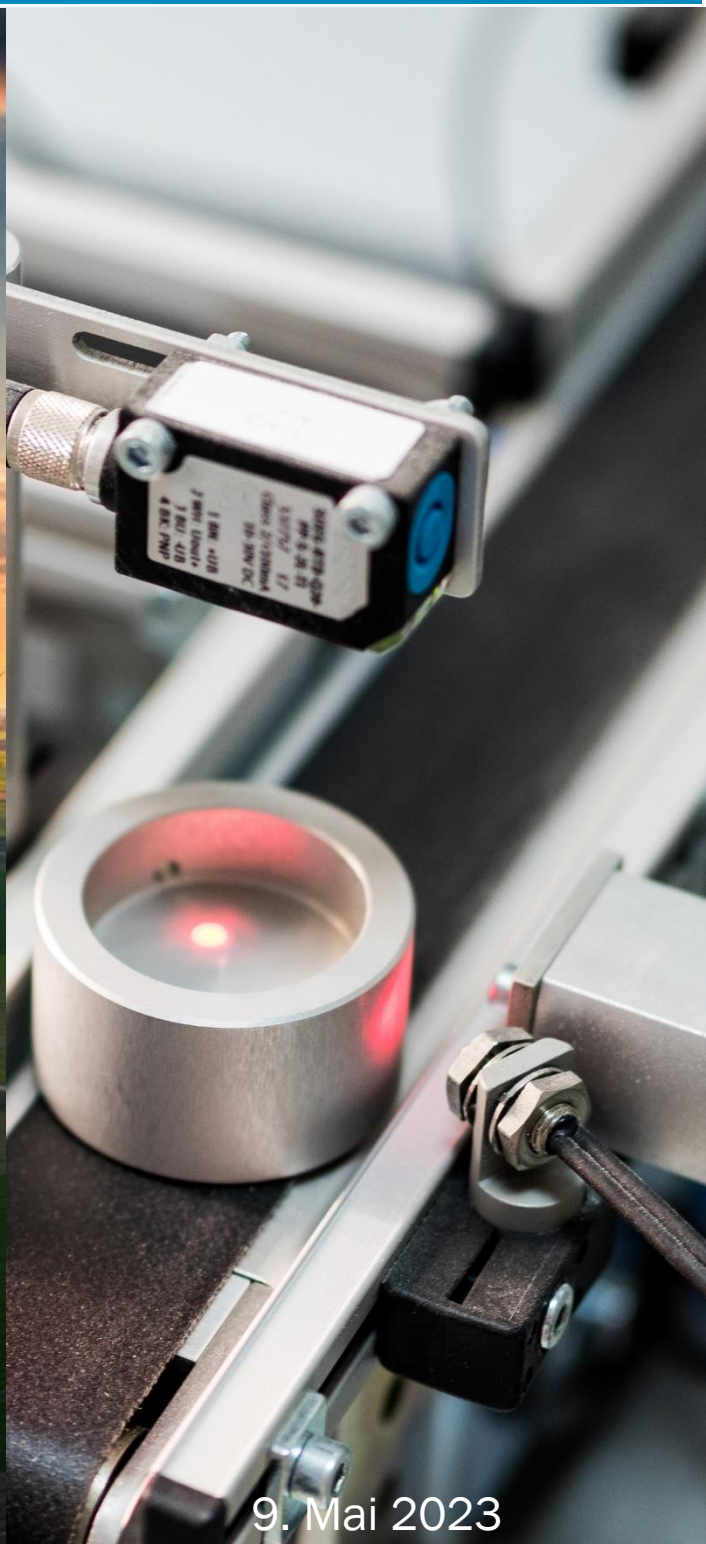


# Wachstumspotenziale der Dekarbonisierung der Thüringer Wirtschaft



## **Impressum**

### **Auftraggeber**

Thüringer Ministerium für Wirtschaft,  
Wissenschaft und Digitale Gesellschaft  
(TMWWDG)

### **Kontakt**

Thüringer Ministerium für Wirtschaft,  
Wissenschaft und Digitale Gesellschaft  
(TMWWDG)  
Max-Reger-Straße 4-8  
99096 Erfurt

[www.tmwwdg.de](http://www.tmwwdg.de)

### **Auftragnehmer**

BAK Economics AG  
Deutsche Energie-Agentur (dena)

### **Redaktion**

Martin Eichler, BAK  
Pascal Hader, dena  
Oliver Lübkers, dena  
Maria Nieswand, dena  
Andrea Wagner, BAK  
Alexandra Zwankhuizen, BAK

© 2023 TMWWDG

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>8</b>
1.1	Ausgangslage und Ziele	8
1.2	Wo steht Thüringen und die Industrie bei der Dekarbonisierung?	10
<b>2</b>	<b>Analyse des Transformationsprozesses der Thüringer Wirtschaft und Ableitung eines Chancen-Risiko-Profiles</b>	<b>12</b>
2.1	Analyserahmen und Indikatoren	12
2.2	Ausgangslage der Thüringer Wirtschaft	15
2.2.1	Wirtschaftskraft Thüringens im Überblick	16
2.2.2	Branchenstruktur und -entwicklung	17
2.2.3	Interregionale Wettbewerbsfähigkeit und Außenhandel	23
2.2.4	Standortattraktivität Thüringens	25
2.3	Energieproduktion	35
2.3.1	Energieaufkommen	35
2.3.2	Primärenergieverbrauch und Energiemix	36
2.3.3	Nichtenergetischer Verbrauch und Endenergieverbrauch	38
2.4	Ausgewählte Aspekte der Energieinfrastruktur	40
2.5	Preisentwicklung	43
2.5.1	Energiepreisindex	43
2.5.2	Erzeugerpreisindex	44
2.5.3	Erzeugerpreisindex auf Ebene der Gütergruppen	45
2.6	Standortfaktor Energie und dessen Bedeutung für die thüringischen Branchen	47
2.6.1	Energieverbrauch nach Verbrauchergruppen und Branchen	47
2.6.2	Zusammenfassung Fokusbranchen	51
2.6.3	Reaktionsmöglichkeiten auf die Dekarbonisierung	52
2.7	Analyse „grüner“ Absatzmärkte	56
2.7.1	Analyse „grüner“ Technologien	57
2.7.2	Aussagen der Expertinnen und Experten	72
2.8	Chancen-Risiko-Profil	73
<b>3</b>	<b>Szenarioanalysen</b>	<b>77</b>

