 1,5 % relativ. Daraus folgt, dass durch zusätzlich notwendige Investitionen in den Klimaschutz das realisierte Bruttoinlandsprodukt höher ausfällt. Das sächsische BIP erhöht sich um weitere 110 Mio. Euro bei einer sachsenspezifischen Zielerreichung im Bereich Windenergieausbau (EKP) bis 2030. Es liegt im Szenario Klimaschutz "Sachsen Ziel" im Jahr 2030 um 2,2 Mrd. Euro höher aus als im Referenzszenario. Mit Blick auf 2040 gibt es keine weitere Veränderung des BIP des Landes gegenüber der Referenz. In beiden Klimaschutzszenarien liegt das BIP im Jahr 2040 um 2,1 Mrd. Euro höher als in der Referenz. Dies resultiert daraus, dass 2040 ein Großteil der Investitionen in den zusätzlichen Ausbau der Windenergie bereits erfolgt sind und auch sich bundesweit keine weiteren positiven gesamtwirtschaftlichen Effekte ergeben. Erhöhte CO₂-Preise dämpfen die Nachfragewirkung, haben aber keine stark selektive Wirkung im Kontext der Gesamtheit der Klimaschutzmaßnahmen.

Tabelle 6: Abweichung des Bruttoinlandsproduktes (preisbereinigt) zwischen Referenz- und Klimaschutzscenario "Trend" und "Sachsen Ziel"

Szenario / Variante	BIP-Abweichungen in Sachsen	2030	2035	2040
Klimaschutz "Trend"	Absolut, in Mrd. Euro	1,7	2,1	2,1
	Relativ, in %	1,3%	1,5%	1,5%
Klimaschutz "Sachsen Ziel"	Absolut, in Mrd. Euro	1,8	2,2	2,1
	Relativ, in %	1,3 %	1,5 %	1,5 %
Klimaschutz, z. Vgl. in Deutschland	Absolut, in Mrd. Euro	36,3	42,6	40,8
	Relativ, in %	1,0%	1,2%	1,1%

Beschäftigungseffekte im Regionalvergleich

In Abbildung 19 wird die prozentuale Abweichung in der Beschäftigung zwischen dem Klimaschutz- und Referenzscenario für die einzelnen Bundesländer aufgezeigt. Zu Grunde liegt hier die Trendfortschreibung für den sachsenspezifischen EE-Ausbau (regionale Annahme "Trend"). Generell profitieren die ostdeutschen Bundesländer stärker von der zusätzlichen Nachfrage angetrieben durch die zusätzlichen Investitionen in den Klimaschutz. Es zeigen sich positive Abweichungen in der Beschäftigung von knapp 0,55 % in Brandenburg bis 0,35 % in Thüringen für das Jahr 2040. Sachsen liegt mit einer positiven Abweichung von gut 0,4 % im Mittelfeld der ostdeutschen Bundesländer (Abbildung 19). In den westdeutschen Bundesländern kommt es zu maximal etwa 0,2 % positiver Abweichung im Jahr 2040 in Hamburg. Alle anderen westdeutschen Bundesländer erfahren weniger positive Abweichungen in der Beschäftigung.

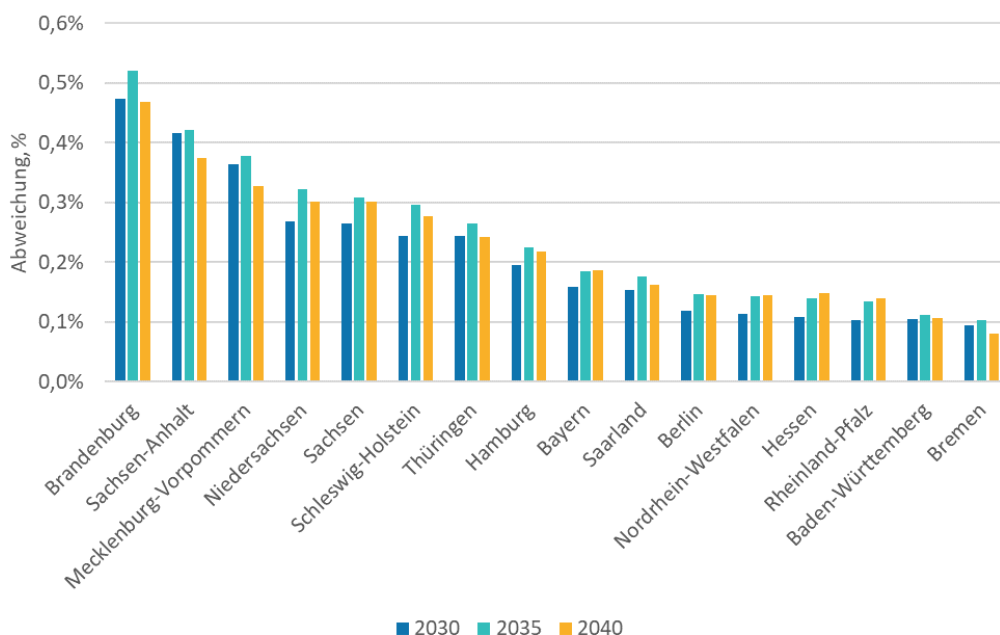


Abbildung 19: Abweichung in der Beschäftigung zwischen Klimaschutz- und Referenzscenario in den Bundesländern, Verteilungsannahme "Trend", relativ in %, sortiert nach den Abweichungen im Jahr 2035

Die Mehrzahl der ostdeutschen Bundesländer hatte zuletzt einen hohen EE-Ausbau und dies kommt in der „Trend“-Annahme zum Tragen. Hervorzuheben ist der EE-Ausbau in Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt. Die vergleichsweise hohen Effekte im Osten haben aber auch strukturelle Hintergründe. Insgesamt gibt es einen hohen Anteil des Baugewerbes an der Wertschöpfung und etwas höhere Arbeitsintensitäten. Zudem macht sich bemerkbar, dass die ostdeutschen Bundesländer weniger stark vom Export abhängen, der im Klimaschutzszenario etwas geringer ausfällt. Da der EE-Ausbau in Sachsen zumindest über alle Technologien hinweg nicht überproportional war und in den Trend-Annahmen nicht ist, sind es vor allem diese strukturellen Hintergründe, welche zu den überdurchschnittlich positiven Wirkungen führen.

Produktionssteigerung in sächsischen Fokusbranchen durch mehr Klimaschutz

Über alle Branchen in Sachsen kommt es im Klimaschutzszenario im Vergleich zur Referenz insgesamt zu einer Produktionssteigerung (+1 %). Allerdings sind verschiedene Branchen unterschiedlich stark von den Maßnahmen zu mehr Klimaschutz betroffen (vgl. Abbildung 20). In der Verteilung der relativen Abweichungen in Sachsen und Deutschland spiegelt sich stark die Struktur der Nachfrage nach Bauleistungen, sowie spezifische Investitionsgüter aus der Industrie²¹, die für die zusätzlichen Investitionen in das Energiesystem notwendig sind: Im Baugewerbe ist der preisbereinigte Produktionswert um etwa 2 % höher. Die höchsten relativen Abweichungen ergeben sich allerdings in der Gruppe "Bergbau, Energie- und Wasserversorgung", worauf weiter unten eingegangen wird.

Mit Blick auf die sächsischen Fokusbranchen zeigen sich die größten positiven Abweichungen im preisbereinigten Produktionswert mit etwa 2 % in der Mikroelektronik/Halbleiterindustrie (Abteilung 26 "Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen") und Elektrotechnik (Abteilung 27 "Herstellung von elektrischen Ausrüstungen"). Dies ist höher als der bundesweite Durchschnitt von etwa 1,2 %. Am zweitgrößten sind die Abweichungen im Produktionswert mit etwa 1,3 % in der sächsischen Metallindustrie (Abteilung 24 "Metallerzeugung und -bearbeitung" und Abteilung 25 "Herstellung von Metallerzeugnissen"). Auch hier ist die Abweichung im bundesweiten Durchschnitt mit knapp 1 % geringer. In der Automobilindustrie (29 "Fahrzeugbau") und im Maschinenbau (28) liegt die sachsenweite Abweichung bei 0,8 bzw. 0,7 %. Hier sind die sachsenweiten Abweichungen ebenfalls größer als die bundesweiten Durchschnitte von 0,5 und 0,3 %.

²¹ Planungs- und Unternehmensdienstleistungen zeigen auch überdurchschnittlich positive Abweichungen, was in der aggregierten Gliederung der Abbildung nicht zu sehen ist.

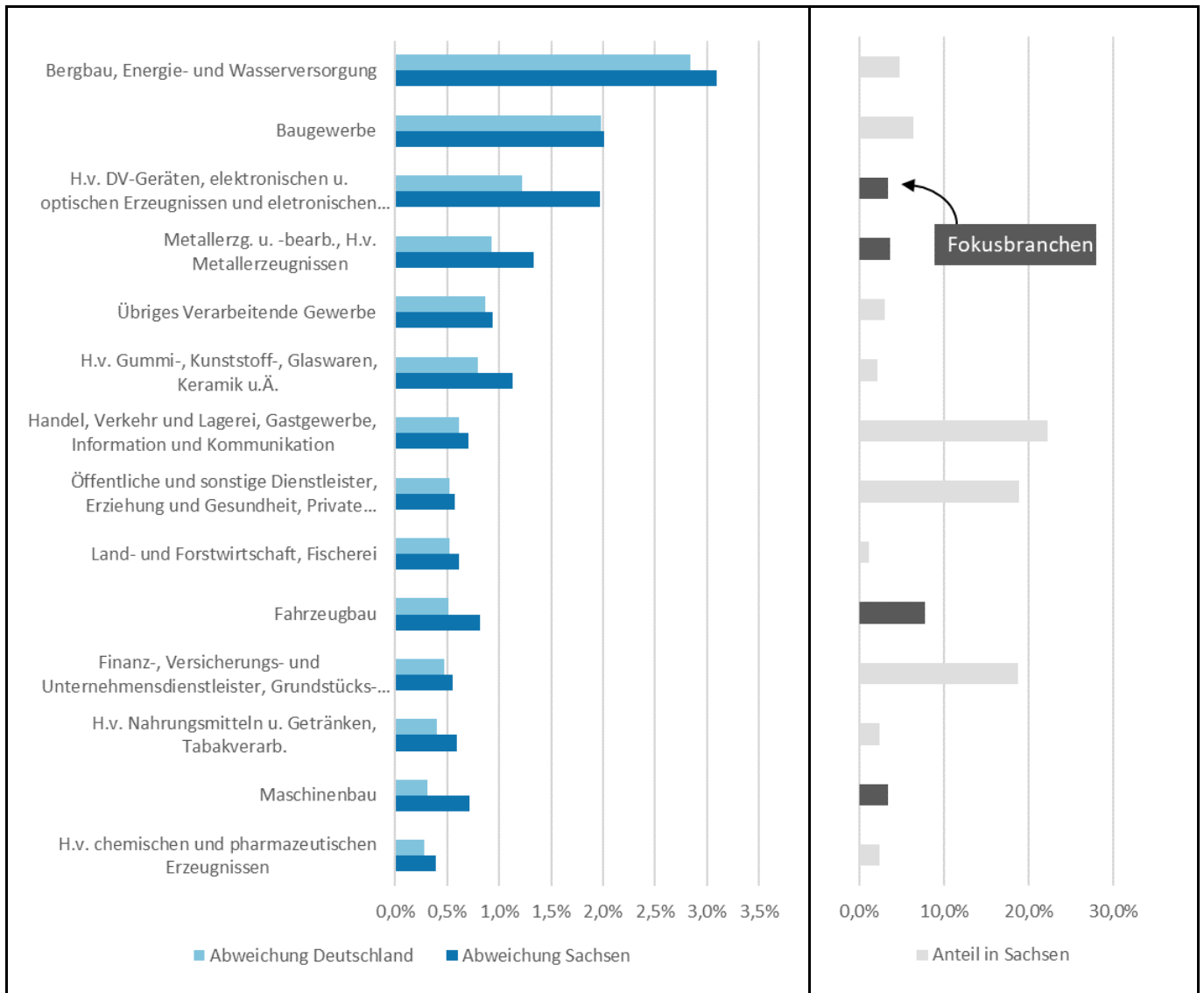


Abbildung 20: Abweichungen des Produktionswertes (preisbereinigt) zwischen Referenz- und Klimaschutzszenario mit Annahme "Trend" (links) und Anteil an Produktionswert in Sachsen insgesamt (rechts), relativ in % 2030

Anhand der sachsenweiten Zusammensetzung des Produktionswertes wird noch einmal deutlich, dass die sachsenspezifischen industriellen Fokusbranchen nicht den Großteil der sächsischen Wertschöpfung ausmachen. Nur rund 18,2 % der Produktion entfallen auf diese Branchen. Die größten Anteile am Produktionswert in Sachsen haben stattdessen Dienstleistungsbranchen wie beispielsweise Handel, Verkehr, Lagerei und Gastgewerbe, öffentliche und sonstige Dienstleister sowie Finanz-, Versicherungs- und Unternehmensdienstleister mit jeweils etwa 20 %.

Bis 2040 verändern sich die Muster der Brancheneffekte nicht deutlich gegenüber dem Jahr 2030. Die Modellergebnisse zeigen ferner, dass die Effekte für Wertschöpfung und Beschäftigung für die Branchen ähnlich ausfallen wie für die Produktionswerte. Einzig im Fahrzeugbau und in der chemischen Industrie ist die Beschäftigung deutschlandweit im Klimaschutzszenario nicht höher als im Referenzszenario. Hier macht sich eine hohe Preissensitivität bemerkbar, die über die Lohnentwicklung wirkt. Insgesamt liegt die Anzahl der Erwerbstätigen in Sachsen im Klimaschutzszenario im Jahr 2030 um 4 800 und im Jahr 2040 um 5 800 über dem Wert im Referenzszenario.

Durch den höheren Stromverbrauch zählt die Energieversorgung zu den Wirtschaftszweigen mit den höchsten relativen Abweichungen. Im Klimaschutzszenario wird zum einen mehr Strom verbraucht und inländisch produziert. Zum anderen ist die Produktion aufgrund der Substitution von Erdgas durch PV und Windenergie günstiger als im Referenzszenario. Auf Grund der zuletzt hohen Erdgaspreise lohnt sich ein verstärkter Ausbau der erneuerbaren Energien. In beiden Szenarien geht die Stromerzeugung in Sachsen bis 2040 leicht zurück - bei deutlicher Ausweitung des Stromverbrauchs in Sachsen und auch der bundesweiten Stromproduktion (s. Abbildung 17 zur Bruttostromerzeugung nach Energieträger in Deutschland). Für die Abweichung zwischen den beiden Szenarien, in denen bei beiden der Kohleausstieg bis 2038 vollzogen wird, ist jedoch vor allem die Verteilung der Erdgasverstromung innerhalb Deutschlands ausschlaggebend. In der rein strukturellen Modellierung der Energieversorgung ist es für Sachsen ein Vorteil, dass dort aktuell wenig Erdgas (oder andere fossile Energieträger außer Kohle) verstromt wird, so dass die Stromproduktion nicht davon abhängt. Dies zeigt sich auch in den leicht überdurchschnittlich positiven Abweichungen der Produktion bezogen auf die Energieversorgung im Klimaschutzszenario in Sachsen. Die sachsenspezifische Auswertung in den Szenarien zeigt zwar strukturelle Abhängigkeiten, aber nicht im Kontext der eigentlichen Herausforderung: Sowohl im Klimaschutz- als auch Referenzszenario verliert Sachsen deutliche Anteile an der bundesweiten Stromproduktion und jeder Kapazitätsausbau bei den erneuerbaren Energien bis 2040 schwächt diese Wertschöpfungsverluste ab.

Insgesamt überwiegen in der Szenarioanalyse die wirtschaftlichen Chancen, die sich aus mehr Klimaschutz ergeben, insbesondere in den für Sachsen wichtigen Fokusbranchen. Die überproportionale Bedeutung der Branchen Mikroelektronik/Elektrotechnik und Stahlindustrie aber auch des Baugewerbes, ist ein Vorteil für Sachsen. Ein Faktor ist zudem die räumliche Nähe zu den anderen besonders positiv betroffenen Bundesländern. Deutlich wird auch, dass sich mit einem noch stärkeren Windenergieausbau in Sachsen noch höhere positive Effekte einstellen.