3.1	Ausgangssituation und Vorgehen	77
3.2	Szenarien zur Energiepreisentwicklung	79
3.3	Simulationsmodell	83
3.4	Folgen für die Thüringer Wirtschaftsstruktur	86
3.5	Zentrale Erkenntnisse aus der Szenarioanalyse	97
<b>4</b>	<b>Handlungskonzept als Strategieinput zur Unterstützung eines erfolgreichen Transformationsprozesses</b>	<b>99</b>
4.1	Handlungsfeld 1: Verfügbarkeit Erneuerbarer Energien vorantreiben	99
4.1.1	Potenziale der Photovoltaik auf Flächen mit wenig Nutzungskonkurrenz konsequent nutzen	100
4.1.2	Ausbau der Windenergie beschleunigen	100
4.1.3	Synchronisierung des Netzausbaus mit dem Ausbau Erneuerbarer Energien gewährleisten	101
4.1.4	Eigenstromerzeugung attraktiver machen	101
4.1.5	Gesamtstaatlich Rahmenbedingungen für Versorgungssicherheit schaffen	103
4.2	Handlungsfeld 2: Planungs- und Genehmigungsprozesse beschleunigen	103
4.2.1	Hochkarätige ressortübergreifende Task Force etablieren	104
4.2.2	Möglichkeiten zur Verfahrensbeschleunigung konsequent nutzen	105
4.2.3	Digitalisierung von Verwaltungsverfahren etablieren und Umsetzung vorantreiben	106
4.2.4	Moderne, leistungsfähige und effizient strukturierte Landes- und Kommunalverwaltung schaffen	106
4.3	Handlungsfeld 3: Betriebliche Investitionen zur Dekarbonisierung fördern	107
4.3.1	Wirtschaftsförderung stärker auf Nachhaltigkeit und Klimaschutz ausrichten	107
4.3.2	Beihilferecht an Mid-Cap-Unternehmen anpassen	108
4.3.3	Nutzung bestehender Förderprogramme erleichtern (Förderlotsen)	109
4.3.4	Wirksamkeit von Fördermitteln auf THG-Reduktion monitorieren	110
4.4	Handlungsfeld 4: „Grünen“ Wasserstoff und dessen Infrastruktur ausbauen	110
4.4.1	Anbindung an die überregionale Wasserstoffinfrastruktur schaffen	110
4.4.2	Wasserstoffforschung stärken	111
4.4.3	Lokale und regionale Wasserstoffstrategien und -konzepte fördern	111

4.5	Handlungsfeld 5: „Grüne“ Technologien und Absatzmärkte stärken	112
4.5.1	Bei Forschung und Innovation Schwerpunkte bei Klima- und Ressourcenschonung setzen	113
4.5.2	Vernetzungsprozesse voranbringen	113
4.5.3	Akquisitionsstrategie verstärkt auf „grüne“ Märkte ausrichten	114
4.6	Handlungsfeld 6: Übergreifende Herausforderungen – Akteure zusammenbringen, neue Finanzierungsformen erschließen	114
4.6.1	ThEGA als Kompetenzzentrum für Dekarbonisierung stärken	115
4.6.2	Strukturierten Dialog mit relevanten Akteuren etablieren	115
4.6.3	„Grüne“ Anleihen zur Finanzierung des Transformationsprozesses prüfen	116
<b>5</b>	<b>Anhang</b>	<b>117</b>
5.1	Abbildungs- und Tabellenanhang	117
5.2	Tabellarische Zusammenfassung der Stärken und Schwächen	122
5.3	Methodik der Technologieanalyse	126
5.3.1	Konzept	126
5.3.2	Verwendete Green Tech Technologien	127
5.4	Methodik der Szenarienanalyse	130
5.4.1	Berechnung Preisentwicklung Energie	130
5.4.2	Herleitung der „Prognose“ Basisszenario bis 2035	131
5.4.3	Herleitung der Elastizitäten Energiepreise	132
5.4.4	I/O-Modell	135
5.4.5	Preisbasis des Simulationsmodells	136
5.4.6	Bestimmung Beschäftigung	136

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Wirtschaftskraft im Vergleich.....	16
Tab. 2	Branchenstruktur und Spezialisierung der Gesamtwirtschaft Thüringens, 2019.....	17
Tab. 3	Branchenstruktur und Spezialisierung, Verarbeitendes Gewerbe, Thüringen, 2019.....	19
Tab. 4	Bevölkerung im Vergleich, 2010-2020.....	30
Tab. 5	Breitbandzugang von Haushalten, 2021.....	34
Tab. 6	Teuerungsraten nach Güterklassen, Deutschland, Jan 2021-Mai 2022).....	46
Tab. 7	Energieverbrauch und -intensität nach Wirtschaftszweigen, Thüringen, 2012, 2019.....	49
Tab. 8	Veränderungen Energieverbrauch, BWS und Beschäftigte, Thüringen, 2012, 2019.....	50
Tab. 9	Bewertung der Bedeutung der Thüringer Branchen im Dekarbonisierungsprozess.....	52
Tab. 10	Branchenspezifische Reaktionsmöglichkeiten im Dekarbonisierungsprozess.....	53
Tab. 11	Neue emissionsarme Produktions- und Verfahrenstechnologien.....	55
Tab. 12	Energiekostenelastizitäten nach Branchen.....	85

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Pro-Kopf-CO <sub>2</sub> -Emissionen des Primärenergieverbrauchs, Bundesländer, 1990–2019.....	10
Abb. 2:	CO <sub>2</sub> -Intensität, Bundesländer, 2010-2019.....	10
Abb. 3	Endenergieverbrauch, Verbrauchergruppen, Thüringen, 1990-2019.....	11
Abb. 4	Anteil CO <sub>2</sub> -Emissionen (Endenergie), Verbrauchergruppen, Thüringen, 1990-2019.....	11
Abb. 5	Analytischer Rahmen.....	13
Abb. 6	Beschäftigtenanteile und Beschäftigte des sekundären Sektors, 2019.....	20
Abb. 7	Entwicklung BWS, ausgewählte Sektoren, Thüringen, 2000-2020.....	21
Abb. 8	Wachstumsbeiträge der Industrieleitbranchen sowie Energie- und Abfallwirtschaft,.....	22
Abb. 9	Wachstumsbeiträge der energieintensiven Branchen, 2012-2019.....	23
Abb. 10	Exportbasis und Produktivitätsdifferentiale des Verarbeitenden Gewerbes, 2019.....	24
Abb. 11	BAK Attraktivitätsindex Profil Thüringens, Benchmarking-Sample, 2019.....	26
Abb. 12	F&E-Ausgaben insgesamt (links) und von Unternehmen in % des BIP, 2019.....	28
Abb. 13	Patenintensität im Verarbeitenden Gewerbe im Vergleich, 2019.....	28
Abb. 14	Qualifikationsstruktur des Arbeits-kräftepotenzials im Vergleich, 2019.....	31
Abb. 15	Energieaufkommen in Thüringen, 2015-2019.....	35
Abb. 16	Entwicklung Primärenergieverbrauch und CO <sub>2</sub> -Emissionen, Thüringen, 1990-2019.....	36
Abb. 17	Energiemix in Thüringen (Anteil der eingesetzten Energieträger am PEV), 1990-2019.....	37
Abb. 18	Entwicklung des Endenergieverbrauchs und CO <sub>2</sub> -Emissionen, Thüringen, 1990-2019.....	38
Abb. 19	Endenergieverbrauch nach Energieträgern, Thüringen, 1990-2019.....	39
Abb. 20	Installierte Leistung zur Stromgewinnung in Thüringen (1990-2022).....	40
Abb. 21	Installierte Leistung von Solar- und Windanlagen, Bundesländer, 2021.....	41
Abb. 22:	Entwicklung der installierten Leistung von Wind an Land, Bundesländer, 2000-2021.....	41
Abb. 23:	Entwicklung jährlich neu installierter Leistung Photovoltaik, Bundesländer, 2002-21.....	41
Abb. 24	Installierte Leistung zur Wärmegewinnung aus Erneuerbare Energien, Thüringen, 2000-2020.....	42
Abb. 25	Entwicklung der Energiepreise in Deutschland, 2017-2022, (Basis 100 = 2015).....	43
Abb. 26	Erzeugerpreisindex gewerblicher Produkte, Deutschland, 2017-2022, Basis 100=2015.....	45
Abb. 27	Endenergieverbrauch nach Energieträger, Thüringen 2020.....	51
Abb. 28	Green Tech Patentbestand in Thüringen 2010 und 2020.....	59
Abb. 29	Wachstum des Patentbestandes Erneuerbare Energien 2010–2020 p.a. ....	59
Abb. 30	Wachstum des Patentbestandes Energiespeicherung 2010–2020 p.a. ....	61
Abb. 31	Wachstum des Patentbestandes Elektromobilität 2010–2020 p.a. ....	63
Abb. 32	Wachstum des Patentbestandes Kreislaufwirtschaft 2010–2020 p.a. ....	64
Abb. 33	Wachstum des Patentbestandes Wasserstoff/Brennstoffzelle 2010–2020 p.a. ....	65

Abb. 34	Wachstum des Patentbestandes Energieeffiziente Gebäude 2010–2020 p.a. ....	66
Abb. 35	Wachstum des Patentbestandes Advanced Manufacturing, 2010–2020 p.a. ....	67
Abb. 36	Anteil Weltklassepatente Advanced Manufacturing an allen Patenten.....	68
Abb. 37	Digitale Durchdringung der Green Tech Patente in %.....	69
Abb. 38	Technologieprofil Green Tech: Thüringen vs. Deutschland.....	70
Abb. 39	Chancen-Risiko-Profil Thüringen .....	73
Abb. 40	Entwicklung Energiepreismix (Index) in den verschiedenen Szenarien .....	82
Abb. 41	Entwicklung Gaspreise in den verschiedenen Szenarien .....	82
Abb. 42	Wertschöpfung der Branchen in den verschiedenen Szenarien.....	88
Abb. 43	Wertschöpfungswachstum 2024-2035 der Branchen, verschiedene Szenarien .....	89
Abb. 44	BIP-Wachstum 2024-2035 (links) und BIP-Niveau 2035 (rechts), verschiedene Szenarien.....	91
Abb. 45	Jährliches BIP-Wachstum 2024-2035, verschiedene Szenarien.....	92
Abb. 46	Beschäftigte, Wachstum 2024-2035 (links) und Niveau 2035 (rechts), verschiedene Szenarien ...	93
Abb. 47	Beschäftigte nach Branchen in 2035 in den verschiedenen Szenarien.....	94
Abb. 48	Differenz der Beschäftigung in 2035 zwischen den Szenarien.....	95
Abb. 49	Differenz der Wertschöpfung in 2035 zwischen den Szenarien .....	96

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage und Ziele

Die in der heutigen Produktion verwendeten fossilen Energieträger setzen bei der Verbrennung Kohlenstoff (CO<sub>2</sub>) frei, der in der Regel in die Atmosphäre entlassen wird. Der bereits hohe und immer noch steigende CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Atmosphäre ist nachweislich durch anthropogenes Verhalten getrieben und gilt als Hauptursache für den Klimawandel. Um das Klima zu schützen ist es deshalb angezeigt, den Einsatz kohlenstoffhaltiger Energieträger so weit wie möglich zu reduzieren. Die Umstellung von kohlenstoffhaltigen auf erneuerbare Energiequellen zur energetischen oder stofflichen Nutzung in kohlenstofffreien bzw. -neutralen Produktionsverfahren wird als Dekarbonisierung bezeichnet.<sup>1</sup>

Auf den Klimakonferenzen in Paris (2015), Glasgow (2021) und Kairo (2022) wurde das Ziel vereinbart, die Erderwärmung im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter auf 1,5° Celsius zu begrenzen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden auf EU- und Bundesebene Treibhausgasemissionsziele mit entsprechenden Maßnahmen festgelegt. Mit dem EU-Klimagesetz strebt die EU netto-Null Treibhausgasemissionen („Klimaneutralität“) sowie anschließend negative Emissionen ab 2050 an. Um dieses langfristige Ziel zu erreichen, hat die EU ihr Zwischenziel für das Jahr 2030 auf 55% Emissionsminderung gegenüber 1990 angepasst. Das europäische Klimagesetz macht die Verwirklichung dieses Klimaziels zu einer rechtlichen Verpflichtung. Die EU-Länder arbeiten an neuen Rechtsvorschriften, um dieses Ziel zu erreichen („Fit für 55“). Mit Blick auf das europäische Klimaziel für das Jahr 2030 wurde das deutsche Klimaschutzgesetz geändert mit dem Ziel, dass Deutschland bis zum Ende des Jahrzehnts seinen Treibhausgas-Ausstoß um 65% gegenüber dem Jahr 1990 verringert. Die höheren Ambitionen wirken sich auch auf die CO<sub>2</sub>-Minderungsziele bis zum Jahr 2030 in den einzelnen Sektoren aus: in der Energiewirtschaft, der Industrie, im Verkehr, im Gebäudebereich und in der Landwirtschaft. Diese Ziele und die damit einhergehenden Maßnahmen auf EU- und Bundesebene müssen auch durch Landesmaßnahmen umgesetzt, ergänzt und aktiv begleitet werden.

Dieser Prozess fordert auch die thüringische Wirtschaft. Sie muss ihren fossilen Energieverbrauch zügig reduzieren und auf emissionsärmere Produktionsverfahren umstellen, um die Transformation hin zu einer treibhausgasneutralen Wirtschaft zu bewältigen. Aktuell wird der Druck zur schnellen Transformation zusätzlich erhöht durch die in Folge des Kriegs in der Ukraine hohen Energiepreise und einem möglichen Gasengpass. Die Dekarbonisierung erfordert eine umfangreiche Transformation, die Auswirkungen auf die meisten thüringischen Unternehmen haben wird.

Zu diesem Transformationsprozess gehört eine zunehmende Verfügbarkeit von nicht-fossiler Energie (sowohl nicht-fossilen Energieträgern als auch den entsprechenden Infrastrukturen). Hinzu gehört ebenso die Umstellung von CO<sub>2</sub>-basierten Wertschöpfungsprozessen. Damit verbunden sind sowohl Investitionen in Kapital (z.B. in neue Produktionsanlagen, aber auch in Know-how sowie in Humankapital) als auch in Forschung und Entwicklung. Dieser Anpassungsprozess birgt das Risiko, dass sich bestimmte Geschäftsmodelle nicht mehr lohnen, eröffnet aber auch Chancen durch neue Produktionsverfahren, Geschäftsmodelle und Produkte u.a. im Fahrzeug-, Maschinen- und

---

<sup>1</sup> <https://www.energie-lexikon.info/dekarbonisierung.html>. Ein ähnlicher, aber nicht identischer Begriff ist die Defossilisierung, also die Vermeidung fossiler Energieträger. Wenn erdölbasierte Kraftstoffe durch Biokraftstoffe ersetzt werden, wäre das eine Defossilisierung, aber keine Dekarbonisierung, da immer noch Kohlenstoff (wenn auch aus anderen Quellen) eine wesentliche Rolle spielt (siehe ebd.). Im Weiteren wird der Begriff Dekarbonisierung verwendet.



Anlagenbau. Die aktive Gestaltung dieses Wandels eröffnet Möglichkeiten, neue Wertschöpfungspotenziale zu generieren.

Das vorliegende Gutachten analysiert den anstehenden Transformationsprozess der Thüringer Wirtschaft und zeigt auf, wie die Wirtschaftspolitik den Prozess erfolgreich begleiten kann.