5 Handlungsbedarfe und Empfehlungen

Trotz des eindeutigen Auftrags des sächsischen Koalitionsvertrags wurden Klimaschutzmaßnahmen in Sachsen bislang eher zögerlich angegangen. Die Zunahme von Extremwetterereignissen und nicht zuletzt auch die Energiepreiskrise des vergangenen Jahres haben die Notwendigkeit einer Beschleunigung dieser Maßnahmen jedoch nachdrücklich vor Augen geführt. Hinzu kommt, dass sich mit dem Regierungswechsel im Bund zu Beginn des Jahres 2022 die bundespolitischen Prioritäten deutlich verschoben haben; die zwischenzeitlich beschlossenen ambitionierteren Ziele insbesondere für den Ausbau regenerativer Energien sowie zur Reduktion von Treibhausgasemissionen in den vom Klimaschutzgesetz (KSG) erfassten Sektoren verpflichten auch Sachsen.

Die Politik im Freistaat Sachsen hat die auf Bundesebene beschlossenen Vorgaben für einen strengeren Klimaschutz als gegeben hinzunehmen. Sein wesentliches Handlungsfeld ist es daher, die für deren Umsetzung erforderlichen landesrechtlichen Rahmenbedingungen (wie z.B. die Überarbeitung von Flächennutzungsplänen) zu schaffen und vor allem die Anpassung sächsischer Unternehmen an strengere Emissionsauflagen zu erleichtern. Gleichzeitig gilt es Unterstützungsangebote für diejenigen Unternehmen in Sachsen zu entwickeln, die die für eine verstärkte Dekarbonisierung von Prozessen und Produkten erforderlichen Investitionsgüter herstellen können. Hier geht es nicht nur um die Förderung von Investitionen, sondern insbesondere auch um eine gezielte Stärkung von Innovationen in diesem Feld. Neben Unternehmen können dabei auch die Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen in Sachsen eine wichtige Rolle spielen.

In Kapitel 5.1 werden im Rahmen einer Stärken-Schwächen-Analyse zunächst die Chancen und Risiken zur Erreichung der Klimaschutzziele in Sachsen analysiert. Daran schließen sich Handlungsempfehlungen für die sächsische Staatsregierung an.

5.1 Analyse der Chancen und Risiken für die sächsische Wirtschaft

Die sächsische Wirtschaft weist im Hinblick auf die anstehende Transformation viele Stärken, aber auch einige Schwächen auf.

Zu den positiven Charakteristika zählt zunächst einmal die diversifizierte Wirtschaftsstruktur, die viele Branchen umfasst, die von den Investitionsbedarfen im Rahmen der „Energiewende“ profitieren dürften. Auch die geringe Größe der meisten Unternehmen, die oft als Schwäche interpretiert wird, kann in diesem Zusammenhang als Stärke gesehen werden, denn kleinere Unternehmen sind oft schneller und flexibler in ihrer Entscheidungsfindung. Besonders in Zeiten schneller Umbrüche, wie sie aktuell stattfinden, können diese Eigenschaften dazu beitragen, notwendige Anpassungen schneller zu treffen und umzusetzen. Zu den Schwächen zählt hingegen vor allem der bereits heute stark ausgeprägte und perspektivisch weiter zunehmende Mangel an Arbeitskräften. Dieser kann insbesondere den notwendigen Umbau der Energiewirtschaft verlangsamen und damit auch den aus Klimaschutzgründen notwendigen Ersatz fossiler Energieträger behindern.

In der folgenden Tabelle 7 sind Stärken und Schwächen sowie Risiken und Chancen zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 7: Stärken-Schwächen-Analyse der sächsischen Wirtschaft im Hinblick auf den Klimaschutz

Stärken	Schwächen
Hoher Anteil kleiner und mittlerer Unternehmen, die eine höhere Flexibilität und Anpassungsfähigkeit aufweisen	Hoher Beschäftigungsanteil kleiner und mittlerer Unternehmen, die eine geringere Produktivität aufweisen und oftmals höheren Finanzierungsrestriktionen unterliegen
Forschungsstarke Hochschulen und Forschungseinrichtungen	Verhältnismäßig geringe FuE-Aktivitäten im Wirtschaftssektor
Generell vergleichsweise hohe Beteiligung sächsischer Unternehmen an Forschungsk Kooperationen mit anderen Akteuren (Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen)	In Teilbereichen lange Dauer von Planungs- und Genehmigungsverfahren und komplizierte Antragsbürokratie
Geringer Anteil energieintensiver Branchen an der sächsischen Wirtschaft; geringer Energiekostenanteil der Fokusbranchen in Sachsen	Zunehmender Mangel an Arbeitskräften, die u.a. für die technische Umsetzung der Energiewende benötigt werden
Viele Unternehmen die bereits an Schlüsseltechnologien arbeiten (Batteriespeicher, PV-Anlagen, Elektrolyseure)	Aktuelle Ausbaugeschwindigkeit der erneuerbaren Energien, vor allem der Windkraft, ist gering
	Eine Entkopplung von Umsatz und Energieverbrauch hat in wichtigen Fokusbranchen noch nicht nennenswert stattgefunden

Stärken	Schwächen
<p>Gut ausgebautes Fernwärmenetz</p>	<p>Keine starke Stellung der Industrie bei Technologien für die Wärmewende und Gebäudetechnik</p> <p>Qualitative Engpässe bei physischen und digitalen Infrastruktur</p>
Chancen	Risiken
<p>Nutzung bestehender Potenziale für den Ausbau erneuerbarer Energien in Sachsen</p> <p>Neue Absatzmöglichkeiten für Hersteller von energieeffizienten Technologien und Produkten (z.B. in der Elektrotechnik oder im Maschinenbau) sowie in der Energiewirtschaft (Photovoltaik)</p> <p>Nutzung neuer Mobilitätskonzepte (Verflechtung der KMU mit der sächsischen Automobilindustrie und dem Schienenfahrzeugbau)</p> <p>Angestrebte Vorreiterrolle Sachsens bei Nutzung von (grünem) Wasserstoff als Energieträger</p> <p>Fokussierung auf Elektromobilität als Chance, für die Endhersteller von Fahrzeugen</p> <p>Technologische Vorsprünge sächsischer Hochschulen/Forschungseinrichtungen bei Umweltinnovationen (inkl. ressourceneffizienter Produkte)</p> <p>Ostdeutsche Bundesländer profitieren stärker von der zusätzlichen Nachfrage im Klimaschutzszenario</p>	<p>Demographischer Wandel führt zu zunehmender Fachkräfteknappheit und ungelöster Nachfolgeprobleme in Unternehmen (unklar, ob zusätzliche Arbeitsplätze, die laut Klimaschutzenszenario entstehen, tatsächlich besetzt werden können)</p> <p>In Teilen geringe Bereitschaft in der Bevölkerung, Transformationsprozesse mitzutragen</p> <p>Gefährdung traditioneller Geschäftsmodelle durch Technologiewandel und Kostensteigerungen</p> <p>Langfristige Erhöhung des Preisniveaus der Energieträger aufgrund der Klimaschutzvorgaben des KSG, hoher Anpassungsdruck für energieintensivere Branchen (auch Abwanderung denkbar)</p> <p>Gefährdung der Versorgungssicherheit durch unzureichende Verfügbarkeit erneuerbarer Energien</p> <p>Investitionserfordernisse zur Umsetzung von Energieeffizienz in den Unternehmen (ungünstige Finanzierungsbedingungen) sowie bürokratische Hürden für KMU</p> <p>Fokussierung auf Elektromobilität als Risiko für traditionelle Automobilzulieferer</p>

5.2 Sachsenspezifische Handlungsempfehlungen

Mit der Novellierung des Klimaschutzgesetzes im November 2022 hat sich die Bundesregierung verpflichtet, bis zum Jahr 2045 die Treibhausgasneutralität Deutschlands zu erreichen. Die Vorgaben des KSG sind damit auch für den Freistaat Sachsen bindend. Das Ziel der Treibhausgasneutralität kann nur mit einer nahezu vollständigen Dekarbonisierung der Wirtschaft und der privaten Haushalte erreicht werden, was bedeutet, dass der Energiebedarf dann vollständig aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden muss. Der Verzicht auf die Verbrennung fossiler Energieträger erzwingt daher eine Elektrifizierung der meisten wirtschaftlichen Prozesse, des Verkehrs und der Erzeugung von Wärme. Wo dies aus technischen Gründen nicht möglich ist, stellt nach derzeitigem technologischem Stand die Nutzung von regenerativ erzeugtem Wasserstoff die einzig mögliche Alternative dar. Dieser wird aber auf lange Zeit wohl nicht in der benötigten Menge zur Verfügung stehen; zudem erfordert der Aufbau einer wasserstoffbasierten Wirtschaft erhebliche Investitionen in Erzeugungs-, Speicher- und Leitungsinfrastrukturen. Schon wegen des Zeitbedarfs hierfür wird die Wasserstoffnutzung in der Breite auf absehbare Zeit nicht möglich sein.

Die unabdingbare Elektrifizierung der deutschen und der sächsischen Wirtschaft wird in den kommenden Jahren voraussichtlich zu einem starken Anstieg der Stromnachfrage führen. Auslöser dafür ist die im Klimaschutzszenario hinterlegte Sektorenkopplung. Daran wird auch eine weitere Steigerung der Energieeffizienz kaum etwas ändern. Aus ökonomischer Sicht ist es deshalb wichtig, durch Angebotsausweitungen dafür zu sorgen, dass die Versorgungssicherheit bei wettbewerbsfähigen Preisen gewahrt bleibt.

Erforderlich ist somit angebotsseitig der Ausbau der Kapazitäten für die Erzeugung erneuerbarer Energie. Dies muss nicht zwangsläufig in vollem Umfang des Bedarfs in Sachsen selbst erfolgen (auch wenn das von der Bundesregierung vorgegebene Ziel²², bis zum Jahr 2032 zwei Prozent der Landesfläche für den Bau von Windkraftanlagen vorzusehen, auch für Sachsen verbindlich ist²³), da (regenerativer) Strom auch aus anderen Regionen (oder dem Ausland) importiert werden kann. In jedem Fall ist es aber erforderlich, hierfür auch ausreichende Netz- und Speicherkapazitäten aufzubauen. Auf der Nachfrageseite sind Investitionen in energiesparende Technologien und Anlagen notwendig, um den Anstieg der Stromnachfrage möglichst gering zu halten. Dies gilt für alle Sektoren, also nicht nur für die Unternehmen, sondern auch für die privaten Haushalte und die kommunale Wohnungswirtschaft.

Auch Anpassungen an die Folgen des Klimawandels müssen mitgedacht werden, denn selbst wenn die EU (Klimaneutralität bis 2050) und Deutschland (Klimaneutralität bis 2045) ihren Ausstoß an Treibhausgasen reduzieren, dürfte es angesichts fehlender Anstrengungen in anderen Weltregionen aller Voraussicht nach zu einer weiteren Erderwärmung kommen. Dies kann zu einer Zunahme von Extremwetterereignissen (Starkregen, Stürme, Trockenperioden) auch in Sachsen führen (REKIS 2023). Hier ist insbesondere die Land- und Forstwirtschaft, aber auch der Städtebau gefordert.

Das Konzept der Kreislaufwirtschaft kann dazu beitragen, ressourcenschonender und umweltfreundlicher zu wirtschaften. Durch, unter anderem, die erneute Nutzung von Rohstoffen aus Abfällen oder vermehrte Reparatur von z.B. Elektrogeräten werden direkt Emissionen vermieden. Jedoch ist der absolute Beitrag, den die Kreislaufwirtschaft zur Vermeidung von Treibhausgasen beitragen kann, begrenzt (ein Potenzial

²² Vgl. Anlage 1 Windenergieflächenbedarfsgesetz (WindBG).

²³ In Sachsen soll dieses Ziel bereits bis zum Jahr 2027 erreicht werden, vgl. § 4a SächsLPIG.

von bis -32 Mio. t CO₂-Äquivalente im Jahr 2030). Energie und somit Emissionen werden durch das Recyclen eingespart, indem weniger Schritte notwendig sind, die recycelten Materialien wieder nutzbar zu machen, als nötig wäre um das Endprodukt aus Rohstoffen herzustellen. Erzeugt jedoch die Produktion keine Emissionen, so können durch Recycling auch keine Emissionen eingespart werden. Die fortschreitende Dekarbonisierung der Wirtschaft führt somit zwingend dazu, dass die Emissionsersparnisse, die durch die Kreislaufwirtschaft erzielt werden können abnehmen (Vogt ET AL. 2023). Da die Stärken der Kreislaufwirtschaft besonders in der Nachhaltigkeit liegen und nicht bei der Vermeidung von Treibhausgasen, wird hier nicht genauer auf sie eingegangen.

Alle angesprochenen Aspekte verlangen große Anpassungen und Investitionen von Unternehmen, Haushalten und dem Freistaat selbst. Diese müssen frühzeitig angegangen werden. Dies gilt sowohl für Klimaschutz- als auch für Klimaanpassungsmaßnahmen. Um das zu erreichen, brauchen alle Akteure Planungssicherheit, die nur durch eine frühzeitige Festlegung und die Beibehaltung der relevanten Rahmenbedingungen erreicht wird. Dieser Punkt wurde auch wiederholt in den Stakeholder-Interviews von den Unternehmen angesprochen und sollte bei jeglichen Maßnahmen berücksichtigt werden. Nicht hilfreich ist es deshalb, wenn selbst auf Bundesebene geplante Maßnahmen immer wieder verwässert und gestreckt werden, da dies die Erwartung schüren kann, notwendige Anpassungen noch vermeiden zu können.

Nicht zuletzt erfordern die vielschichtigen Maßnahmen und Ziele im Klimaschutz auch in Sachsen selbst, dass die Prozesse beobachtet und evaluiert werden. Dafür müssen Daten beispielsweise zur Wirkung von Förderprogrammen und realisierten Investitionsprojekten im Freistaat noch besser verfügbar sein. Um politische Ziele, Maßnahmen und Erfordernisse mit objektiven Erkenntnissen zu unterlegen und entsprechend abzuleiten, wird ein indikatorengestützter Überblick zum Status Quo und zur Entwicklung der Dekarbonisierung benötigt. Erforderlich ist dies auch, um im Falle von Fehlentwicklungen rechtzeitig gegensteuern zu können, um die Einhaltung der gesteckten Ziele tatsächlich auch erreichen zu können.

5.2.1 Ausbau erneuerbarer Energien

Wie erwähnt, ist ein schneller Ausbau der erneuerbaren Energieerzeugung unabdingbar, um die gesetzten Klimaschutzziele einzuhalten und den steigenden Strombedarf zu decken. Diese Klimaschutzziele sind auch im Klimaschutzszenario dieser Studie hinterlegt: Angenommen wird, dass deutschlandweit die Erzeugung erneuerbarer Energien um 620 TWh bis zum Jahr 2040 ausgebaut wird. Für Sachsen wird ein Ausbau um 18 TWh bis 2040 angenommen. Um diese Annahmen zu erfüllen, muss der Ausbau zügig vorangetrieben werden.

Aufgrund der klimatischen und topographischen Gegebenheiten bedeutet dies für Sachsen hauptsächlich den Ausbau von Solar- und Windenergie. Auch wenn die Potentiale für die Windkraft (Küstenregionen) und Photovoltaik (Süddeutschland) anderswo höher sind, gibt es auch in Sachsen eine Reihe von Regionen, die eine hohe Energieausbeute versprechen. Bei der Windenergie finden sich diese insbesondere in Mittelsachsen sowie dem Erzgebirge; bei der Solarenergie sind alle Regionen Sachsens in ähnlicher Weise geeignet (SAENA 2023). Ende 2022 waren in Sachsen jedoch nur 880 Windkraftanlagen mit einem Leistungspotential von ca. 1,5 GW (Bruttoleistung) in Betrieb; gleichzeitig waren Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von maximal 3,3 GW (Bruttoleistung) installiert (BUNDESNETZAGENTUR Marktstammdatenregister). Die vorhandenen Potenziale können und müssen aber weiter erschlossen werden, um möglichst viel grüne Energie in Zukunft bereitstellen zu können. Dabei ist es unerheblich, ob der Ausbau durch die Stromerzeuger, die Wirtschaft, die öffentliche Hand oder durch private Haushalte realisiert wird. Im Erneuer-

erbare-Energien-Gesetz (EEG 2023) sind dabei für Deutschland insgesamt detaillierte Ausbaupfade festgeschrieben (§ 4 EEG 2023, BUNDESREGIERUNG 2023). Um die Rendite neu errichteter Anlagen zu gewährleisten, werden aus dem Klimaschutz- und Transformationsfonds feste Einspeisevergütungen gewährt.