Ziel des Gutachtens ist es, folgende Leitfragen zu beantworten:

1. Welche ökonomischen Chancen und Anpassungserfordernisse birgt die Dekarbonisierung für den Wirtschaftsstandort Thüringen?
2. Wie verändert sich mittelfristig die Wirtschaftsstruktur unter verschiedenen Annahmen über Energieverfügbarkeit, Energiemix und Preise? Was sind mögliche Entwicklungslinien und was bedeuten diese für die Bruttowertschöpfung in Thüringen sowie den Energiebedarf?
3. Wie kann die Wirtschaftspolitik wirksam dazu beitragen, dass mit der Dekarbonisierung verbundene Wertschöpfungspotenziale erschlossen werden und der Transformationsprozess zu treibhausgasarmen bzw. -neutralen Technologien gesamtwirtschaftlich erfolgreich bewältigt werden kann?

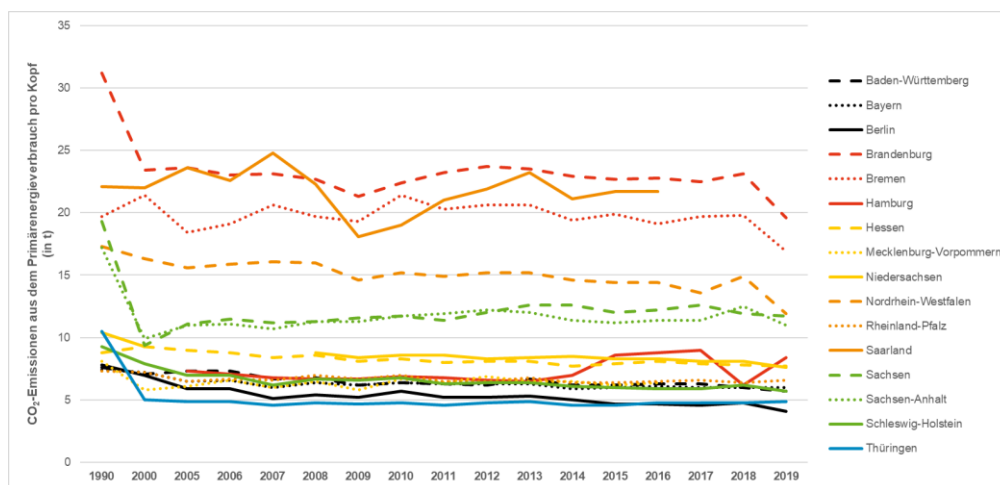
Das vorliegende Gutachten Wachstumspotenziale der Dekarbonisierung der Thüringer Wirtschaft wurde vom Schweizer Wirtschaftsinstitut BAK Economics und der Deutschen Energie-Agentur (dena) im Auftrag des Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft (TMWWDG) erstellt.

Der Bericht ist folgendermaßen strukturiert: Im ersten Teil wird mit Blick auf den Prozess der Dekarbonisierung ein Chancen-Risiko-Profil für den Wirtschaftsstandort Thüringen erstellt (Kapitel 2). Anschließend werden die möglichen Folgen der Dekarbonisierung anhand von Szenarien analysiert (Kapitel 3). Darauf aufbauend werden Handlungsfelder aufgezeigt (Kapitel 4). Kapitel 5 beinhaltet den Anhang.

## 1.2 Wo steht Thüringen und die Industrie bei der Dekarbonisierung?

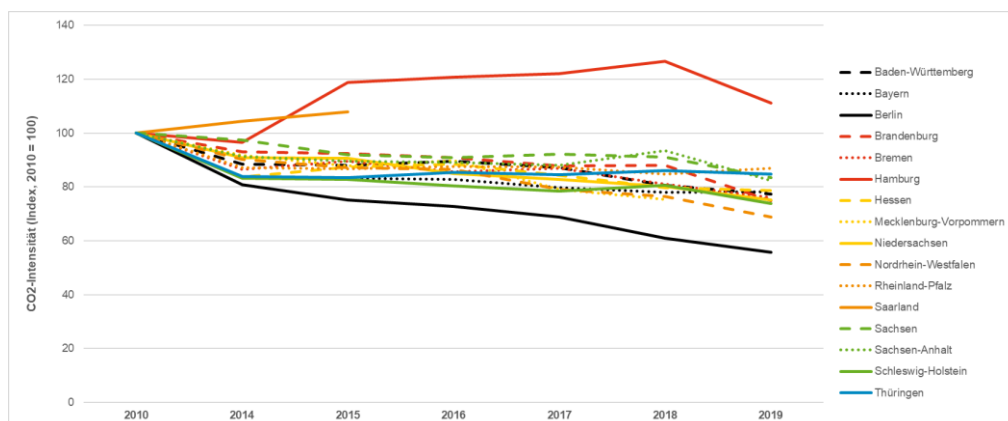
Thüringen verfügt im bundesweiten Vergleich seit 2000 über einen der geringsten CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf (Abb. 1). Auch wenn Thüringen schon besser aufgestellt ist als die anderen Bundesländer, besteht trotzdem Handlungsbedarf zur weiteren Reduzierung von Treibhausgasemissionen. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß verharrt auf einem konstanten Niveau. Im Gegensatz zu den meisten anderen Bundesländern ist am aktuellen Rand der Erhebung ein leicht steigender Trend der Pro-Kopf-Emissionen festzustellen. Betrachtet man zusätzlich die CO<sub>2</sub>-Emissionen gemessen an der Bruttowertschöpfung (Abb. 2), wird deutlich, dass sich Thüringen bei der Entwicklung im bundesweiten Mittelfeld befindet und sich die CO<sub>2</sub>-Intensität in den vergangenen Jahren kaum verändert hat, während sich in fast allen anderen Bundesländern zumindest in den letzten Jahren ein sinkender Trend abzeichnet.

**Abb. 1: Pro-Kopf-CO<sub>2</sub>-Emissionen des Primärenergieverbrauchs, Bundesländer, 1990–2019**



Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien, verschiedene Quellen

**Abb. 2: CO<sub>2</sub>-Intensität, Bundesländer, 2010-2019**



Dargestellt sind energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Primärenergieverbrauch (ohne internationalen Luftverkehr) je Bruttoinlandsprodukt (preisbereinigt, verkettet).

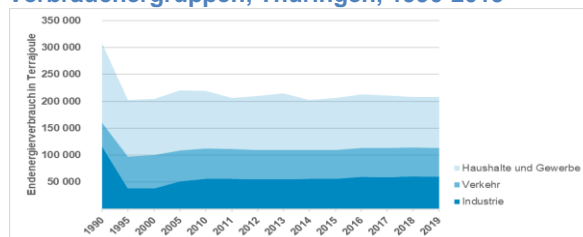
Quelle: Statistikportal der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder, Länderarbeitskreis Energiebilanzen (Datenbankabruf: 10.03.2022); Bruttoinlandsprodukt Berechnungsstand: November 2021/Februar 2022

Der in Abb. 2 dargestellte Bundesländervergleich bezieht sich, wie üblich, auf den Primärenergieverbrauch, also den gesamten Energiegehalt, der sowohl zur Energieumwandlung als auch direkt in den Verbrauchssektoren benötigt wird. Nach wie vor ist es auch der direkte Energieendverbrauch in den Haushalten, im Verkehr und in der Industrie, der den Großteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen ausmacht (Abb. A-1).

Insgesamt bewegt sich der Endenergieverbrauch in Thüringen seit 1995 auf einem konstanten Niveau (Abb. 3). Dabei entfallen rund 29% auf das Verarbeitende Gewerbe und den Bergbau (Industrie), 26% auf den Verkehr und 45% auf Haushalte, Gewerbe und Dienstleistungen. Diese Verteilung ist seit 2005 weitgehend unverändert.

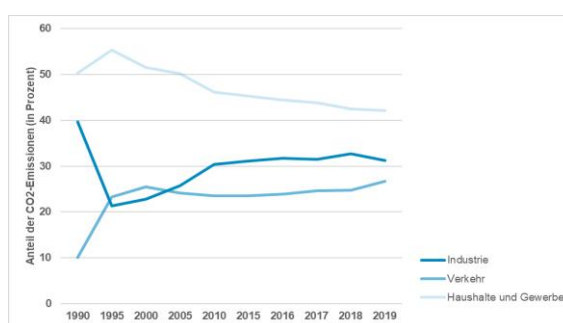
Ähnlich verhält sich die Verteilung bezüglich der CO<sub>2</sub>-Emissionen: Hier entfallen im Jahr 2019 circa 31% auf das Verarbeitende Gewerbe und den Bergbau (Industrie), 27% auf den Verkehr und 42% auf Haushalte, Gewerbe und Dienstleistungen im Jahr 2019. Während allerdings die Emissionen der Haushalte tendenziell rückläufig sind, ist dies für das Verarbeitende Gewerbe und den Bergbau (Industrie) sowie den Verkehr nicht zutreffend (Abb. 4). Vor allem der Anteil der Industrie erhöht sich als Folge des Reindustrialisierungsprozesses nach dem Einbruch nach der deutschen Vereinigung seit Mitte der 1990er Jahre deutlich und konnte in den vergangenen Jahren nicht wesentlich reduziert werden.

**Abb. 3 Endenergieverbrauch, Verbrauchergruppen, Thüringen, 1990-2019**



Quelle: Thüringer Landesamt für Statistik (2022): Energiebilanz und CO<sub>2</sub>-Bilanz Thüringens 2019

**Abb. 4 Anteil CO<sub>2</sub>-Emissionen (Endenergie), Verbrauchergruppen, Thüringen, 1990-2019**



Quelle: Thüringer Landesamt für Statistik (2022): Energiebilanz und CO<sub>2</sub>-Bilanz Thüringens 2019

Im Rahmen der Dekarbonisierung Thüringens sind die Entwicklungen im Industriesektor von besonderer Bedeutung. Zum einem ist die Industrie gefordert, den Ausstoß von Treibhausgasen zu vermindern und ihre Herstellungsprozesse in der mittleren Frist soweit möglich klimaneutral zu gestalten. Zum anderen kann sie die Produkte entwickeln, um Treibhausgasemissionen weltweit aber auch der anderen Bereiche (Verkehr, Haushalte, Gewerbe etc.) zu vermindern. Zum weiteren ist die Industrie der bedeutendste Wachstumsfaktor für die Wirtschaft und damit die Basis für Wohlstand. Für den Transformationsprozess müssen die Unternehmen proaktiv tätig werden, aber es müssen auch Rahmenbedingungen geschaffen werden, die entsprechende Entwicklungen befördern.

## 2 Analyse des Transformationsprozesses der Thüringer Wirtschaft und Ableitung eines Chancen-Risiko-Profiles

Im Mittelpunkt dieses Kapitels steht die Beantwortung der folgenden Fragen:

- Was ist die wirtschaftliche Ausgangslage der Thüringer Wirtschaft? Welche Branchenstruktur weist sie auf und wie wettbewerbsfähig ist diese? Wie attraktiv ist der Standort?
- Wie ist die Energieproduktion in Thüringen heute aufgestellt (Umfang, Mix, Entwicklung, Eigenproduktion)?
- Welche Rolle spielt der Standortfaktor Energie (Energieversorgung, Kosten, Ausbaupotential etc.)? Wie ist die Energieintensität der einzelnen Branchen?
- Welche Möglichkeiten haben einzelne Branchen, ihren Energiebedarf zu reduzieren oder anderweitig umzustellen, um CO<sub>2</sub>-neutraler zu werden? Was sind die Auswirkungen eines anderen Energieträgermixes? Welche Investitionen sind für diese Umstellungen notwendig?
- Wo können Innovationschancen genutzt werden? Welche Branchen profitieren von der Umstellung auf energiesparende Prozesse durch die Herstellung von Investitionsgütern, etc.?
- Welche Rolle spielen die gleichzeitig ablaufenden wirtschaftlichen Herausforderungen Digitalisierung und Fachkräftesicherung und wie sind die Interdependenzen mit der Dekarbonisierung?

### 2.1 Analyserahmen und Indikatoren

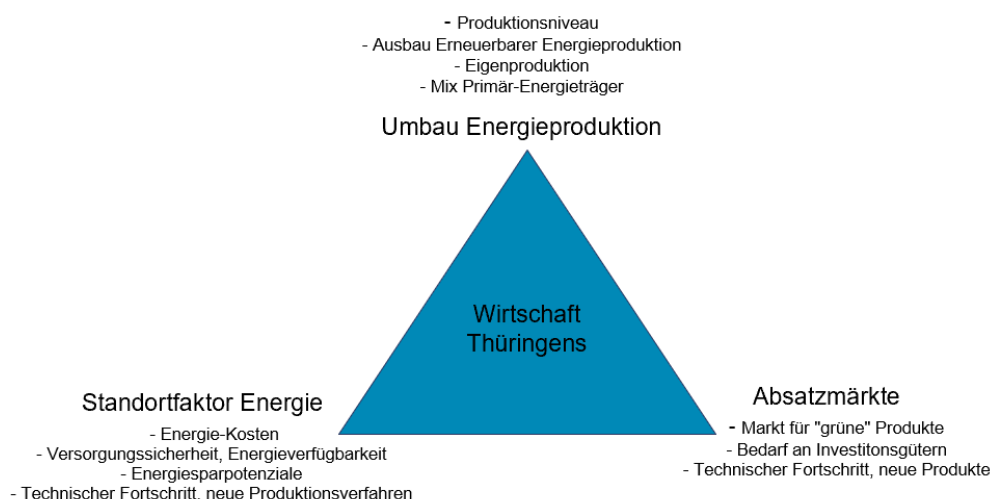
Um die Chancen und Risiken für die Wirtschaft Thüringens identifizieren zu können, bedarf es zunächst eines analytischen Rahmens, der es erlaubt, die relevanten Wirkungskanäle der Dekarbonisierung auf die Thüringer Industrie systematisch zu erfassen.

Das Schaubild bildet schematisch in drei Feldern ab, welche Transformationsprozesse im Zuge der Dekarbonisierung für die Thüringer Wirtschaft wesentlich sind. Ausgangspunkt bildet dabei die derzeitige Situation der **Wirtschaft Thüringens**: ihre Branchenstruktur, die Wettbewerbsfähigkeit, die Einbindung in Wertschöpfungsketten und Exportorientierung ihrer Produkte sowie nicht zuletzt das regionale Innovationssystem. Ebenfalls als relevante Elemente der Ausgangslage ist der Stand von Digitalisierung und Demographie zu betrachten.