Um den gewünschten Kapazitätsausbau tatsächlich erreichen zu können, ist der Abbau bestehender Hemmnisse für weitere Investitionen erforderlich. Die wichtigen Ansatzpunkte werden im Folgenden näher betrachtet.

Bürokratieabbau

Einer der wichtigsten Punkte ist der Abbau von Bürokratie bei der Genehmigung und dem Betrieb von Wind- und Solaranlagen. Zwar wurden durch die Bundesregierung festgelegt, dass erneuerbare Energien im überwiegenden öffentlichen Interesse liegen und der öffentlichen Sicherheit dienen, so dass deren Ausbau bei Abwägungsentscheidungen künftig Vorrang vor anderen Interessen hat. Dennoch kommt der Ausbau auch in Sachsen bisher nur schleppend voran. Neben Schwierigkeiten wie der Bereitstellung ausreichender Flächen für Windenergie- und Freiflächenphotovoltaikanlagen und dem zunehmenden Fachkräftemangel werden Investitionsvorhaben immer noch durch langwierige Genehmigungsverfahren in den zuständigen Ämtern verzögert (BWE 2021). Im Jahr 2022 wurden mehr Genehmigungsanträge für Windenergieanlagen abgelehnt als genehmigt (SMEKUL & SMR 2022). Antragssteller und Behörden befassen sich also vielfach mit Anträgen, die nicht zum Erfolg führen. Ein stärkerer Austausch zwischen Fachverbänden und Planungsbehörden, könnte hier zu einer höheren Erfolgsquote führen. Schwerer wiegt jedoch allgemein die sehr geringe Anzahl von Anträgen (es wurde über 22 Anträge entschieden). Insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen sowie private Haushalte, die gerade für den Ausbau von Dachflächenphotovoltaik bedeutsam sind, geben häufig an, dass hohe bürokratische Hürden sie von Investitionen abhalten.

Auch die Neuausweisung von Vorranggebieten für die Errichtung von Windkraftanlagen ist langwierig, auch weil es hierfür komplexer Prozesse der Regionalplanung durch die regionalen Planungsverbände bedarf. Sie allein sind für die Ausweisung von Flächen für die Nutzung von Windkraft-, aber auch Freiflächen-Photovoltaikanlagen zuständig. Die Prozesse in den Planungsverbänden zu verschlanken, wäre eine Möglichkeit, die gesteckten Ziele zu erreichen und den Zubau von großflächigen Anlagen zur Erzeugung regenerativer Energien in Sachsen zu beschleunigen. Darüber hinaus muss das notwendige Personal hierfür auch in den Planungs- und Genehmigungsbehörden verfügbar sein. Da Neueinstellungen angesichts voranschreitender Arbeitskräfteknappheiten immer schwieriger möglich sind, sollte hierzu verstärkt die Abordnung von Personal aus weniger dringlichen Aufgabenfeldern staatlichen Handelns genutzt werden. Eine dritte Möglichkeit ist es, die Entscheidungsbefugnisse der Kommunen über die Nutzung ihrer Flächen zu erweitern anstatt hierfür übergeordnete staatliche Ebenen zu bemühen. Dies würde dem Subsidiaritätsprinzip entsprechen und den Kommunen eigenständigeres Handeln erlauben. Eine stärkere finanzielle Partizipation der Kommunen an den Erträgen der Windanlagen würde einen zusätzlichen Anreiz für die Ausweisung von Flächen und die Beschleunigung der Verfahren schaffen (STIEWEET AL. 2023).

Als ebenfalls problematisch bei der Umsetzung des vom Bund vorgegebenen 2%-Ziels für die Ausweisung von Windkraftflächen könnte sich die 1 km-Abstandsregelung von Windrädern zu Siedlungen erweisen. Sie verringert die zur Verfügung stehende Fläche zusätzlich, würde bei Nichterreicherung des Ziels allerdings ohnehin außer Kraft treten (DEUTSCHER BUNDESTAG 20.07.2022; BUNDESREGIERUNG 2022).

Auch über die Ausweisung weiterer aktuell nicht für Windkraftanlagen vorgesehene Flächen sollte diskutiert werden. Eine Möglichkeit wäre es, in einem gewissen Umfang die Errichtung von (kleineren) Windkraftanlagen in Industrie- und Gewerbegebieten zu erlauben. Ebenso denkbar ist es, verstärkt Waldflächen zu nutzen, vor allem dort, wo aufgrund von Stürmen oder Borkenkäferbefall ohnehin größere Waldflächen vernichtet worden sind. Dabei sind jedoch auch die Folgen für die Umwelt vor Ort zu berücksichtigen, da in gewissem Umfang ein Trade-Off zwischen Klimaschutz und Arten- und Naturschutz besteht. Um Rechtsunsicherheiten zu vermeiden und Planungen zu beschleunigen, ist eine rasche Konkretisierung des Arten- und Naturschutzes vorzunehmen (STIEWE ET AL. 2023).

Zusätzlich zu den bereits genannten Punkten kann die Digitalisierung der Antragsstellung und Bearbeitung dabei helfen, die Bearbeitungszeit sowohl auf Seiten der Antragsteller als auch der Behörden zu verringern. Eine schnellere Bearbeitung spart zum einen Kosten ein und kann zum anderen zu einer schnelleren Inbetriebnahme der geplanten Anlagen führen.

Infrastrukturausbau

Die perspektivisch zunehmende Elektrifizierung der Wirtschaft, Wärmeerzeugung und der Mobilität in Sachsen erhöht auch die Anforderungen sowohl an die Verteil- als auch die Übertragungsnetze. Auf die Verteilnetze kommen durch die zunehmende Dezentralisierung der Stromerzeugung in Zukunft stark erhöhte Lasten zu. Das Verteilnetz muss zukünftig darauf ausgerichtet werden, mit temporären Überlastungen beispielsweise durch vermehrte Einspeisungen regenerativ erzeugten Stroms stabil umgehen zu können. Der dezentral erzeugte Strom muss bei regionalen Erzeugungsüberschüssen auch abtransportiert werden können, um Überspannungsstörungen zu vermeiden (DENA 2023). Es gilt also, parallel zum Ausbau der erneuerbaren Energien auch hinreichend viele Netzkapazitäten aufzubauen. Auch die überregionalen Übertragungsnetze müssen für eine bessere Allokation der Energie auf größere Entfernungen angepasst werden, um so Stromlieferungen aus dem windreichen Norden Deutschlands in die Wirtschaftszentren im Süden zu ermöglichen und die Versorgungssicherheit auch bei hoher Nachfrage (und witterungsbedingt geringer Erzeugung regenerativen Stroms) zu gewährleisten. Auch für den Fall eines Stromüberschusses in Sachsen wird das Übertragungsnetz benötigt, um Überlastungen der Netze hierzulande zu vermeiden. Der Freistaat kann seinen bundespolitischen Einfluss geltend machen, um eine schnellere Umsetzung der gesamtdeutschen Netzausbaupläne zu erreichen.

Zum Teil wird die Errichtung neuer Windkraftanlagen (sowie zusätzlicher Leitungen und Speicher) insbesondere im ländlichen Raum auch durch Vorbehalte der ansässigen Bevölkerung behindert. Hier bedarf es vor allem kommunikativer Maßnahmen. Um die Akzeptanz der Bevölkerung für den notwendigen Ausbau zu erhöhen, könnten darüber hinaus zum Beispiel auch Energiegenossenschaften noch stärker unterstützt werden. Zusätzlich könnte auch durch eine Umgestaltung der Netzentgelte eine stärkere Bereitschaft zur Errichtung neuer Anlagen erreicht werden, denn aktuell werden die Kosten des Aufbaus und der Nutzung des Stromnetzes nicht nach dem Ort des Verbrauchs, sondern dem Ort der Stromerzeugung festgelegt, so dass in dünnbesiedelten Regionen mit einem hohen Anteil regenerativer Energieerzeugung vergleichsweise hohe Netzentgelte anfallen. Davon sind auch die ländlichen Regionen Sachsens betroffen. Eine Differenzierung der Netzentgelte nach Verbrauch könnte deshalb die Akzeptanz für den Netzausbau steigern (AGORA VERKEHRSWENDE ET AL. 2019). Sachsen als ländlich geprägtes Bundesland sollte sich im Bundesrat für Änderungen dieser Art stark machen.

Um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten, sind überdies Investitionen in Speichereinrichtungen erforderlich. Dies ergibt sich allein schon aus der Tatsache, dass erneuerbare Energien aufgrund von Witterungseinflüssen nicht immer im gleichen Umfang verfügbar sind (BUNDESNETZAGENTUR 2021). Für die Speicherung kommen – da Pumpspeicherwerke aus topographischen Gründen in Sachsen kaum gebaut werden können – Wasserstofftechnologien oder Batteriezelllösungen in Frage, die aber bislang technisch noch nicht so weit entwickelt sind, dass sie in der Breite und zu akzeptablen Kosten angewandt werden können. Eine stärkere Synchronisierung von Erzeugung und Verbrauch (sog. Demand Side Management), mit der auf schwankende Stromerzeugungsmengen reagiert werden kann, sollte deswegen beim erwarteten höheren Stromverbrauch etwa durch Wärmepumpen eine unterstützende Rolle einnehmen. Dies setzt allerdings entsprechende Anlagen (wie Zähler und computergestützte An- und Abschaltvorrichtungen) in den privaten Haushalten und den Unternehmen und eine entsprechende Differenzierung der Strompreise nach (regionalen und zeitlichen) Knappheiten voraus.

Förderung gezielt ausgestalten

Im Klimaschutzszenario werden Mehrinvestitionen in den Ausbau der Erneuerbaren von jährlich durchschnittlich knapp 14 Mrd. Euro bis 2040 angenommen. Um dies zu bewältigen und den Ausbau erneuerbarer Energien zu beschleunigen, ist auch über zusätzliche finanzielle Hilfen nachzudenken. Die notwendigen Mehrinvestitionen könnten vor allem für KMUs und Haushalte ein Problem darstellen. Zwar sind aus Sicht der Investoren im Regelfall Investitionszuschüsse attraktiver; aus Sicht des Fördermittelgebers sind jedoch (zinsvergünstigte) Kredite vorzuziehen, weil diese aufgrund der Rückflüsse eine mehrfache Förderung ermöglichen (revolvierende Fonds). Dabei ist es unter ökonomischen Gesichtspunkten irrelevant, welche Technologie gefördert wird. Die Förderung sollte sich ausschließlich an den zu erwartenden Stromerträgen je gefördertem Euro orientieren, um möglichst gesamtwirtschaftlich kosteneffizient zu sein. Wenig sinnvoll erscheint es, wenn der Staat auch die Technologie vorgeben wollte; schon, weil technologische Entwicklungen von staatlichen Behörden zumeist nur schlecht vorhergesehen werden können. Technologieoffenheit von Förderung ist deswegen aus ökonomischer Sicht angebracht.

Auch hierbei ist darauf zu achten, dass die bürokratischen Hürden so gering wie möglich gehalten werden, denn lange Wartezeiten erzeugen auch bei der Förderung von Projekten höhere Kosten und Planungsunsicherheit. Im ungünstigsten Fall wird die Förderung durch die Zielgruppen dadurch dann gar nicht erst in Anspruch genommen. Auch bestehende Förderprogramme für den Ausbau erneuerbarer Energien können dahingehend überprüft werden. Dabei ist eine Abstimmung mit bestehenden Bundesförderungen notwendig; der Freistaat sollte nur dann eingreifen, wenn offenkundige "Förderlücken" bestehen oder eine bundesstaatliche Förderung Spezifika Sachsens nur unzureichend berücksichtigt.

5.2.2 Bereitstellung von "grünem" Wasserstoff

Als klimaneutrale Alternative für die Nutzung von Erdgas als Energieträger wird aktuell vor allem „grüner“ Wasserstoff diskutiert. Darunter versteht man Wasserstoff, der durch Elektrolyse mit Strom aus erneuerbarer Energie hergestellt wird. Die Vorteile von Wasserstoff sind eine hohe Energiedichte und die Tatsache, dass er sich ähnlich wie Flüssiggas transportieren und lagern lässt. Die hohe Energiedichte ermöglicht die potenzielle Nutzung in industriellen Prozessen, in denen hohe Temperaturen notwendig sind, oder als Kraftstoff für Fahrzeuge aller Art (Schiffe, Flugzeuge etc.), die besonders lange Strecken zurücklegen müssen. Auch ist es denkbar, überschüssigen Strom, der in besonders sonne- bzw. windreichen Stunden nicht sofort verbraucht werden kann, in Form von Wasserstoff zu speichern (KRUSE & WEDEMEIER 2021).

Die möglichen Einsatzfelder für grünen Wasserstoff sind somit groß. Allerdings sind gängige Verfahren der Elektrolyse derzeit noch nicht effizient genug, um Wasserstoff auch im industriellen Maßstab kostengünstig zu erzeugen (BERTELSMANN STIFTUNG 2023b). Hier kann der Freistaat mit seinen Technischen Universitäten und den vielen Unternehmen im Maschinenbau und der Elektrotechnik ansetzen. Die Entwicklung effizienterer Elektrolyseure stellt deswegen eine enorme Chance für die sächsische Wirtschaft dar. Zusätzlich kann die Förderung der Grundlagenforschung an den hiesigen Universitäten zur Entwicklung neuer Technologien für die Erzeugung, aber auch die Rückumwandlung von Wasserstoff in Strom beitragen. Wichtig dabei ist eine bessere Vernetzung von Forschung und Wirtschaft, damit Sachsen seine Stärken in beiden Bereichen optimal nutzen kann.

Anders als in der technischen Entwicklung von Elektrolyseuren hat Sachsen allerdings keine besonderen Vorteile in der Produktion von grünem Wasserstoff selbst. Bei der Erzeugung der benötigten erneuerbaren Energien haben die nördlichen Bundesländer aufgrund ihrer Topographie bessere Voraussetzungen als der Freistaat. Darüber hinaus bedarf es für die Herstellung von Wasserstoff entsprechende Mengen an Wasser, die in Sachsen nicht zuletzt wegen ausbleibender Niederschläge aufgrund des Klimawandels nicht unbedingt zur Verfügung stehen. Es wird außerdem damit gerechnet, dass Deutschland künftig Wasserstoff aus Ländern mit noch günstigeren Bedingungen für die Herstellung erneuerbarer Energien importieren wird (zum Beispiel aus den europäischen und nordafrikanischen Mittelmeeranrainerstaaten). Hier ist derzeit (neben der Verfügbarkeit von Wasser, solange Meerwasser wegen seines Salzgehalts für die Elektrolyse nicht genutzt werden kann) vor allem das Transportproblem (Pipelines oder Tankschiffe) ungelöst. Es ist deswegen weder notwendig oder noch ratsam, dass Sachsen sämtliche Teile der Wasserstoff-Wertschöpfungskette im Lande ansiedelt. Der Fokus sollte auf die relativen Stärken Sachsens gelegt werden, wie der (anwendungsorientierten) Forschung und den bereits genannten Branchen Maschinenbau und Elektrotechnik.

Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur als Herausforderung

Ein nicht unerhebliches Problem stellt die Bereitstellung der notwendigen Infrastruktur für eine wasserstoffbasierte Wirtschaft dar. Auch wenn es technisch möglich zu sein scheint, die bestehende Pipeline-Infrastruktur für Erdgas nach Ertüchtigung auch für Wasserstoff zu verwenden, sind damit erhebliche Kosten verbunden. Zudem ist der Zeitaufwand für die Umstellung zu berücksichtigen (BERTELSMANN STIFTUNG 2023b).

Die naheliegende Möglichkeit, dem Erdgas in zunehmendem Maße Wasserstoff beizumischen, scheidet aus, solange nicht alle Abnehmer mit diesem Mix auch arbeiten können. Bei Gasheizungen für private Verbraucherinnen und Verbraucher ist dies auf absehbare Zeit faktisch unmöglich. Man wird daher nur nach und nach einzelne Nutzer und diese dann vollständig auf eine Wasserstoffversorgung umstellen können. Dies betrifft dann am ehesten industrielle Großverbraucher, da nur in diesem Fall die notwendigen Umbauten am Netzsystem (Trennung vom regulären Erdgasnetz) auch rentabel umsetzbar sind. Deswegen sollten bei der Versorgung mit Wasserstoff vor allem die Teile der Industrie priorisiert werden, die hohe Prozesswärme in ihren Produktionsprozessen oder Wasserstoff selbst als Rohstoff benötigen. Die klassischen Beispiele sind hier die Stahl- und Chemieindustrie. Die Metallerzeugung in Sachsen ist allerdings auf die Wiederverwendung von Stahlschrott konzentriert, was auch bei niedrigeren Temperaturen funktioniert (die durch Nutzung von Strom erreicht werden können); die Hochöfen, die extreme Temperaturen für die Herstellung des Stahls aus Eisenerz benötigen, stehen in anderen Regionen Deutschlands. Somit besteht bei der lokalen Metallerzeugung kein gesteigerter Bedarf an Wasserstoff. Einzig die Chemieindustrie dürfte in Sachsen zwingend auf Wasserstoff angewiesen sein. Diese konzentriert sich auf nur zwei Standorte (Böhlen und Nünchritz), so dass hier eine Versorgung prioritär erscheint.