Das erste Feld, in dem sich der Transformationsprozess auswirken wird, bezieht sich auf die **Energieproduktion** in Thüringen selbst. Die Energiewirtschaft ist hier als ein Teil der Thüringer Wirtschaft gefordert. Für diese ändern sich aktuell die Rahmenbedingungen wesentlich. Dementsprechend fundamental wird der Transformationsprozess in diesem Bereich der Wirtschaft ausfallen. Hierzu gehört an erster und zentraler Stelle die Umstellung der Energieproduktion auf erneuerbare Energiequellen und deren Ausbau sowie die steigende Stromnachfrage durch die verstärkte Elektrifizierung der Energienachfrage. Weitere Elemente des Transformationsprozesses in diesem Zusammenhang sind die Anpassungen der Verteilinfrastrukturen oder die Erhöhung von Eigenproduktion von Strom durch Energieverbraucher. Die Energieversorgung als Teil der Wirtschaft Thüringens wird mit dem Transformationsprozess zur Dekarbonisierung erhebliche Veränderung bewältigen müssen, wobei jedoch durchaus auch Potenzial für einen Ausbau der wirtschaftlich relevanten Leistungen besteht. Gleichzeitig hat der Erfolg

oder Misserfolg des Transformationsprozesses in der Energiewirtschaft einen entscheidenden Einfluss auf die Auswirkungen im zweiten Feld, welches sich mit dem **Standortfaktor Energie** beschäftigt und somit primär mit der Verfügbarkeit von sowie den Kosten für Energie.

**Abb. 5 Analytischer Rahmen**



Quelle: BAK Economics

Der **Standortfaktor Energie**, die Verfügbarkeit von Energie, v.a. auch von Erneuerbaren Energien oder zukünftigen klimaneutralen Energieträgern (z.B. Wasserstoff), aber auch die Energiekosten stellen für die gesamte Wirtschaft Thüringens einen wichtigen Kosten- und Standortfaktor dar. Energie ist in allen wirtschaftlichen Aktivitäten ein essenzieller Inputfaktor. Insofern ist von diesem Feld grundsätzlich die gesamte Wirtschaft betroffen. In besonderem Maße gilt dies allerdings für die Industrie, in welcher der Anteil der Energie als Inputfaktor typischerweise höher ist: Dies gilt insbesondere für die sehr energieintensiven Teile der produzierenden Industrie. Hinzu kommt, dass in Teilen der Industrie nicht nur die Kosten und die allgemeine Verfügbarkeit von Energie von Bedeutung sind, sondern auch eine Prozessabhängigkeit von spezifischen Energieträgern besteht (z.B. Erdgas als Grundstoff in der Chemischen Industrie).

Die Verfügbarkeit von erneuerbaren/klimaneutralen Energieträgern und die Umstellung auf eine CO<sub>2</sub>-neutrale bzw. klimaschonendere Produktion sind die wohl wichtigsten Bausteine der Transformation in diesem Themenfeld. Sie bestimmen die Entwicklung einerseits des Angebots an Energie und andererseits der Nachfrage, und somit letztendlich den Preis von Energie. Dieser beeinflusst die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen ganz direkt. Der Preis und vor allem die Erwartungen über die zukünftige Preisentwicklung beeinflussen aber auch Investitions- und Standortentscheidungen der Unternehmen und somit die langfristige Entwicklung der Wirtschaft Thüringens. Ebenso wichtig ist die Gewährleistung der Versorgungssicherheit, wozu gehört, unabhängiger zu werden von Importen fossiler Energieträger (insbesondere von russischem Gas). Um eine ausreichende Verfügbarkeit von Energie aus erneuerbaren Quellen zu gewährleisten, geht es nicht nur um eine bessere Ausschöpfung der Erzeugungspotenziale in Thüringen, sondern um einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und damit ein Gelingen der Energiewende insgesamt.

Die Beantwortung der folgenden Fragen gibt Hinweise auf die notwendigen Anpassungserfordernisse und -fähigkeiten der Thüringer Wirtschaft:

- Wie hoch ist der Energieverbrauch (gemessen z.B. auch am Energieverbrauch pro BWS; CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro Bruttowertschöpfung (BWS))?
- Wie groß ist das Potenzial für Energieeinsparungen, alternativer Energiequellen und Produktionsverfahren?
- Wie groß ist die Fähigkeit der Thüringer Wirtschaft – und dabei insbesondere auch der KMU mit häufig limitierten Spielräumen – für eine Adaption von alternativen (Transformations-)Technologien?

Das dritte Feld fokussiert auf die Chancen der Thüringer Unternehmen als Produzenten bzw. Lieferanten von Investitionsgütern, die für die Transformation oder allgemein für klimaneutrale Technologien benötigt werden. Zu diesem Feld gehören aber auch die Marktopportunitäten von sonstigen Gütern, welche als „grün“ oder CO<sub>2</sub>-neutral angesehen werden können. Wo können die Thüringer Unternehmen von neuen **„grünen“ Absatzmärkten** profitieren?

Welche Produkte und Technologien werden weltweit im Rahmen der Dekarbonisierung der Produktion und dem Aus- und Umbau der Energieversorgung gebraucht? Wie sind die Thüringer Unternehmen in der Investitionsgüterindustrie in Bezug auf ihr Produktportfolio in diesem Bereich aufgestellt und über welche Innovationspotenziale verfügt die Industrie Thüringens hierbei?

Ähnliche Fragen stellen sich bezüglich der Opportunitäten der als „grün“ oder CO<sub>2</sub>-reduziert oder -frei angesehenen Produkten. Hier kann auf bestehenden Strukturen und Stärken aufgebaut werden, und eine erfolgreiche Transformation der gesamten Wirtschaft und insbesondere der Energieversorgung ermöglicht auch die Entwicklung und Vermarktung entsprechender Produkte. Mit der zunehmenden Bedeutung der Dekarbonisierung ganzer Wertschöpfungsketten ist von einer zunehmenden Nachfrage nach verschiedensten Produkten und Dienstleistungen auszugehen, die (nachweislich) CO<sub>2</sub>-frei oder zumindest reduziert hergestellt sind. Da hierbei nicht nur einzelne Produktionsschritte im Zentrum stehen, sondern eine gesamte Wertschöpfungskette, geht die Herausforderungen in der Entwicklung derartiger Produkte häufig über ein einzelnes Unternehmen hinaus. Dies stellt eine Chance für eine entsprechend aufgestellte regionale Wirtschaft mit integrierten Wertschöpfungsketten dar, insbesondere wenn eine frühe Adaption erfolgt und der First Mover Advantage genutzt werden kann.

In allen Analysen ist das Zusammenspiel mit dem Umfeld wichtig. Ganz besonders stellt sich die Frage, welche zusätzlichen Chancen sich für Thüringen aus der Kombination mit der Digitalisierung ergeben und ob die demographische Situation in Thüringen die Nutzung dieser Chancen hemmt? Wie der analytische Rahmen zeigt, fordert die Dekarbonisierung und der damit verbundene Transformationsprozess die Thüringer Wirtschaft in verschiedenen Feldern heraus. Die Herausforderungen stellen sich dabei sowohl die Form von zu bewältigenden Risiken wie auch von zu ergreifenden Chancen. Von der Energiewirtschaft, welche wohl vor der größten Transformationsherausforderung steht, über Industrien mit besonders energieintensiven Produktionsprozessen und die Investitionsgüterindustrie, welche ebenfalls vor einer erheblichen Transformation stehen, aber auch die sich dabei ergebenden Chancen nutzen können, bis hin zur gesamten Industrie und – in geringerem Maß – auch dem Rest der Wirtschaft werden die mit der Dekarbonisierung verbundenen Veränderungen die gesamte Wirtschaft Thüringens betreffen.

Die Struktur des Kapitels zwei folgt diesem analytischen Rahmen, weshalb zunächst die Ausgangslage der Thüringer Wirtschaft analysiert wird. Anschließend wird die Energieproduktion in Thüringen beleuchtet und dann auf das Thema Energie als Standortfaktor eingegangen. Dem folgt eine Untersuchung der „grünen“ Absatzmärkte. Zum Schluss werden die verschiedenen Themen zu einem Chancen-Risiko-Profil zusammengefasst.

## **2.2 Ausgangslage der Thüringer Wirtschaft**

Um die Chancen und Risiken der Dekarbonisierung für die Thüringer Wirtschaft zu analysieren, wird zunächst auf die Ausgangslage der Wirtschaft eingegangen und folgenden Fragen nachgegangen:

- Wie hat sich die Wirtschaft in den letzten Jahren im Vergleich zu anderen Regionen entwickelt?
- Was sind die Thüringer Leitbranchen und wie wettbewerbsfähig sind diese? Welche Bedeutung haben die energieintensiven Branchen in Thüringen im nationalen und internationalen Vergleich?
- Wie attraktiv ist der Standort für Unternehmen und Arbeitskräfte?

Zur Einordnung Thüringens bzgl. Wirtschaftskraft, Wettbewerbsfähigkeit und Standortattraktivität wird Thüringen mit einem Benchmarking-Sample bestehend aus 11 europäischen Regionen verglichen. Als Vergleichsregionen wurden Regionen ausgewählt, deren Größe mit Thüringen vergleichbar sind und die über einen ähnlich hohen Wertschöpfungsanteil an verarbeitendem Gewerbe und energieintensiven Branchen verfügen. Um eine gewisse geographische Bandbreite zu gewährleisten, besteht das Benchmarking-Sample aus Regionen der folgenden Länder: Schweden (Westschweden), Dänemark (Süddänemark), Deutschland (Unterfranken), Österreich (Niederösterreich), Niederlande (Nordbrabant), Frankreich (Elsass), Tschechien (Südosttschechien), Polen (Pommern), die Slowakei (Westslowakei), Großbritannien (Derbyshire/Nottinghamshire) sowie Spanien (Baskenland). Als Referenzgrößen werden zudem Deutschland, der Durchschnitt der ostdeutschen Flächenländer, sowie der westeuropäische und osteuropäische Durchschnitt hinzugezogen. Eine Übersicht der Benchmarking-Regionen befindet sich im Anhang Tabelle A3.

Zur Erhebung der Ausgangslage der Thüringer Wirtschaft werden zunächst die wichtigsten volkswirtschaftlichen Kennzahlen zur Einschätzung der Wirtschaftskraft Thüringens dargelegt. Es folgt eine Analyse der Branchenstruktur und Branchenentwicklung. Anschließend wird die internationale Wettbewerbsfähigkeit Thüringens untersucht. Im Anschluss daran wird die Attraktivität des Freistaates für Unternehmen und Fachkräfte analysiert und ausgewählte Aspekte (Fachkräfte und Digitalisierung) vertiefend betrachtet. Die Analysen stützen sich im Wesentlichen auf die Auswertung ausgewählter wirtschaftlicher Kennziffern, ergänzt durch Erkenntnisse aus Dokumentenanalysen und Expertengesprächen.



## 2.2.1 Wirtschaftskraft Thüringens im Überblick

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die wichtigsten wirtschaftlichen Kennziffern Thüringens im Benchmarking-Vergleich.

**Tab. 1 Wirtschaftskraft im Vergleich**

<b>Wirtschaftskraft</b>					
<b>Region</b>	<b>BIP pro Kopf, 2020</b>	<b>Wachstum BWS, 2012-2019</b>	<b>Wachstum Besch., 2012-2019</b>	<b>Stundenproduktivität, 2019</b>	<b>Wachstum Produktivität, 2012-2019</b>
Thüringen	28'833	1.1%	- 0.1%	54	1.5%
Deutschland	39'918	1.2%	1.0%	67	0.6%
Ostdeutsche Flächenländer	29'083	1.2%	0.3%	55	1.3%
Westeuropa	36'631	1.4%	0.8%	62	0.6%
Osteuropa	15'527	2.8%	0.9%	37	2.1%
Benchmarking-Sample	33'232	1.6%	0.8%	55	1.0%
Rang Thüringen	8	12	12	8	3
Region 1. Rang	Süddänemark	Pommern	Westschweden	Süddänemark	Pommern
Region 12. Rang	Pommern	Thüringen	Thüringen	Pommern	Derby- und Nottinghamshire

Nominales BIP pro Kopf in EUR (zu laufenden Preisen und Wechselkursen, Kaufkraft bereinigt); Jährliche durchschnittliche Wachstumsrate der realen Bruttowertschöpfung (BWS); Jährliche durchschnittliche Wachstumsrate der Beschäftigten (Arbeitsplätze); Nominale Stundenproduktivität ist die Bruttowertschöpfung in USD pro geleistete Arbeitsstunde für das Jahr 2019 (zu laufenden Preisen und Wechselkursen, Kaufkraft bereinigt); Jährliche durchschnittliche Wachstumsrate der realen Stundenproduktivität.

Quelle: OECD, Eurostat, OEF, nationale Statistiken, BAK Economics

Das BIP pro Kopf Thüringens liegt etwa im Schnitt der ostdeutschen Flächenländer, ist aber niedriger als in Deutschland insgesamt, Westeuropa und dem Benchmarking-Sample. Im Vergleich zum Durchschnitt der osteuropäischen Länder ist das Pro-Kopf-Einkommen Thüringens fast doppelt so hoch.

Die reale Bruttowertschöpfung (BWS) ist in Thüringen zwischen 2012 und 2019 mit mehr als 1% pro Jahr gewachsen. Damit ist das Wirtschaftswachstum etwas schwächer als in Westeuropa (1,4%) und allen Vergleichsregionen. Verantwortlich dafür ist die durch den demographischen Wandel ausgelöste rückläufige Beschäftigung. Die Beschäftigung ist im Zeitraum 2012-2019 um durchschnittlich 0,1% pro Jahr geschrumpft. Innerhalb der Vergleichsregionen ist die Beschäftigung sonst überall gestiegen. Thüringen liegt damit auch unter dem Mittelwert der ostdeutschen Flächenländer (0,3%) und aller Benchmarking-Regionen.