Die beschriebenen Hürden bei der Erzeugung und Versorgung machen es insoweit schwierig, Wasserstoff in kurzer Zeit flächendeckend verfügbar zu machen. Ein schnellerer Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur könnte allerdings dazu beitragen, einen zusätzlichen Standortvorteil für Sachsen zu schaffen, was dann zu einer Neuansiedlung von Firmen führen könnte, die auf eine Wasserstoffversorgung angewiesen sind. Wie groß jedoch das Potenzial ist, Unternehmen aus den angesprochenen Branchen für Sachsen zu gewinnen kann, ist aus heutiger Sicht nicht einzuschätzen, auch weil andere Bundesländer ebenfalls auf einen beschleunigten Ausbau von Wasserstoffinfrastrukturen setzen.

5.2.3 Einsparungen auf der Energienachfrageseite

Um die gesteckten Klimaschutzziele zu erreichen, darf man nicht nur die Angebotsseite der erneuerbaren Energien betrachten. Auch die Energienachfrageseite muss in den Blick genommen werden. Sachsen muss nach dem derzeit in der parlamentarischen Beratung befindlichen Energieeffizienzgesetz zwischen 2024 und 2030 jährlich 0,205 TWh einsparen.²⁴ Dabei ist es unerheblich, ob diese Einsparungen in der Wirtschaft, dem öffentlichen Sektor, den privaten Haushalten oder dem Verkehr erzielt werden. Aus ökonomischer Sicht sollten Einsparungen immer dort stattfinden, wo diese am günstigsten zu realisieren sind; sinnvollstes Instrument, dies zu erreichen, ist der Preismechanismus (also die Verteuerung von Strom), nicht aber staatliche Vorgaben.

Allerdings wird, wie bereits mehrfach angesprochen, die notwendige Elektrifizierung aller Lebensbereiche einen starken Anstieg der Stromnachfrage zur Folge haben. Effizienzsteigerungen, unabhängig in welchen Sektoren sie erzielt werden, können dazu beitragen diesen Anstieg zu verringern, dürfen aber nicht dazu führen, dass andere Ziele der Wirtschaftspolitik vernachlässigt werden.

Einsparungen in der Wirtschaft

Die Wirtschaft verbrauchte 2020 in Sachsen einen Anteil von knapp 44% (Industrie 27%; Gewerbe, Handel und Dienstleistungen 17%) des gesamten Energieverbrauchs (STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN 2023). Wie in Kapitel 3.1.1 dargelegt, sind die typischerweise besonders energieintensiven Branchen (z.B. Chemie- und Metallindustrie) in der sächsischen Wirtschaft nicht übermäßig stark vertreten. Aus diesem Grund ist die Energieintensität der sächsischen Wirtschaft im bundesdeutschen Vergleich eher gering (vgl. Kapitel 3.1.1). Auch wenn dies eine Stärke der sächsischen Wirtschaft in Bezug auf den absoluten Energieverbrauch darstellt, macht dies es umso schwieriger, die Einsparungen des geplanten Energieeffizienzgesetzes zu erreichen.

Rahmenbedingungen

In den Interviews und den Workshops wurde deutlich, dass die befragten Unternehmen viele der nötigen Investitionen zur Einsparung von CO₂ als Teil ihres „natürlichen Investitionszyklus“ bereits eingeplant haben. Um die notwendigen Investitionen mit möglichst geringem Risiko durchführen zu können, benötigen sie aber Sicherheit in Bezug auf die rechtlichen Vorgaben. Eine frühzeitige Festlegung und Beibehaltung von Standards war eines der wichtigsten Anliegen der befragten Unternehmen.

Ebenfalls angesprochen wurden von den Unternehmen die bürokratischen Hürden sowohl bei der Genehmigung und Abnahme neuer Anlagen als auch bei der Beantragung von Fördermitteln. Im ungünstigsten Fall führen diese Hürden dazu, dass Investitionen gar nicht erst getätigt werden. Komplexitätsreduzierung,

²⁴ Vgl. Anlage 1 EnEfG (Beschluss des Bundeskabinetts; BT -Drs. 20/6872)

eine schnellere Bearbeitung und die Digitalisierung der Anträge können dabei helfen, den Prozess für die Unternehmen weniger zeitintensiv und somit günstiger zu machen.

Entwicklung neuer Technologien

Um die Energieeffizienz der Wirtschaft zu steigern, ist die Entwicklung neuer energiesparender Technologien notwendig. Auch hierfür werden steigende Energiepreise den Anreiz setzen, so dass weitergehende politische Maßnahmen nicht zwangsläufig erforderlich sein müssen. Dies gilt aber nur für die angewandte Forschung. Im Bereich der Grundlagenforschung an den Hochschulen des Freistaats ist hingegen eine auskömmliche Finanzausstattung erforderlich; auch kann eine Lenkung der Forschung durch Zielvereinbarungen mit dem Freistaat und die Einrichtung spezialisierter Lehrstühle hierbei helfen. Um die bereits angesprochene Verknüpfung von Wissenschaft und Wirtschaft voranzutreiben, stellt auch die Förderung von Verbundprojekten eine Möglichkeit dar.

Die Automatisierung von Prozessen jeglicher Art bietet dabei gleich eine doppelte Chance für Sachsen. Zum einen beschleunigt sie Prozesse und macht sie somit effizienter. Zum anderen benötigen automatisierte Prozesse weniger menschlichen Input. In einer stark alternden Gesellschaft, in der schon heute der Fachkräftemangel spürbar ist, bietet die Automatisierung die Chance diesem entgegenzuwirken. Allerdings wird dies gleichzeitig auch den Energiebedarf erhöhen, so dass hier erst recht auf Energieeffizienzmaßnahmen zu achten sein wird.

Investitionen in neue Technologien

Die alleinige Entwicklung neuer Technologien verringert jedoch die tatsächlich ausgestoßene Menge von CO₂ nicht. Die Technologien müssen von Unternehmen angenommen und verwendet werden. Auch wenn der Preismechanismus hierfür einen Anreiz setzt, ist die Kleinteiligkeit der sächsischen Wirtschaft diesbezüglich ein Nachteil, da KMU häufig finanzseitig restringiert sind. Die Kleinteiligkeit kann jedoch im Bereich der Adaption von neuen Technologien auch ein Vorteil sein. Kleinere Unternehmen sind oft flexibler und können somit schneller auf eine Veränderung von Rahmenbedingungen reagieren.

Aus Sicht der Auftragnehmer sollte der Freistaat die Unternehmen bei der Umstellung auf weniger energieintensive Technologien fördern, um den Nachteilen der kleinteiligen Struktur der sächsischen Wirtschaft entgegenzuwirken. Bei der Gestaltung der Fördermaßnahmen muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Adressaten oft nicht die Kapazitäten haben, komplizierte Förderanträge und -verfahren zu durchlaufen. Die Förderungen sollten möglichst unkompliziert zur Verfügung gestellt werden, damit sie in möglichst großem Ausmaß in Anspruch genommen werden.

Unternehmen, die oberhalb der KMU-Schwelle liegen (mehr als 250 Beschäftigte) sind von einem Großteil der bereits bestehenden Förderungen ausgeschlossen oder erhalten nur unter weniger attraktiven Rahmenbedingungen Förderung. Grund dafür ist das europäische Beihilferecht. Zu erwägen ist deshalb, dass der Freistaat seinen bundespolitischen Einfluss geltend macht, um eine Lockerung der von der EU beschlossenen Schwellenwerte für die Förderung von klimafreundlichen Investitionen zu erreichen (EICHLER ET AL. 2023).

Ein Mechanismus, der die Unternehmen von selbst zu Investitionen motivieren soll, ist der CO₂-Preis. Derzeit ist der CO₂-Preis noch zu niedrig, um Investitionen in neue Technologien anzustoßen. Im Klimaschutzszenario wird ein moderater Anstieg des CO₂-Preis pro Tonne bis 2040 angenommen, um genügend Anreiz für die notwendigen Investitionen zu bieten. In der Realität reduziert die Unsicherheit über die weitere Entwicklung des CO₂-Preises und seine Volatilität jedoch die Planunsicherheit für Investoren.

Investitionen zur Reduzierung des CO₂-Ausstoß sind somit mit dem Risiko behaftet, sich finanziell nicht auszuzahlen. Eine Möglichkeit, dieses Risiko zu senken, sind die vom Bund geförderten „Carbon Contracts for Differences“ (CCfDs). Hierbei handelt es sich um Verträge, die zwischen dem Staat und den Unternehmen geschlossen werden und die eine Erstattung der Mehrkosten für klimafreundliche, derzeit aber noch nicht rentable Investitionen beinhalten. In diesem Fall wird die Differenz zwischen Vertrags- und CO₂-Zertifikatspreis vom Staat an das Unternehmen erstattet. Das kommt einer Prämienzahlung für jede vermiedene Einheit CO₂ gleich. Durch den vertraglich festgesetzten Preis sichert der Staat die Unternehmen gegen niedrige EHS-Preise ab. Das reduziert das Risiko der Investitionen in klimafreundliche Technologien (LEIPPRAND ET AL. 2020).

Einsparungen in den privaten Haushalten

Die sächsischen Haushalte trugen in 2020 knapp 29% zum gesamten Energieverbrauch im Freistaat bei (STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN 2023) und somit auch zu einem erheblichen Anteil zu den CO₂-Emissionen. Auch in diesem Sektor müssen Einsparungen stattfinden. Um die CO₂-Neutralität zu erreichen, müssen auch in diesem Sektor massive Umstellungen stattfinden, insbesondere durch Wechsel zu Heizanlagen, die mit (erneuerbarem Strom) betrieben werden. Wie die Analysen in Kapitel 3.1.4 gezeigt haben, hat Sachsen bei Mehrfamilienhäusern einen gewissen "Sanierungsvorsprung". Dieser wird aber zunehmend geringer werden, zumal in einer alternden Bevölkerung nur wenig Anreiz besteht, in die Energieeffizienz des Wohnungsbestandes zu investieren. Vermögensverluste werden die Folge sein, die aber im Zweifel erst die Erben betreffen.

Eine besondere Stärke Sachsens ist das weit ausgebaute Fernwärmenetz. Fernwärme ist energieeffizienter als dezentrale Heizungsanlagen, da sie in der Regel durch Auskopplung von Abwärme aus industriellen Anlagen produziert wird. Falls diese Anlagen absehbar nicht mehr in Betrieb bleiben – wie etwa bei den Braunkohlkraftwerken – sind frühzeitig Konzepte für die Umstellung auf treibhausgasneutrale Wärmeproduktion zu entwickeln (vgl. PFLÜGER ET AL. 2023). Das Fernwärmenetz weiter auszubauen und mehr Haushalten den Anschluss zu ermöglichen, kann somit zur Effizienzsteigerung im Heizsektor beitragen. Der Ausbau von Fernwärmeinfrastruktur ist jedoch ein langwieriger und kostspieliger Prozess. Um rechtzeitig genug Haushalten einen Anschluss zu ermöglichen, sollte die Planung des Netzausbaus schnellstmöglich beginnen. Weiterhin zu beachten ist die lokale Monopolstellung der Netzbetreiber. Sind die Verbraucherinnen und Verbraucher erst einmal an das Fernwärmenetz angeschlossen, können sie den Anbieter nicht mehr wechseln. Hier muss sichergestellt werden, dass keine Monopolpreise von den Verbraucherinnen und Verbrauchern verlangt werden. Hierfür ist jedoch eine bundespolitische Regelung und eine strenge Kontrolle beispielsweise durch die Bundesnetzagentur erforderlich.

Haushalte, die nicht an das Fernwärmenetz angeschlossen werden können, müssen auf andere Technologien umstellen. Wärmepumpen gelten dabei aktuell als die sinnvollste Alternative. Sie können sowohl für die Erwärmung von Gebäuden als auch für die Trinkwassererwärmung eingesetzt werden. Dadurch, dass sie elektrisch betrieben werden, ist keine verlustreiche Umwandlung von Strom in z.B. Wasserstoff notwendig. Ein weiterer Vorteil ist, dass auch Bestandsgebäude gut auf das Heizen mit Wärmepumpen umgerüstet werden können (GÜNTHER ET AL. 2020). Somit eignet sich die Technologie nicht nur für Neubauten, die nur einen kleinen Anteil aller Gebäude ausmachen, sondern können flächendeckend zum Einsatz kommen. Allerdings wird man hier häufig auch in Maßnahmen zur energetischen Gebäudesanierung (z.B. Dämmung; Austausch von Fenstern u.ä.) investieren müssen, was viele private Haushalte über-

fordern könnte. Die Bundesregierung hat deswegen auch in diesem Bereich entsprechende Förderprogramme angekündigt. Allerdings bleibt offen, wie stark diese - insbesondere von älteren Menschen - tatsächlich in Anspruch genommen werden.

Anpassungen im Verkehr

Der Umstieg auf Elektromobilität im Individual- und Güterverkehr ist zwingend nötig, um die bundesweiten Klimaschutzziele zu erreichen. Wie in Kapitel 3.1.5 dargelegt, geht dieser Umstieg jedoch nur schleppend voran. Der hohe Preis für Elektroautos ist noch immer das größte Hemmnis beim Kauf eines Elektroautos (ACATECH 2023); dieser dürfte aber in Zukunft wegen des technologischen Fortschritts und der Ausweitung des importierten Angebots (insbesondere aus China) sinken. Mehr neu zugelassene Elektroautos führen mit der Zeit auch dazu, dass der Gebrauchtwagenmarkt für diese Fahrzeuge an Volumen gewinnt und somit E-Autos für noch mehr Personen erschwinglich werden. Zum einen könnten sich somit noch mehr Menschen ein Elektroauto leisten. Zum anderen berücksichtigen viele Neuwagenkäufer den Wiederverkaufswert eines Autos beim Kauf. Eine gesteigerte Nachfrage wird zudem dabei helfen Produktionskapazitäten zu vergrößern, was durch Skalenerträge zu einer günstigeren Produktion und damit zur Senkung der Preise führen kann.

Die nicht flächendeckend vorhandene Ladeinfrastruktur ist ein weiterer Grund, warum die Konsumenten noch nicht auf E-Autos umsteigen (ACATECH 2023). Der Ausbau einer leistungsfähigen öffentlichen Ladeinfrastruktur muss deswegen deutlich beschleunigt werden, um die Nutzung von E-Autos attraktiver zu machen.

Auch die Reichweite der E-Autos wird oft bemängelt (ACATECH 2023). Hier müssen technische Fortschritte gemacht werden, um die Reichweite zu erhöhen. Kooperationen zwischen den in Sachsen ansässigen Autobauern und den Forschungseinrichtungen können zu einer Weiterentwicklung der Technik beitragen.

Um tatsächlich Energie zu sparen und nicht nur von fossilen Kraftstoffen auf Erneuerbare umzusteigen, muss jedoch der Umfang des Individualverkehrs sinken. Maßnahmen hierfür bieten sich vorrangig in Städten und dichter besiedelten Regionen an. Dort sind die Entfernungen gering und das Personenaufkommen groß genug, um flächendeckende Alternativen anbieten zu können. In Städten und dichter besiedelten Regionen ist dies vor allem der Ausbau des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV). Eine bessere Verfügbarkeit des ÖPNV kann, gerade in Kombination mit preisgünstigen Nahverkehrstarifen (z.B. Deutschlandticket), dazu beitragen, dass Menschen vom Auto auf die öffentlichen Verkehrsmittel umsteigen. Aber es sind nicht nur positive Anreize, mit denen das Mobilitätsverhalten beeinflusst werden kann. Denkbar wäre auch eine Citymaut für Autos, wie sie in London, Rom, Bologna und Bergen erhoben wird, ebenso wie eine von der Infrastrukturauslastung abhängige Maut für Fernverkehrsstraßen. Auch wenn dies bislang gesetzlich nicht geregelt ist, könnten entsprechende Maßnahmen dazu führen, die Verkehrsströme besonders zu Stoßzeiten auf andere Verkehrsmittel umzuleiten. Zudem kann eine solche Maut ein Einnahmen für die Kommune bzw. den Eigentümer der Straßen generieren, die für Infrastrukturprojekte oder den weiteren Ausbau des ÖPNV genutzt werden kann. Ebenfalls denkbar wäre eine Ermäßigung für Fahrgemeinschaften bzw. Autos, in denen mehrere Personen sitzen.

Städtebauliche Maßnahmen wie der Ausbau von Fahrradwegen sind ebenfalls Optionen, um Alternativen zum Auto attraktiver zu machen. Wenn der Zeitgewinn durch die Nutzung des Autos sinkt, werden Alternativen attraktiver. Ein einheitliches niedrigeres Tempolimit auf den Land- und Bundesstraßen würde helfen, den Energieverbrauch zu senken. Auch wenn bundesseitig wenig Ambitionen hierfür erkennbar sind,

könnte der Freistaat auf den landes- und sogar den bundeseigenen Straßen in Sachsen selber problemlos entsprechende Geschwindigkeitsbeschränkungen verfügen.

Neben dem Personenverkehr, muss auch der Güterverkehr emissionsfrei werden. Die Verlagerung des Transports von der Straße auf die Schiene ist dabei eine naheliegende Lösung. Investitionen in das Schienennetz sind notwendig, um diese Verlagerung möglich zu machen. Auch eine bessere verkehrsübergreifende Kooperation kann dabei helfen, den Güterverkehr hinsichtlich der Emissionen effizienter zu gestalten. Die Schiene wird jedoch nie die Flexibilität des LKW ersetzen können. Deshalb müssen auch für Lkw klimaneutrale Antriebe gefunden werden. Auch hier ist die Elektrifizierung der Fahrzeuge die aktuell vielversprechendste Alternative. Aufgrund ihrer Größe können in LKW größere Akkumulatoren verbaut werden und somit eine höhere Reichweite als bei PKWs erreicht werden. Für besonders lange Strecken oder Strecken mit schlechter Ladeinfrastruktur stellt der Betrieb mit Wasserstoff eine Alternative dar. Auch hier sind jedoch vorab noch eine Reihe von technologischen Problemen zu klären, die eine Nutzung alternativer Antriebsarten bisher verhindern.

5.2.4 Industriepolitische Interventionen

Die großen und notwendigen Veränderungen hin zu einer emissionsfreien Wirtschaft werden sich unterschiedlich auf die verschiedenen Branchen auswirken. Wie immer in Zeiten grundlegender Umstrukturierungen wird es Unternehmen und Branchen geben, die mit angepassten oder neuen Geschäftsmodellen als Gewinner aus diesem Prozess hervorgehen, während andere nicht mehr profitabel sein werden. So ein Prozess der „kreativen Zerstörung“ findet beständig statt, beschleunigt sich aber in Zeiten schneller Transformation und wird damit in besonderer Weise sichtbar. Politische Eingriffe in diesen Prozess sind schwierig, da im Voraus kaum vorherzusagen ist, welche Branchen an welchen Orten zu den Gewinnern zählen werden und welche zu den Verlierern. Ein Eingriff birgt somit immer die Gefahr auf „das falsche Pferd zu setzen“; zudem wohnt der Politik die Neigung inne, mögliche negative Anpassungsprozesse im Interesse eines Schutzes der Betroffenen zu verzögern und damit die notwendige Reallokation von Produktionsfaktoren zu bremsen. Im Regelfall sind derartige Erhaltungssubventionen aber nicht geeignet, einen Zusammenbruch nicht länger wettbewerbsfähiger Strukturen zu verhindern und verursachen letzten Endes weitaus größere (soziale und fiskalische) Kosten, als wenn rechtzeitig auf eine Anpassung gesetzt worden wäre.

Die Politik sollte deswegen zwar die sozialen Kosten des Strukturwandels abfedern, ansonsten aber primär versuchen die Anpassungsfähigkeit und -bereitschaft der Betroffenen zu stärken. Unternehmen oder gar ganze Branchen, die den Umbau zu einer klimaneutralen Produktionsweise aus eigener Kraft nicht schaffen, sollte man nicht künstlich am Leben zu erhalten versuchen. Besser ist es, Unternehmen oder Branchen, die positive Zukunftsaussichten haben, darin zu unterstützen werden, klimaneutral zu agieren. Wo dies nicht geht, muss man die Schließung von Unternehmen in Kauf nehmen. Ansonsten würden lediglich finanzielle Mittel und Arbeitskräfte gebunden, die anderswo produktiver (und ressourcenschonender) eingesetzt werden könnten.

Wichtiger erscheint deshalb die Förderung von zukunftssicheren Geschäftsmodellen. Die höheren Ambitionen und die gesteigerte Verbindlichkeit der nationalen und EU-weiten Klimaschutzpolitik sowie die deutlichen Energiepreisstigerungen erhöhen schon jetzt die Marktchancen für grüne Technologien. Diese Dynamik wird sich in Zukunft noch weiter verstärken. In Sachsen gibt es mehrere Branchen, die von diesem Prozess profitieren können und so weiterhin bestehen oder sogar expandieren können. Die Modell-

ergebnisse aus Kapitel 4.3 zeigen, dass die dort identifizierten Fokusbranchen in Sachsen zu den Profiteuren gehören. Im Vergleich zum Basisszenario steigt in allen Fokusbranchen der Produktionswert im Zielszenario an, und zwar stärker als deutschlandweit. Das ist eine Stärke, auf die sich Sachsen fokussieren sollte. Unternehmen dieser Branchen tragen direkt zur Umstellung der Wirtschaft bei, müssen jedoch gleichzeitig selbst Umstellungen in der eigenen Produktion umsetzen. Sie sind somit gleichzeitig Objekt und Subjekt der Transformation. Unternehmen aus der in Kapitel 3.1.6 beschriebenen Klimaschutzwirtschaft wie z.B. Hersteller von PV-Anlagen, Unternehmen der Wasserstoffwirtschaft, innovative Maschinenbauer oder für Unternehmen, die zur Digitalisierung beitragen, bei der Erfüllung dieser Doppelrolle zu unterstützen, kann dazu beitragen die Transformation für Sachsen erfolgreich zu gestalten.

Zu einer breit aufgestellten Wirtschaft gehören nicht nur die Unternehmen, sondern auch die Arbeitskräfte. Arbeitskräfte, die gefährdet sind, durch den Wandel arbeitslos zu werden und/o der deren Fähigkeiten weniger nachgefragt werden, sollten schon heute durch Weiterbildungen auf die veränderten Bedingungen vorbereitet werden. Die Modellergebnisse zeigen, dass alle Fokusbranchen mit Ausnahme des Fahrzeugbaus im Zielszenario mehr Arbeitskräfte benötigen. Der demografische Wandel und der Fachkräftemangel erlauben es Sachsen nicht, das noch vorhandene Arbeitskräftepotenzial ungenutzt zu lassen. Die Förderung von Weiterbildungen und Umschulungen kann dazu beitragen, das Arbeitskräftepotenzial in Zukunft bestmöglich auszuschöpfen. Investition in Bildung kann zudem dazu beitragen, dass sich Unternehmen in Sachsen ansiedeln. Gerade innovative Unternehmen sind auf gut ausgebildete Arbeitskräfte angewiesen. Eine gute schulische und universitäre Ausbildung kann ein Standortvorteil für Sachsen darstellen.

5.2.5 Anpassungen an den Klimawandel

Selbst wenn die europäischen Klimaziele von allen Mitgliedsstaaten erreicht werden und die Umstellung auf eine emissionslose Wirtschaft bis 2045 gelingt, ist der globale Klimawandel damit noch nicht abgewendet. Große Teile der Welt wollen oder können Klimaschutz im notwendigen Umfang nicht betreiben. Somit besteht das Risiko der Folgen des Klimawandels unabhängig davon, ob Deutschland oder gar Sachsen seine Ziele erreicht. Anpassungen an den Klimawandel dürfen deshalb nicht vernachlässigt werden.

Der Klimawandel führt zu mehr Extremwetterlagen. Dazu gehören auch lange Hitzewellen mit ungewöhnlich hohen Temperaturen. Temperaturanstiege sind kaum noch zu verhindern. Die Höhe der Anstiege hängt jedoch von den unternommenen Anstrengungen ab. Je nach Szenario beträgt der Temperaturanstieg in Sachsen im Mittel zwischen 1,3°C und 1,9°C in den Jahren 2036 bis 2065 verglichen mit dem Zeitraum 1971 bis 2000 (PFEIFER ET AL. 2020). Diese Erhöhung der mittleren Temperatur hat extreme Auswirkungen auch auf die Umwelt. Besonders Städte heizen sich im Sommer stark auf. Städtebauliche Maßnahmen wie die Schaffung neuer Grünflächen, die Begrünung von Dächern oder Fassaden können helfen, die Temperaturen zu senken (HOELSCHER ET AL. 2016). Der Schutz der bereits bestehenden Vegetation in Städten muss gewährleistet werden. Auch das Freihalten von Frischluftschneisen, die kühlere Luft aus dem Umland in die Stadt leiten, kann dazu beitragen, die Temperaturen in den Innenstädten zu senken. Es ist zudem davon auszugehen, dass die Anpassung vieler privater Haushalte in der Anschaffung von Klimaanlage bestehen wird. Das würde nicht nur den Stromverbrauch zusätzlich in die Höhe treiben, sondern lokal auch zu einer weiteren Aufheizung der Umgebungsluft beitragen. Energiesparende Alternativen sind passive Kühlmethoden wie Roll- und Fensterläden oder die Isolation der Gebäude (SAMUEL ET AL. 2013). Diese passiven Kühlmethoden sollten, wo immer es geht, eingesetzt werden, um eine möglichst energiearme Reduzierung der Temperaturen sowohl in als auch außerhalb von Gebäuden zu erzielen.

Die bereits erwähnten Maßnahmen zur Begrünung helfen zudem dabei, große Regenmengen in kurzer Zeit besser aufzunehmen. Ein geringerer Anteil versiegelter Flächen kann so auch zu einer Stabilisierung des Grundwasserspiegels beitragen. Tage mit besonders starken Regenfällen häufen sich durch den Klimawandel (PFEIFER ET AL. 2020). Der Hochwasserschutz in Form von Dämmen oder Schwemmland muss aufgrund der zu befürchtenden Zunahme verstärkt werden. Eine Einschränkung der Bebauung in überschwemmungsgefährdeten Gebieten führt im Falle eines Hochwassers zu geringeren Schäden. Eine Pflichtversicherung für Elementarschäden, deren Beiträge sich am örtlichen Risiko orientieren, kann Anreize schaffen, besonders gefährdete Gebiete für Neubauten unattraktiv zu machen (FUEST & THUM 2021).

Die Landwirtschaft ist die Branche, die von den lokalen Klimawandelfolgen vermutlich am stärksten betroffen sein wird. Die bereits beschriebenen Phänomene haben alle großen Einfluss auf die landwirtschaftliche Produktivität. Der zunehmenden Hitze und den unregelmäßigeren Niederschlägen kann durch die Umstellung auf angepasste Pflanzensorten begegnet werden. Genetisch verändertes Saatgut könnte dabei helfen. Aufgrund des unregelmäßigeren Niederschlags muss zukünftig vermutlich vermehrt auch mit künstlicher Bewässerung gearbeitet werden. Dabei sollten möglichst wassersparende Bewässerungstechniken wie die Tröpfchenbewässerung genutzt werden. Durch die zusätzliche Schaffung von Wasserspeichern kann zudem der steigenden Unregelmäßigkeit und erhöhten Intensität von Niederschlägen entgegengewirkt werden. Im Hinblick auf den steigenden Hitzestress bei der Nutztierhaltung können bauliche und technische Maßnahmen getroffen werden, die Schatten schaffen und die Belüftung der Ställe verbessern.

Im Ganzen konzentriert sich die öffentliche Diskussion derzeit sehr stark auf Maßnahmen zur Vermeidung des Klimawandels, nicht darauf, wie mit den Folgen umzugehen ist. Hier ist ein Perspektivenwechsel anzumahnen; beide Aspekte sind von gleicher Bedeutung. Die für die Anpassung erforderlichen Investitionen sind daher zusätzlich zu stemmen. Solange die Fiskalregeln des Bundes (und des Landes) eine Verschuldung nicht zulassen, sind hierfür also durch Umschichtungen in den öffentlichen Haushalten die notwendigen Mittel bereitzustellen. Schon dies allein wird erhebliche öffentliche Widerstände auslösen, die aber im Interesse einer nachhaltigen Entwicklung unbedingt zu klären sind.

6 Fazit

Die Analyse der gesamtwirtschaftlichen Wirkungen von Klimaschutzmaßnahmen, der Energiewende und der Energiesystemtransformation sind auf nationaler und EU-Ebene vielfach untersucht worden. Viele Studien kommen zu dem Ergebnis, dass sich durch die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen in Zukunft eher positive Wirkungen auf das Bruttoinlandsprodukt ergeben. Jedoch zeigt sich, dass je nach Abgrenzung und Ausrichtung der bisherigen Studie und abhängig von Art der untersuchten Maßnahme unterschiedliche Auswirkungen auf die Gesamtwirtschaft zu erwarten sind.

Die Chancen von Klimaschutzmaßnahmen liegen vor allem darin begründet, dass über den Umbau des Energiesystems in Zukunft die Abhängigkeiten von den Importen fossiler Brenn- und Kraftstoffe reduziert werden. Zudem benötigt die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen und der damit verbundene Umbau des Energiesystems Investitionen, welche für Unternehmen in den damit verbundenen Geschäftsfeldern wiederum eine Umsatzsteigerung ermöglichen. Zu diesen Geschäftsfeldern gehören unter anderem Bauleistungen, industrielle Güter und Planungsdienstleistungen. Es gibt jedoch auch wirtschaftliche Risiken. Die Wirtschaft ist darauf angewiesen, dass eine Steigerung der Produktionskosten im Rahmen bleibt, damit die (internationale) Wettbewerbsfähigkeit nicht gefährdet wird. Die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen und der Umbau des Energiesystems birgt jedoch das Risiko von Kostensteigerungen.

Dateiaufbereitung und modellgestützte Szenarioanalyse

Die vorliegende Studie analysiert explizit für Sachsen, wo mögliche Chancen und Risiken von Klimaschutzmaßnahmen liegen. Dazu fand in einem ersten Schritt eine detaillierte Datenanalyse der fünf Klimaschutzhandlungsfelder Industrie, Energiewirtschaft, Gebäude, Land- und Forstwirtschaft und Verkehr statt. Da der Schwerpunkt der Wertschöpfung der sächsischen Industrie nicht auf energieintensiven Branchen liegt, hat Sachsen eine gute Ausgangssituation. Mit Blick auf die Energiewirtschaft steht Sachsen auf Grund des gesetzlich festgelegten Braunkohleausstiegs bis zum Jahr 2038 ein deutlicher Bedeutungsverlust bei der deutschlandweiten Stromproduktion bevor. Dem kann Sachsen nur durch einen deutlich stärkeren Ausbau der EE-Stromerzeugungsanlagen entgegenwirken. Im Vergleich von Sachsen zum bundesweiten Durchschnitt zeigen sich strukturelle Unterschiede in den Sektoren Gebäude, Landwirtschaft und Verkehr. Im Vergleich zu den Unterschieden beispielsweise bei der Betroffenheit der Industrie allgemein, sind sie jedoch wenig ausgeprägt und deuten im bundesweiten Vergleich nicht auf eine stärkere Betroffenheit hin.

Mit Klimaschutzmaßnahmen sind schon heute viele Geschäftsfelder verbunden, deren Wertschöpfungspotentiale sich im Rahmen nationaler und internationaler Klimaschutzbemühungen zukünftig weiter steigern werden. Im Jahr 2021 waren in Sachsen über 16 000 Arbeitsplätze mit dem EE-Ausbau verbunden. Auch die energetische Gebäudesanierung dürfte eine ähnlich große Bedeutung für den Arbeitsmarkt haben. In der sächsischen Industrie werden bereits viele Umsätze mit Klimaschutzgütern gemacht. Gerade in der Metallindustrie und auch in der Elektrotechnik haben sich diese dynamisch entwickelt. Der Anteil dieser Geschäftsfelder am Umsatz dürfte 5 bis 10% ausmachen.

Um die ökonomischen Wirkungen für Sachsen modellgestützt zu untersuchen, wurden zwei Szenarien definiert. Das Klimaschutzenszenario unterstellt Zielerreichung im Klimaschutz für wichtige Handlungsfelder bis 2040. Das Referenzszenario repräsentiert eine Entwicklung mit deutlich weniger oder keinen zusätzlichen Klimaschutzmaßnahmen. Zentrale Maßnahmenbündel im Bereich Erneuerbare Energien im Stromsektor und im Gebäudesektor führen dazu, dass das Bruttoinlandsprodukt in Deutschland und Sachsen im Klimaschutzenszenario höher ausfällt. Höhere Preise durch CO₂-Abgaben dämpfen diesen Effekt,

bedeuten aber keine Einbußen in der Bruttowertschöpfung der Branchen. Für Sachsen ist das Inlandsprodukt 2040 im Klimaschutzszenario um etwa 1,5% höher als im Referenzszenario. Gesamtwirtschaftlich und auch innerhalb der Wirtschaftsbereiche ergeben sich vielfach positive Wirkungen für Sachsen.

Einschätzung der Chancen und Risiken von Stakeholdern

Die Rahmen der Studie durchgeführten Interviews mit sechs Unternehmen aus ausgewählten Branchen dienten dazu, die quantitativen Ergebnisse der Untersuchung mit zusätzlichen brancheninternen Stimmungsbildern anzureichern. Hierzu wurde mit den Unternehmen sowie Vertretern und Vertreterinnen aus regionalen Fachverbänden über die individuelle Betroffenheit von den Klimaschutzmaßnahmen, den daraus resultierenden Chancen und Risiken sowie betriebliche Anpassungsstrategien und Zukunftserwartungen gesprochen. Trotz zum Teil unterschiedlicher Branchenstrukturen zeigten sich alle befragten Unternehmen von Klimaschutzmaßnahmen betroffen, in erster Linie aufgrund hoher Energieintensitäten. Trotz den bestehenden Herausforderungen, herrscht grundsätzlich eine konstruktive Einstellung vor und die Chancen von Klimaschutzmaßnahmen werden gesehen. Neue Absatzmöglichkeiten im Zuge der Energiewende erhoffen sich beispielsweise die Unternehmen aus der Glasindustrie, der Photovoltaik oder der Chemie- und Halbleiterindustrie. Eine umweltfreundlichere Produktion in Deutschland wird insgesamt als Chance gesehen, auch wenn die starken Energiepreissteigerungen in Deutschland im Vergleich zu anderen Ländern als potenzielle Gefährdung für die Wettbewerbsfähigkeit wahrgenommen werden.

Die betrieblichen Anpassungsstrategien stellen sich je nach Branche sehr divers dar und reichen von Produktionsumstellungen auf energieeffizientere Produkte über die Verbesserung von Produktionsverfahren mit dem Ziel der Senkung des Energieverbrauchs bis hin zur Ausweitung der Nutzung von Methoden zur Energierückgewinnung. Große Hoffnung setzen die Unternehmen in diesem Zusammenhang in eine zukünftige Anbindung an sächsische Wasserstoffnetze. Oft können die beschriebenen Anpassungsbedarfe in den befragten Unternehmen im Zuge regulärer Investitionszyklen abgewickelt werden, so dass sich die Belastung in Grenzen hält. Insgesamt wurden die unternehmensinternen Klimaschutzziele oftmals als ambitionierter als die politischen Vorgaben beschrieben. Als zentrale Erwartungen an die Politik wurden die Sicherstellung, der Ausbau sowie die Speicherung erneuerbarer Energien sowie eine Planungssicherheit bezüglich neuer klimaschutzbezogener Regelungen vonseiten der Unternehmensvertreterinnen und der Unternehmensvertreter wie auch vonseiten der Verbandsvertreterinnen und der Verbandsvertreter hervorgehoben.

Politische Schlussfolgerungen

Die sächsische Wirtschaft weist im Hinblick auf die anstehende Transformation viele Stärken, aber auch einige Schwächen auf. Vor allem die diversifizierte Wirtschaftsstruktur, die viele Branchen umfasst, die von den Investitionsbedarfen im Rahmen der „Energiewende“ profitieren dürften, ist als Vorteil anzusehen. Auch die geringe Größe der meisten Unternehmen, die oft als Schwäche interpretiert wird, kann in diesem Zusammenhang als Stärke gesehen werden, denn kleinere Unternehmen sind oft schneller und flexibler in ihrer Entscheidungsfindung. Zu den Schwächen zählt hingegen vor allem der bereits heute stark ausgeprägte und perspektivisch weiter zunehmende Mangel an Arbeitskräften. Dieser kann insbesondere den notwendigen Umbau der Energiewirtschaft verlangsamen und damit auch den aus Klimaschutzgründen notwendigen Ersatz fossiler Energieträger behindern.

Um die Klimaschutzziele zu erreichen, zu denen sich Deutschland verpflichtet hat, muss auch die Landespolitik in Sachsen dem Klimaschutz eine höhere Priorität einräumen. Das Ziel der Treibhausgasneutralität kann nur mit einer nahezu vollständigen Dekarbonisierung der Wirtschaft und der privaten Haushalte erreicht werden, was im Ergebnis nur durch Umstellung auf regenerativ erzeugten Strom möglich sein wird. Erforderlich ist somit angebotsseitig der EE-Ausbau und auf der Nachfrageseite sind zeitgleich Investitionen zur Energieeinsparung und Steigerung der Energieeffizienz notwendig.

Auch Anpassungen an die Folgen des Klimawandels müssen mitgedacht werden, denn auch wenn die EU (Klimaneutralität bis 2050) und Deutschland (Klimaneutralität bis 2045) ihren Ausstoß an Treibhausgasen reduzieren, dürfte es angesichts fehlender Anstrengungen in anderen Weltregionen aller Voraussicht nach zu einer weiteren Erderwärmung kommen.

Im Bericht werden eine Vielzahl von Maßnahmen genannt, die in Sachsen umgesetzt werden sollten. Allen gemein ist es, dass diese frühzeitig ergriffen werden müssen. Alle Akteure benötigen Planungssicherheit, die nur durch eine frühzeitige Festlegung und die Beibehaltung der relevanten Rahmenbedingungen erreicht wird.

Als einer der wichtigsten Punkte wurde dabei der Abbau von Bürokratie bei der Genehmigung und dem Betrieb von neuen Anlagen sowie im Bereich der Förderpolitiken identifiziert. Dies kann einerseits durch Abbau von überflüssigen oder zu komplizierten Vorschriften bzw. durch deren Vereinfachung erreicht werden, zum anderen aber auch durch Bereitstellung von ausreichend qualifiziertem Personal in den relevanten Bereichen und eine stärkere Nutzung von digitalen Technologien auch im Bereich der Antragsstellung und -bearbeitung.

Zudem muss der Freistaat die Gelder bereitstellen, damit der Ausbau notwendiger Infrastrukturen (unter anderem auch Leitungen und Speicher) beschleunigt werden kann. Auch entsprechende Fördermittel sind gegebenenfalls bereitzustellen. Da Sachsen Vorteile insbesondere bei der grundlagenorientierten und der anwendungsnahen Forschung im Bereich von Technologien für die Energiewende aufweist, sollte insbesondere diese weiter gestärkt werden.

Zusammenfassendes Resümee

Für die sächsische Wirtschaft sind die Chancen und Risiken von Klimaschutzmaßnahmen insgesamt eher ausgewogen. Klimaschutzmaßnahmen gestalten den Weg hin zu einer treibhausgasneutralen Wirtschaft. Dieser Weg sollte als mittel- bis langfristiger Strukturwandel angesehen werden, der politisch gestaltet werden muss. Klimaschutzziele geben den Weg vor, Klimaschutzmaßnahmen forcieren den Strukturwandel, politische Begleitmaßnahmen gestalten ihn. Auf all diesen Ebenen muss die sächsische Politik auf eindeutige Signale, kluge politische Maßnahmen und zielgerichtete Förderungen hinwirken. Der Strukturwandel ist ein langfristiger Prozess, in dem sich Chancen und Risiken erst im Zeitverlauf zeigen. Leitplanken, Planungssicherheit und Unterstützung müssen dafür sorgen, dass Sachsen die Chancen im Prozess für sich nutzt. Ein Vorneweggehen erfordert Mut und das aktive Mittragen aller Akteure. Sachsen kann mehr vom mutigen Vorneweg-Gehen gebrauchen. Dafür muss das Erreichte gut beobachtet werden, um auch nachsteuern zu können und sich abzeichnende Entwicklungen zu berücksichtigen. Eine der Risiken für Sachsen im Zusammenhang mit Klimaschutzmaßnahmen ist, dass die wirtschaftlichen Chancen, die sich daraus ergeben können, nicht gut genutzt werden.

7 Literaturverzeichnis

- ABBASS, K., QASIM, M. Z., SONG, H., MURSHED, M., MAHMOOD, H. & YOUNIS, I. (2022): A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. In: 28. DOI: 10.1007/s11356-022-19718-6.
- AGORA VERKEHRSWENDE, AGORA ENERGIEWENDE & THE REGULATORY ASSISTANCE PROJECT (RAP) (RAP) (HG.) (2019): Verteilnetzausbau für die Energiewende - Elektromobilität im Fokus. Unter Mitarbeit von Frank Peter, Andreas Jahn und Urs Maier.
- ARBEITSKREIS UMWELTÖKONOMISCHE GESAMTRECHNUNGEN DER LÄNDER (AK UGR der Länder) (2022): Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder – Indikatoren und Kennzahlen. Hg. v. Statistische Ämter der Länder. https://www.statistikportal.de/sites/default/files/2023-01/ugrdl_tab_2022.xlsx, 05.10.2023.
- BECKER, L., BERNARDT, F., BIERITZ, L., MÖNNIG, A., PARTON, F., ULRICH, P. & WOLTER, M. I. (2022): INFORGE in a Pocket. In: GWS-Kurzmitteilung 2022/02, Osnabrück. <https://www.gws-os.com/de/publikationen/gws-kurzmitteilungen/detail/inforge-in-a-pocket>, 27.09.2023.
- BECKER, L. & LUTZ, C. (2021): Jobmotor Klimaschutz – Beschäftigungseffekte durch ambitionierten Klimaschutz. In: GWS Research Report 2021/01, Osnabrück. <http://papers.gws-os.com/gws-researchreport21-1.pdf>.
- BECKER, L. & ULRICH, P. (2022): Importeinsparungen fossiler Brenn- und Kraftstoffe durch Energieeffizienzgewinne und den Ausbau erneuerbarer Energien – Fortschreibung für die Jahre 2019 und 2020 sowie vorläufige Ergebnisse für das Jahr 2021. In: GWS Research Report 2022/03, Osnabrück. <http://papers.gws-os.com/gws-researchreport22-3.pdf>.
- BERTELSMANN STIFTUNG (HG.) (2023a): Ökonomische Evaluation klimapolitischer Instrumente – Am Beispiel der Chemie-, Zement- und Stahlindustrie. <https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/oekonomische-evaluation-klimapolitischer-instrumente>, 06.03.2023.
- BERTELSMANN STIFTUNG (2023b): Wasserstoffwirtschaft – Chancen und Herausforderungen für die Nachhaltige Soziale Marktwirtschaft. Unter Mitarbeit von Thieß Petersen, Gütersloh. In: Focus Paper #5.
- BLAZEJCZAK, J. & EDLER, D. (2021): Arbeitskräftebedarf nach Sektoren, Qualifikationen und Berufen zur Umsetzung der Investitionen für ein klimaneutrales Deutschland – Kurzstudie im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen, Berlin. https://www.gruene-bundestag.de/fileadmin/media/gruenebundestag_de/themen_az/klimaschutz/pdf/2105_Kurzstudie_Arbeitskra_ftebedarf_Klimaneutralitaet.pdf, 21.11.2022.
- BOSTON CONSULTING GROUP (BCG) (2021): Klimapfade 2.0 – Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft – Gutachten im Auftrag des BDI – Bundesverband der Industrie.
- BRÄUNINGER, M. (2019): Mittelstandsbericht 2015 bis 2017 des Freistaates Sachsen. Unter Mitarbeit von Michael Bräuninger. Hg. v. Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr des Freistaates Sachsen. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/33600>, 07.03.2023.
- BREMMER, J., GONZALEZ-MARTINEZ, A., JONGENEEL, R., HUTING, H., STOKKERS, R. & RUJJS, M. (2021): Impact assessment of EC 2030 Green Deal Targets for sustainable crop production. In: Wageningen Economic Research Report 2021-150, Wageningen. <https://edepot.wur.nl/558517>, 02.05.2023. DOI: 10.18174/558517.

- BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ (09.11.2022): Zweites zur Änderung des Brennstoffemissionshandelsgesetzes, BEHG. In: Bundesgesetzblatt. http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&jumpTo=bgbl122s2006.pdf, 17.12.2022.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND KLIMASCHUTZ (BMWK) (2022a): Zahlen und Fakten: Energiedaten – Nationale und internationale Entwicklung.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND KLIMASCHUTZ (BMWK) (29.06.2022): Breites Bündnis will mindestens 500.000 neue Wärmepumpen pro Jahr. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/06/20220629-breites-buendnis-will-mindestens-500000-neue-waermepumpen-pro-jahr.html>, 27.09.2023.
- BUNDESMINISTERIUMS FÜR WIRTSCHAFT UND KLIMASCHUTZ (BMWK) (2022b): Klimaschutzbericht 2022. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/klimaschutzbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=6, 28.12.2022.
- BUNDESNETZAGENTUR: Marktstammdatenregister. <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR>, 02.08.2023.
- BUNDESNETZAGENTUR (2021): Regelungen zu Stromspeichern im deutschen Strommarkt, Bonn.
- BUNDESREGIERUNG (2022): Entwurf eines Gesetzes zur Erhöhung und Beschleunigung des Ausbaus von Windenergieanlagen an Land. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Gesetz/entwurf-eines-gesetzes-zur-erhoehung-und-beschleunigung-ausbaus-windenergieanlagen-an-land.pdf?__blob=publicationFile&v=12, 23.12.2022.
- BUNDESREGIERUNG (2023): Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energie (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2023), 01.08.2023.
- BUNDESREGIERUNG (21.06.2023): Ein Plan fürs Klima – Klimaschutzgesetz und Klimaschutzprogramm. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/klimaschutzgesetz-2197410>, 18.08.2023.
- BUNDESVERBAND WINDENERGIE E.V. (BWE) (2021): Sachsen: „Geeignete Flächen sind vorhanden – Ausbau der Windenergie scheitert an bürokratischen Hürden.“. <https://www.windenergie.de/verband/lvs/sachsen/presse/pressemitteilungen/detail/sachsen-geeignete-flaechen-sind-vorhanden-ausbau-der-windenergie-scheitert-an-buerokratischen-huerd/>, 06.10.2023.
- DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN (acatech) (2023): Mobilitätsmonitor: Alle Ergebnisse. <https://www.acatech.de/mobilitaetsmonitor/>, 01.08.2023.
- DEUTSCHE BUNDESBANK (2022): Klimawandel und Klimapolitik: Analysebedarf und -optionen aus Notenbanksicht. In: Monatsbericht Januar 2022.
- DEUTSCHE ENERGIE-AGENTUR GMBH (dena) (2021): dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität – Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe.
- DEUTSCHE ENERGIE-AGENTUR GMBH (dena) (2023): Das Stromnetz von Morgen. <https://www.dena.de/themen-projekte/energiesysteme/stromnetze/>, 06.10.2023.
- DEUTSCHER BUNDESTAG (2020): Gesetz zur Reduzierung und zur Beendigung der Kohleverstromung und zur Änderung weiterer Gesetze, Kohleausstiegsgesetz. In: Bundesgesetzblatt Teil I Nr 37.
- DEUTSCHER BUNDESTAG (20.07.2022): Gesetz zur Erhöhung und Beschleunigung des Ausbaus von Windenergieanlagen an Land. Fundstelle: BGBl. I 2022. Bundesanzeiger Verlag Bundesgesetzblatt Jahrgang 2022 Teil I Nr. 28, 1353-1361. http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&jumpTo=bgbl122s1353.pdf.

- EICHLER, M., HADER, P., LÜBKERS, O., NIESWAND, M., WAGNER, A. & ZWANKHUIZEN, A. (2023): Wachstumspotenziale der Dekarbonisierung der Thüringer Wirtschaft. Hg. v. Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft (TMWWDG), Erfurt.
- EUROFOUND (2019): Energy scenario: Employment implications of the Paris Climate Agreement. PUBLICATIONS OFFICE OF THE EUROPEAN UNION, Luxembourg.
https://www.eurofound.europa.eu/sites/default/files/ef_publication/field_ef_document/fomeef18003en.pdf, 14.02.2023.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2021): "Fit für 55" auf dem Weg zur Klimaneutralität – Umsetzung des EU-Klimaziels für 2030.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (13.12.2022): Europäischer Grüner Deal; Einigung über das CO₂-Grenzausgleichssystem (CBAM), Brüssel.
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip_22_7719, 27.04.2023.
- EUROPEAN CLIMATE FOUNDATION (2021): Exploring the trade-offs in different paths to reduce transport and heating emissions in Europe. CAMBRIDGE ECONOMETRICS, Cambridge, UK.
https://www.camecon.com/wp-content/uploads/2021/05/ECF-ETS-extension-2021-Final-report_Feb2022_update-1.pdf, 14.02.2023.
- EUROPEAN COMMISSION (2021): EU Reference Scenario 2020 – Energy, transport and GHG emissions - Trends to 2050. DIRECTORATE GENERAL FOR ENERGY; DIRECTORATE GENERAL FOR CLIMATE ACTION; DIRECTORATE GENERAL FOR MOBILITY AND TRANSPORT, Luxembourg. DOI: 10.2833/35750.
- FLAUTE, M., REUSCHEL, S. & STÖVER, B. (2022): Volkswirtschaftliche Folgekosten durch Klimawandel: Szenarioanalyse bis 2050 – Studie im Rahmen des Projekts Kosten durch Klimawandelfolgen in Deutschland. In: GWS Research Report 2022/02, Osnabrück. <https://papers.gws-os.com/gws-researchreport22-2.pdf>, 06.03.2023.
- FUEST, C. & THUM, M. (2021): Versicherungspflicht für Elementarschäden. In: ifo Dresden berichtet 5/2021.
- GEHRKE, B. & SCHASSE, U. (2021): Die Umweltwirtschaft in Deutschland – Produktion, Umsatz und Außenhandel. Hg. v. Umweltbundesamt. In: Umwelt, Innovation, Beschäftigung 12/2021, Dessau-Roßlau.
- GEMEINSCHAFTSDIAGNOSE (2023): Gemeinschaftsdiagnose #2-2023. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). https://gemeinschaftsdiagnose.de/wp-content/uploads/2023/09/GD-2023-2_Langfassung_unkorrigiert_WEB.pdf, 04.10.2023.
- GILLINGHAM, K. (2019): Carbon calculus – The true cost of reducing greenhouse gas emissions. Hg. v. International Monetary Fund. In: Finance and Development.
<https://www.elibrary.imf.org/downloadpdf/journals/022/0056/004/article-a004-en.pdf>.
- GROßMANN, A., HOHMANN, F., LUTZ, C. & REUSCHEL, S. (2022): Supporting Climate Resilient Economic Development in Kazakhstan. Application of the e3.kz Model to Analyze the Economy-wide Impacts of Climate Change Adaptation. Hg. v. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Berlin.
- GÜNTHER, D., WAPLER, J., LANGNER, R., HELMLING, S., MIARA, M., FISCHER, D., ZIMMERMANN, D., WOLF, T. & WILLE-HAUSMANN, B. (2020): Wärmepumpen in Bestandsgebäuden – Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt "WPsmart im Bestand". FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE, Freiburg.
- HALLEGATTE, S. (2014): Natural Disasters and Climate Change – An Economic Perspective. Springer International Publishing, Cham, Heidelberg, London, New York, Dordrecht.

- HELMRICH, R., MAIER, T., MÖNNIG, A., WOLTER, M. I. & ZIKA, G. (2022): Wenn das Morgen heute beginnt – Herausforderungen für Projektionen in Zeiten des Umbruchs, der Koalitionsvertrag und seine Herausforderungen. In: GWS-Kurzmitteilung, QuBe-Essay 1/2022, Osnabrück.
- HOELSCHER, M.-T., NEHLS, T., JÄNICKE, B. & WESSOLEK, G. (2016): Quantifying cooling effects of facade greening: Shading, transpiration and insulation. *Energy and Buildings* 114, S. 283–290. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.06.047.
- HOLTEMÖLLER, O. & SCHULT, C. (2019): Zu den Effekten eines beschleunigten Braunkohleausstiegs auf Beschäftigung und regionale Arbeitnehmerentgelte. *Wirtschaft im Wandel* 25 (1), S. 5–9. <https://ideas.repec.org/a/zbw/iwhwiw/195966.html>.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2023): Synthesis Report of the IPCC Sixth Assessment Report – Summary for Policymakers. https://report.ipcc.ch/ar6syr/pdf/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf, 30.03.2023.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) (2022): World Energy Outlook 2022, Paris. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022?language=de>, 07.12.2022.
- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA) (2022): World Energy Transitions Outlook 2022 – 1.5°C Pathway, Abu Dhabi. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Mar/IRENA_World_Energy_Transitions_Outlook_2022.pdf?rev=353818def8b34effa24658f475799464, 07.12.2022.
- KEMMLER, A., KIRCHNER, A., AUF DER MAUR, A., ESS, F., KREIDELMEYER, S., PIÉGSA, A., SPILLMANN, T., STRAßBURG, S., WÜNSCH, M. & ZIEGENHAGEN, I. (2020): Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgeabschätzungen 2030/2050 – Dokumentation von Referenzszenario und Szenario mit Klimaschutzprogramm 2030. Hg. v. Prognos AG, Basel.
- KOPERNIKUS-PROJEKT ARIADNE (HG.) (2021): Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 – Szenarien und Pfade im Modellvergleich. Ariadne-Report. file:///C:/Users/Hembach-Stunden/Downloads/Ariadne_Szenarienreport_Oktober2021_corr0222.pdf, 27.01.2023.
- KÖVEKER, T., KRÖGER, M. & SCHÜTZE, F. (2022): Wärmemonitor 2020 und 2021: Heizenergiebedarf leicht gesunken, Klimaziele aber verfehlt. In: DIW Wochenbericht 43 /2022. DOI: 10.18723/DIW_WB:2022-43-1.
- KRAFTFAHRT-BUNDESAMT (2023a): Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Bundesländern, Fahrzeugklassen und ausgewählten Merkmalen, Flensburg. https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/umwelt_node.html, 02.08.2023.
- KRAFTFAHRT-BUNDESAMT (2023b): Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen Jahr 2022, Flensburg. https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz14_n_uebersicht.html?nn=3514348, 01.08.2023.
- KRUSE, M. & WEDEMEIER, J. (2021): Potenzial grüner Wasserstoff: langer Weg der Entwicklung, kurze Zeit bis zur Umsetzung. *Wirtschaftsdienst* (Hamburg, Germany: 1949) 101 (1), S. 26–32. DOI: 10.1007/s10273-021-2821-9.
- LEHR, U., EDLER, D., ULRICH, P., BLAZEJCZAK, J. & LUTZ, C. (2019): Beschäftigungschancen auf dem Weg zu einer Green Economy – szenarienbasierte Analyse von (Netto-) Beschäftigungswirkungen. In: *Umwelt, Innovation, Beschäftigung* 03/2019, Dessau-Roßlau.
- LEHR, U., ULRICH, P., LUTZ, C., THOBE, I., EDLER, D., O'SULLIVAN, M. ET AL. (2015): Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland – Ausbau und Betrieb, heute und morgen. *Politikberatung kompakt* 101. DIW, Berlin. http://www.diw.de/sixcms/detail.php?id=diw_01.c.510579.de.

- LEIPPRAND, A., ADISORN, T., KIYAR, D. & LECHTENBÖHMER, S. (2020): Politische Instrumente für die Transformation der Industrie – Scoping Paper für das Fachforum Energieintensive Industrie beim Grünen Wirtschaftsdialog. WUPPERTAL INSTITUT FÜR KLIMA, UMWELT, ENERGIE, Wuppertal.
- LUTZ, C., BECKER, L. & KEMMLER, A. (2021): Socioeconomic Effects of Ambitious Climate Mitigation Policies in Germany. *Sustainability* 13 (11), S. 6247. DOI: 10.3390/su13116247.
- LUTZ, C., BECKER, L., ULRICH, P. & DISTELKAMP, M. (2019): Sozioökonomische Szenarien als Grundlage der Vulnerabilitätsanalysen für Deutschland – Teilbericht des Vorhabens „Politikinstrumente zur Klimaanpassung. Hg. v. Umweltbundesamt. In: *Climate Change* 25/2019. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/soziooekonomische-szenarien-als-grundlage-der>, 06.12.2021.
- LUTZ, C. & BRETSCHOPF, B. (2016): Systematisierung der gesamtwirtschaftlichen Effekte und Verteilungswirkungen der Energiewende. In: *GWS Research Report* 2016/1, Osnabrück. <http://papers.gws-os.com/gws-researchreport16-1.pdf>.
- LUTZ, C., FLAUTE, M., LEHR, U., KEMMLER, A., AUF DER MAUR, A., ZIEGENHAGEN, I., WÜNSCH, M., KOZIEL, S., PIÉGSA, A. & STRAßBURG, S. (2018): Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende. In: *GWS Research Report* 2018/4, Osnabrück. <http://papers.gws-os.com/gws-researchreport18-4.pdf>.
- LUTZ, C., LEHR, U. & ULRICH, P. (2014): Economic Evaluation of Climate Protection Measures in Germany. *International Journal of Energy Economics and Policy* 4 (4), S. 693–705.
- MEYER, B., DISTELKAMP, M. & MEYER, M. (2012): Modeling green growth and resource efficiency: new results. *Mineral Economics* 24 (2), S. 145–154.
- MEYER, M., LÖSCHEL, A. & LUTZ, C. (2021): Carbon price dynamics in ambitious climate mitigation scenarios: an analysis based on the IAMC 1.5 °C scenario explorer. *Environmental Research Communications* 3 (8), S. 81007. DOI: 10.1088/2515-7620/ac02ad.
- MOBILITÄT IN DEUTSCHLAND (HG.) (2019): Mobilität in Tabellen (MiT 2017). <https://mobilitaet-in-tabellen.dlr.de/>, zuletzt aktualisiert am 25.03.2019, 06.10.2023.
- MÖNNIG, A. (2016): The European Monetary Union break-up – an economic experiment on the return of the deutsche mark. *Economic Systems Research* 28, 2016 (4), S. 497–517. DOI: 10.1080/09535314.2016.1242478.
- MÖNNIG, A., LUTZ, C., BECKER, L., MAIER, T. & ZIKA, G. (2021): Arbeitsmarkteffekte eines klimaneutralen Langfristpfads bis 2030 – Zusammenfassung der Ergebnisse. Hg. v. Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS). https://www.stiftung-klima.de/app/uploads/2021/05/2021-05-18_Arbeitsmarkteffekte_KNDE.pdf, 25.04.2023.
- MÖNNIG, A., SCHNEEMANN, C., WEBER, E. & ZIKA, G. (2020): Das Klimaschutzprogramm 2030 – Effekte auf Wirtschaft und Erwerbstätigkeit durch das Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung. In: *IAB-Discussion Paper* 2/2020.
- NELSON, R. & WINTER, S. G. (1982): *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Harvard University Press, Cambridge, London.
- NIETO, J., CARPINTERO, Ó., LOBEJÓN, L. F. & MIGUEL, L. J. (2020): An ecological macroeconomics model: The energy transition in the EU. *Energy Policy* 145, S. 111726. DOI: 10.1016/j.enpol.2020.111726.
- O’SULLIVAN, M. & EDLER, D. (2020): Gross Employment Effects in the Renewable Energy Industry in Germany – An Input-Output Analysis from 2000 to 2018. *Sustainability* 12 (15). DOI: 10.3390/su12156163.

- ÖKO-INSTITUT, FRAUNHOFER ISI, IREES & THÜNEN-INSTITUT (HG.) (2022): Projektionsbericht 2021 für Deutschland.
- OSTERBURG, B., HEDECKE, C. & ET AL. (2019): Folgenabschätzung für Maßnahmenoptionen im Bereich Landwirtschaft und landwirtschaftliche Landnutzung, Forstwirtschaft und Holznutzung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050. In: Thünen Working Paper 137.
- O'SULLIVAN, M., EDLER, D. & LEHR, U. (2018): Ökonomische Indikatoren des Energiesystems – Methode, Abgrenzung und Ergebnisse für den Zeitraum 2000 – 2016 : Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. In: GWS Research Report 2018/1, Osnabrück. <http://papers.gws-os.com/gws-researchreport18-1.pdf>.
- PFEIFER, S., RECHID, D. & BATHIANY, S. (2020): Klimaausblick Sachsen. Hg. v. Climate Service Center Germany (GERICS). https://www.gerics.de/imperia/md/content/csc/projekte/klimasignalkarten/gerics_klimaausblick_sachsen_version1.2_deutsch.pdf, 02.08.2023.
- PFLÜGER, B., HANßKE, A., RAGWITZ, M., SPORLEDER, M., FRITZ, M., KIRBACH, R., RUSCHEINSKI, F., STEINBACH, J., POPOVSKI, E. & HALLER, J. (2023): Wissenschaftliche Transformationsstudie zur Dekarbonisierung der Wärmebereitstellung in der Region Hoyerswerda, Weißwasser und Spremberg bis 2050. FRAUNHOFER-EINRICHTUNG FÜR ENERGIEINFRASTRUKTUREN UND GEOTHERMIE IEG IM AUFTRAG DER VBH GMBH.
- POSCH, D., WORTMANN, M. & HOLZMANN, S. (2023): Dekarbonisierung ohne Deindustrialisierung - Mit welchem Policy-Mix gelingt die Transformation? Hg. v. Bertelsmann Stiftung. In: Nachhaltige Soziale Marktwirtschaft Policy Brief 2022 05. <https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/policy-brief-2023-05-dekarbonisierung-ohne-deindustrialisierung-mit-welchem-policy-mix-gelingt-die-transformation>, 06.03.2023.
- PROGNOS, ÖKO-INSTITUT & WUPPERTAL-INSTITUT (HG.) (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045 – Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Zusammenfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende. https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_04_KNDE45/A-EW_209_KNDE2045_Zusammenfassung_DE_WEB.pdf, 27.01.2023.
- RAM, M., BOGDANOV, D., SATYMOV, R., LOPEZ, G., MENSAH, T., SADOVSKAIA, K. & BREYER, C. (2022): Accelerating the European renewable energy transition. Hg. v. LUT University and Greens European Free Alliance, Lappeenranta, Brussels.
- REGIONALES KLIMAINFORMATIONSSYSTEM FÜR SACHSEN, SACHSEN-ANHALT UND THÜRINGEN (ReKIS) (2023): Klimafolgen. <https://rekis.hydro.tu-dresden.de/wissen/sachsen-w/klima-info/klimafolgen/>, 05.10.2023.
- RÖSEMANN, C., VOS, C., HAENEL, H.-D., DÄMMGEN, U., DÖRING, U., WULF, S. ET AL. (2023): Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 - 2021: Input data and emission results. Johann Heinrich von Thünen-Institut.
- SÄCHSISCHE ENERGIEAGENTUR (saena) (2023): Energieportal Sachsen. <https://www.energieportal-sachsen.de/>, 01.08.2023.
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ENERGIE, KLIMASCHUTZ, UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (SMEKUL) (2021): Energie- und Klimaprogramm Sachsen 2021. 1. Auflage. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/37830>.

- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ENERGIE, KLIMASCHUTZ, UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (SMEKUL) (2022): Nachhaltigkeitsbericht Sachsen 2022. Hg. v. Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft.
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ENERGIE, KLIMASCHUTZ, UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (SMEKUL) & SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR REGIONALENTWICKLUNG (SMR) (2022): Länderbericht zum Stand des Ausbaus der erneuerbaren Energien sowie zu Flächen, Planungen und Genehmigungen für die Windenergienutzung an Land. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/EEG-Kooperationsausschuss/2022/laenderbericht-sachsen-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=4, 23.12.2022.
- SAMUEL, D. G. L., NAGENDRA, S. S. & MAIYA, M. P. (2013): Passive alternatives to mechanical air conditioning of building: A review. *Building and Environment* 66, S. 54–64. DOI: 10.1016/j.buildenv.2013.04.016.
- SCHREYER, M. & HÖHLE, J. (2022): Emissionen in Sachsen. SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE.
- SCHUR, A. C., MÖNNIG, A., RONSIEK, L., SCHNEEMANN, C., SCHROER, J. P. & ZENK, J. (2023): Arbeitskräftebedarf und Arbeitskräfteangebot entlang der Wertschöpfungskette „Wasserstoff“ – Abschlussbericht der ersten Projektphase. BIBB Discussion Paper. 1. Aufl. Unter Mitarbeit von Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) und GWS - Institute of Economic Structures Research. Hg. v. Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), Bonn.
- SIEVERS, L., BRETSCHOPF, B., PFAFF, M. & SCHAFFER, A. (2019): Macroeconomic impact of the German energy transition and its distribution by sectors and regions. *Ecological Economics* 160, S. 191–204. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2019.02.017.
- SOLARBRANCHE (2023): Photovoltaik Ausbau. <https://www.solarbranche.de/ausbau/bundeslaender-photovoltaik/sachsen>, zuletzt aktualisiert am 06.11.2023.
- SONNENBURG, A., STÖVER, B., ULRICH, P. & WOLTER, M. I. (2015): Auswirkungen des demographischen Wandels auf Branchen in Deutschland und potenzielle Rückwirkungen auf Hamburg – Endbericht. Studie im Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg, Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation. <https://papers.gws-os.com/fhh-endbericht.pdf>, 08.07.2022.
- STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER (HG.) (2014): Zensus 2011, Gebäude und Wohnungen – Ergebnisse des Zensus am 9. Mai 2011.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (Destatis) (2022): Umwelt – Umsatz und Beschäftigte für den Umweltschutz. 2020. In: Fachserie 19 Reihe 3.3.
- STATISTISCHES LANDESAMT SACHSEN (2023): Energiebilanz 2020 Freistaat Sachsen. https://www.energie.sachsen.de/download/2020_Energiebilanz-2020-in-PJ.pdf, 01.08.2023.
- STIEWE, C., TIEDERMANN, S. & TREICHEL-GRASS, K. (2023): Regionaler Steuern: Optionen für den Ausbau erneuerbarer Energien – Ein Ariadne Policy Brief. Hg. v. Kopernikus-Projekt Ariadne und Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), Potsdam. <https://ariadneprojekt.de/publikation/policy-brief-stromsteuerung/>, 2.8.2023.
- TÖBBEN, J. (2017): Regional Net Impacts and Social Distribution Effects of Promoting Renewable Energies in Germany. *Ecological Economics* 135, S. 195–208.

- UBA (Hg.) (2023a): Projektionsbericht 2023 für Deutschland – Gemäß Artikel 18 der Verordnung (EU) 2018/1999 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über das Governance-System für die Energieunion und für den Klimaschutz, zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 663/2009 und (EG) Nr. 715/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates sowie §10 (2) des Bundes-Klimaschutzgesetzes. In: Climate Change 39/2023.
- ULRICH, P. (2022): Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende in den Bundesländern – Struktur, Dynamik und räumliche Verteilung. Informationen zur Raumentwicklung 1/2022.
- ULRICH, P. (2023): Erneuerbar beschäftigt in den Bundesländern – Bericht zur aktualisierten Abschätzung der Bruttobeschäftigung 2021 in den Bundesländern. In: GWS Research Report 2023/03, Osnabrück.
- ULRICH, P., BERNARDT, F., PARTON, F., SONNENBURG, A. & TÖBBEN, J. (2022a): Das neue LÄNDER-Modell – Beispielszenario zum Ausbau der Photovoltaik. Hg. v. Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS). In: GWS Discussion Paper 2022/02, Osnabrück. <https://www.gws-os.com/de/publikationen/alle-publikationen/detail/das-neue-laender-modell>, 27.09.2023.
- ULRICH, P. & LEHR, U. (2018): Erneuerbar beschäftigt in den Bundesländern – Bericht zur aktualisierten Abschätzung der Bruttobeschäftigung 2016 in den Bundesländern. In: GWS Research Report 2018/02, Osnabrück. <http://papers.gws-os.com/gws-researchreport18-2.pdf>.
- ULRICH, P., LEHR, U. & LUTZ, C. (2018): Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende in den Bundesländern – Methodische Ansätze und Ergebnisse. In: GWS Research Report 2018/05, Osnabrück. <http://papers.gws-os.com/gws-researchreport18-5.pdf>.
- ULRICH, P., NAEGLER, T., BECKER, L., LEHR, U., SIMON, S., SUTARDHIO, C. & WEDLICH, A. (2022b): Comparison of macroeconomic developments in ten scenarios of energy system transformation in Germany: national and regional results. Energy, Sustainability and Society 12, 35. DOI: 10.1186/s13705-022-00361-5.
- UMWELTBUNDESAMT (UBA) (Hg.) (2023b): Fahrleistungen, Verkehrsleistung und Modal Split in Deutschland. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/fahrleistungen-verkehrsaufwand-modal-split#fahrleistung-im-personen-und-guterverkehr>, zuletzt aktualisiert am 07.08.2023, 07.08.2023.
- VOGT, R., HARJU, N., AUBERGER, A., BULACH, W., MERZ, C., STAHL, H., GONSER, J. & KÜCHEN, V. (2023): Determining climate protection potentials in the circular economy for Germany and the EU – Partial report Germany. In: UBA Texte 84/2023.
- VRONTISI, Z., FRAGKIADAKIS, K., KANNAVOU, M. & CAPROS, P. (2020): Energy system transition and macroeconomic impacts of a European decarbonization action towards a below 2 °C climate stabilization. Climatic Change 162, S. 1857–1875. DOI: 10.1007/s10584-019-02440-7.
- WEST, G. R. (1995): Comparison of Input-Output, Input-Output Econometric and Computable General Equilibrium Impact Models at the Regional Level. Economic Systems Research 7 (2), S. 209–227. DOI: 10.1080/09535319500000021.
- ZIKA, G., HUMMEL, M., SCHNEEMANN, C., STUDTRUCKER, M., KALINOWSKI, M., MAIER, T., KREBS, B., STEEG, S., BERNARDT, F., KRINITZ, J., MÖNNIG, A., PARTON, F., ULRICH, P. & WOLTER, M. I. (2021): Die Auswirkungen der Klimaschutzmaßnahmen auf den Arbeitsmarkt und die Wirtschaft. In: Forschungsbericht 526/5.

- ZIKA, G., SCHNEEMANN, C., HUMMEL, M., MAIER, T., KALINOWSKI, M., BERNARDT, F., MÖNNIG, A., PARTON, F., SONNENBURG, A., ULRICH, P. & WOLTER, M. I. (2020): Langfristige Folgen von Demografie und Strukturwandel für regionale Arbeitsmärkte – Daten, Methoden und Ergebnisse der 5. Welle der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsprojektionen. Hg. v. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. In: IAB-Forschungsbericht 01/2020.
- ZIKA, G., SCHNEEMANN, C., ZENK, J., KALINOWSKI, M., MAIER, T., BERNARDT, F., KRINITZ, J., MÖNNIG, A., PARTON, F., ULRICH, P. & WOLTER, M. I. (2022): Fachkräftemonitoring für das BMAS – Mittelfristprognose. In: Forschungsbericht 602.
- ZIKA, G., SCHNEEMANN, C., ZENK, J., MAIER, T., KALINOWSKI, M., SCHNUR, A., KRINITZ, J., MÖNNIG, A. & WOLTER, M. I. (2023): Fachkräftemonitoring für das BMAS – Mittelfristprognose bis 2027. In: Forschungsbericht 625.

Anhang

A 1 Übersicht (Wirkungs-)Studien

Tabelle A1 gibt eine Übersicht der analysierten (Wirkungs-)Studien auf globaler, europäischer und nationaler Ebene. Ein besonderer Fokus wurde auf Studien gelegt, die sachsenspezifische Aussagen treffen.

Tabelle A1: Übersicht über die analysierten (Wirkungs-)Studien

Politische Ebene	Wirkungsstudien
Global	IEA 2022, World Energy Outlook
	IRENA 2022, World Energy Transition Outlook
	MEYER ET AL. 2021, Carbon price dynamics in ambitious climate mitigation scenarios: an analysis based on the IAMC 1.5 °C scenario explorer
EU/Europa	BREMMER ET AL. 2021, Impact assessment of EC Green Deal Targets for sustainable crop production
	VRONTISI ET AL. 2020, Energy system transition and macroeconomic impacts of a European decarbonization action towards a below 2 °C climate stabilization
	NIETO ET AL. 2020, An ecological macroeconomics model: The energy transition in the EU
	EUROPEAN CLIMATE FOUNDATION 2021, Exploring the trade-offs in different paths to reduce transport and heating emissions in Europe
	EUROFOUND 2019, Energy scenario: Employment implications of the Paris Climate Agreement
Deutschland	GEMEINSCHAFTSDIAGNOSE 2023, Gemeinschaftsdiagnose #2-2023
	POSCH ET AL. 2023, Dekarbonisierung ohne Deindustrialisierung - Mit welchem Policy-Mix gelingt die Transformation?
	BECKER & ULRICH 2022, Importeinsparungen fossiler Brenn- und Kraftstoffe durch Energieeffizienzgewinne und den Ausbau erneuerbarer Energien
	BCG 2021, Klimapfade 2.0 - Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft
	PROGNOS ET AL. 2021, Klimaneutrales Deutschland 2045.
	ZIKA ET AL. 2021, Die Auswirkungen der Klimaschutzmaßnahmen auf den Arbeitsmarkt und die Wirtschaft
	BECKER & LUTZ 2021, Jobmotor Klimaschutz
	Deutsche Energie-Agentur GmbH (DENA 2021), dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität
	MÖNNIG ET AL. 2021, Arbeitsmarkteffekte eines klimaneutralen Langfristpfads bis 2030
	O'SULLIVAN & EDLER 2020, Gross Employment Effects in the Renewable Energy Industry in Germany
	MÖNNIG ET AL. 2020, Das Klimaschutzprogramm 2030. Effekte auf Wirtschaft und Erwerbstätigkeit durch das Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung
	LUTZ ET AL. 2018, Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende
	ULRICH & LEHR 2018, Erneuerbar beschäftigt in den Bundesländern

Politische Ebene	Wirkungsstudien
Sachsen / Bundesländer	ULRICH ET AL. 2022b, Comparison of macroeconomic developments in ten scenarios of energy system transformation in Germany: national and regional results
	ULRICH 2022, Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende in den Bundesländern
	KOPERNIKUS-PROJEKT ARIADNE 2021, Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045
	BECKER & LUTZ 2021, Jobmotor Klimaschutz. Beschäftigungsverhältnisse durch ambitionierten Klimaschutz
	SIEVERS ET AL. 2019, Macroeconomic impact of the German energy transition and its distribution by sectors and regions
	ULRICH ET AL. 2018, Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende in den Bundesländern
	TÖBBEN 2017, Regional Net Impacts and Social Distribution Effects of Promoting Renewable Energies in Germany

A 2 Gliederung der Wirtschaftszweige

Tabelle A2: Gliederung der Wirtschaftszweige im Modell LÄNDER

Lfd. Nr.	WZ 2008*	Bezeichnung
1	A	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei
2	B	Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden
3	CA	Herstellung von Nahrungsmitteln u. Getränken, Tabakverarbeitung
4	CE–F	Herstellung von chemischen und pharmazeutischen Erzeugnissen
5	CG	Herstellung von Gummi-, Kunststoff-, Glaswaren, Keramik und Ähnliches
6	CH	Metallerzeugung und -bearbeitung, Herstellung von Metallerzeugnissen
7	CI–J	Herstellung v. DV-Geräte, elektr. & optische Erzeugnisse, elektr. Ausrüstungen
8	28 (CK)	Maschinenbau
9	CL	Fahrzeugbau
10	CX	Übriges verarbeitendes Gewerbe
11	35 (D)	Energieversorgung
12	E	Wasserversorgung, Entsorgung und Ähnliches
13	F	Baugewerbe
14	45 (GA)	Kfz-Handel; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen
15	46 (GB)	Großhandel (ohne Handel mit Kraftfahrzeugen)
16	47 (GC)	Einzelhandel (ohne Handel mit Kraftfahrzeugen)
17	49 (HA)	Landverkehr u. Transport in Rohrfernleitungen
18	53 (HE)	Post-, Kurier- und Expressdienste
19	HX	Übrige Verkehr und Lagerei
20	I	Gastgewerbe
21	JC	IT- und Informationsdienstleister
22	JX	Übrige Information und Kommunikation
23	K	Finanz- und Versicherungsdienstleister
24	68 (L)	Grundstücks- und Wohnungswesen
25	69–70	Rechts- u. Steuerberatung, Unternehmensberatung
26	71	Architektur- u. Ingenieurbüros; techn. Untersuchung
27	MX	Übrige freiberufliche, wissenschaftliche u. technische Dienstleister
28	78 (NB)	Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften
29	NX	Sonstige Unternehmensdienstleister
30	O	Öffentliche Verwaltung, Verteidigung; Sozialversicherung
31	P	Erziehung und Unterricht
32	QA	Gesundheitswesen
33	QB	Heime und Sozialwesen
34	R	Kunst, Unterhaltung und Erholung
35	94 (SB)	Interessenvertretungen, religiöse Vereinigungen
36	SX	Sonstige Dienstleister anders nicht genannt
37	T	Häusliche Dienste

Quelle: Eigene Zusammenstellung auf Grundlage der Klassifikation der Wirtschaftszweige WZ2008

A 3 Leitfaden Unternehmensinterviews

Block I: Betroffenheit v von Klimaschutzmaßnahmen

Einschätzung Stärke der Betroffenheit von Klimaschutzmaßnahmen im Unternehmen; ggf. Skala vorgeben (sowas wie: sehr stark betroffen, stark betroffen, kaum/nur leicht betroffen, nicht betroffen)

In welchem Bereich/Geschäftsfeld (hauptsächlich)?

Von welchen Maßnahmen/Vorschriften?

Über welchen Zeitraum?

Unterschiede bzgl. der Betroffenheit innerhalb der eigenen Branche erwartet (bspw. in Abhängigkeit von verwendeten Technologien)? (soweit einschätzbar)

Block II: Chancen und Risiken/Betriebliche Zukunftserwartungen

Einschätzung der Marktveränderung mittel- und langfristig (geändertes Konsumverhalten etc.) => Marktchancen oder -risiken durch Klimaschutz?

Einschätzung der Veränderungen durch politische Rahmenbedingungen (Klimaschutzgesetze etc.)

Positionierung in Relation zu Wettbewerbern im In- und Ausland

Inwieweit verändern sich mittelfristig ohnehin angelegte Planungen durch aktuelle Energiepreiskrise?

Block III: Betriebliche Anpassungsstrategien

Welche bestehenden Dekarbonisierungsmaßnahmen?

Geplante Dekarbonisierungsmaßnahmen/über welchen Zeitraum?

Bei Produktionstechnologien (Erhöhung der Energieeffizienz)

bei Produkten

Weitere Anpassungsmöglichkeiten

Schließung von Produktionsstätten/des Unternehmens

z.B. Verlagerung von Produktionsteilen ins Ausland

z.B. verstärkter Bezug von Vorleistungen aus dem Ausland

Problemfelder (fehlende Ideen/Ansätze)

Block IV: Kosten/Nutzen

Erwartung Rentabilität des Umbaus mittel- und langfristig

Etwaige Chancen durch Umstellung der Produktion auf energieeffiziente/klimaneutrale Produkte (im Automobilbau auch: durch Umstellung auf Elektromobilität o.ä.)

Etwaige Chancen durch verstärkte Nachfrage => erfolgreiche Geschäftsmodelle?

Erwartungen an die Politik: Fördermaßnahmen, Streckung der Anpassungspfade im Klimaschutzgesetz

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

Autoren:

Philip Ulrich, Dr. Katharina Hembach-Stunden, Dr. Britta Stöver, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) mbH; Heinrichstraße 30, 49080 Osnabrück
Telefon: +49 541 40933200; Telefax: + 49 541 40933110
E-Mail: ulrich@gws-os.com
Prof. Dr. Joachim Ragnitz, Anna Kremer, Albert Landsberger, Remo Nitschke,
ifo Institut, Niederlassung Dresden
Einsteinstraße 3, 01069 Dresden
Telefon: + 49 351 26476-17, Telefax: + 49 351 26476-20
E-Mail: Ragnitz@ifo.de

Redaktion:

Sebastian Bartel
Abteilung 2 / Referat 21
August-Böckstiegel-Straße 3, 01326 Dresden Pillnitz
Telefon: + 49 351 2612-2106, Telefax: + 49 351 2612-2099
E-Mail: sebastian.bartel@smekul.sachsen.de

Fotos:

Mainova AG

1. Auflage:

Auflage

Redaktionsschluss:

10.11.2023

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