Die Stundenproduktivität Thüringens (54), gemessen anhand der Wertschöpfung pro Arbeitsstunde in EUR, befindet sich im Schnitt der ostdeutschen Flächenländer (55). Sie ist deutlich höher als in Osteuropa (37), allerdings niedriger als in Deutschland (67) und Westeuropa (62). Die Produktivitätslücke Thüringens gegenüber Deutschland scheint vor allem an den Thüringer Großbetrieben zu liegen, während Thüringer KMU inzwischen im Durchschnitt keinen Produktivitätsrückstand mehr aufweisen und die größeren Thüringer KMU bei der Arbeitsproduktivität mittlerweile sogar leicht über dem gesamtdeutschen Durchschnitt liegen.<sup>2</sup>

Die Produktivität in Thüringen ist stärker gewachsen als in den ostdeutschen Flächenländern, in den Benchmarking-Sample-Regionen, in Deutschland und auch in Westeuropa, wobei das Ausgangsniveau Thüringens im Verhältnis zu Deutschland und Westeuropa etwas tiefer war. Stärker als in Thüringen hat nur die Stundenproduktivität der osteuropäischen EU-Länder zugelegt, allerdings von einem deutlich tieferen Niveau.

<sup>2</sup> Vgl. TMWWDG (2021): Digitalisierung. Dekarbonisierung. Demografie. Wandel gestalten. Thüringer Mittelstandsbericht, Erfurt, S. 27-28.



## 2.2.2 Branchenstruktur und -entwicklung

### 2.2.2.1 Branchenstruktur

Tab. 2 zeigt die Anteile der Wirtschaftsabschnitte Thüringens (TH) an der gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung im Jahr 2019 und vergleicht diese mit den Anteilen in Deutschland (D), den ostdeutschen Flächenländern (ODFL), dem westeuropäischen (WE) und osteuropäischen (OE) Durchschnitt. Außerdem sind die Standortquotienten angegeben. Standortquotienten von eins und weniger sind rot markiert. In diesen Branchen ist der Wertschöpfungsanteil in Thüringen gleich oder kleiner als in der Vergleichsregion. Standortquotienten von 1,01 bis 1,50 sind grün und Werte grösser 1,5 sind gelb markiert. In diesen Branchen ist Thüringen spezialisiert (ebenso Tab. 3).

Auffallend ist die starke industrielle Prägung der Thüringer Wirtschaft: 23% der Wertschöpfung erwirtschaftet das Verarbeitende Gewerbe. Damit ist das Verarbeitende Gewerbe in Thüringen stärker vertreten als in Deutschland insgesamt und um 8% höher als der westeuropäische Durchschnitt. Innerhalb des Verarbeitenden Gewerbes Thüringens sind die Branchen mit hohem und mittel-hohen sowie mittel-tiefen und geringen Technologieniveau in einem ähnlichen Umfang repräsentiert (jeweils um die 11,5%). Im Regionenvergleich lässt sich ein höherer Wertschöpfungsanteil in der Herstellung mit einem hohem Technologieniveau in Thüringen feststellen, was sich auch im einem Standortquotienten von durchgängig 1,5 und höher widerspiegelt. Dieser hohe Anteil ist vor allem auf die Branche Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen zurückzuführen, die in Thüringen überproportional stark vertreten ist (siehe Tab. 3).

**Tab. 2 Branchenstruktur und Spezialisierung der Gesamtwirtschaft Thüringens, 2019**

Wirtschaftsbereiche	Anteile Bruttowertschöpfung					Standortquotient			
	TH	D	ODFL	WE	OE	D	ODFL	WE	OE
Primärer Sektor	1.3%	0.8%	1.4%	1.4%	2.7%	1.6	0.9	0.9	0.5
Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden	0.2%	0.1%	0.2%	0.6%	1.1%	1.4	0.8	0.2	0.1
Verarbeitendes Gewerbe	23.0%	21.2%	17.3%	15.2%	20.6%	1.1	1.3	1.5	1.1
Herstellung mit hohem Technologieniveau	3.2%	2.2%	1.7%	2.1%	1.5%	1.5	1.9	1.5	2.1
Herstellung mit mittel- hohem Technologieniveau	8.4%	10.8%	6.7%	5.6%	6.5%	0.8	1.2	1.5	1.3
Herstellung mit mittel- tiefem Technologieniveau	7.1%	4.8%	5.2%	3.7%	6.9%	1.5	1.4	1.9	1.0
Herstellung mit geringem Technologieniveau	4.3%	3.4%	3.7%	3.8%	5.7%	1.3	1.2	1.1	0.8
Energieversorgung	1.8%	1.8%	2.6%	1.7%	2.7%	1.0	0.7	1.0	0.7
Wasser, Abwasser, Abfall	1.8%	1.1%	2.1%	0.9%	1.1%	1.6	0.9	1.9	1.6
Bau	7.4%	5.4%	7.9%	5.6%	6.6%	1.4	0.9	1.3	1.1
Gross- und Einzelhandel	7.4%	10.0%	8.3%	10.9%	14.6%	0.7	0.9	0.7	0.5
Verkehr und Lagerei	3.9%	4.4%	4.9%	4.7%	6.5%	0.9	0.8	0.8	0.6
Gastgewerbe	1.2%	1.7%	2.1%	2.9%	1.6%	0.7	0.6	0.4	0.8
Verlag und Film	0.3%	1.0%	0.4%	1.2%	0.9%	0.3	0.6	0.2	0.3
IKT Dienstleistungen	1.7%	3.9%	2.1%	4.0%	3.9%	0.4	0.8	0.4	0.4
Finanzen und Versicherungen	1.7%	3.8%	1.8%	5.0%	4.0%	0.5	0.9	0.3	0.4
Gründstücks- und Wohnungswesen	10.3%	10.5%	10.8%	11.3%	7.3%	1.0	1.0	0.9	1.4
Freie, wissenschaftl., techn. Dienstleistungen	3.3%	6.5%	3.4%	7.0%	5.9%	0.5	1.0	0.5	0.6
Sonstige wirtschaftliche Dienstleistungen	5.5%	5.1%	6.0%	4.9%	2.8%	1.1	0.9	1.1	2.0
Öffentliche Verwaltung	8.6%	6.3%	8.7%	6.3%	6.1%	1.4	1.0	1.4	1.4
Erziehung und Unterricht	6.1%	4.6%	6.0%	4.9%	4.6%	1.3	1.0	1.2	1.3
Gesundheits- und Sozialwesen	10.5%	7.8%	9.9%	7.8%	4.5%	1.3	1.1	1.4	2.3
Kunst und Unterhaltung	1.5%	1.4%	1.6%	1.4%	1.0%	1.1	1.0	1.1	1.5
Sonstige Dienstleistungen	2.5%	2.2%	2.5%	1.7%	1.3%	1.1	1.0	1.5	2.0
Haushaltsnahe Dienstleistungen	0.1%	0.2%	0.1%	0.4%	0.1%	0.2	0.8	0.1	0.5
Gesamtwirtschaft	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%				

Der Standortquotient gibt an, wie hoch der Anteil eines Wirtschaftsbereiches an der Wertschöpfung Thüringens im Vergleich zum Anteil der Vergleichsregionen ist. Ein Wert über 1 weist auf eine Spezialisierung Thüringens hin.

Quelle: OECD, Eurostat, OEF, nationale Statistiken, BAK Economics

Der Anteil des Abschnittes Bergbau und die Gewinnung von Steinen und Erden ist mit 0,2% in Thüringen ähnlich gering wie in den ostdeutschen Flächenländern und leicht höher als in Deutschland. Der Wertschöpfungsanteil der Energieversorgung ist mit 1,8% durchschnittlich. Hingegen ist der Wertschöpfungsbeitrag (ebenfalls 1,8%) der Wasserversorgung sowie Abwasser- und Abfallbeseitigung etwas höher als in den Vergleichsregionen (außer den ostdeutschen Flächenländern). Das gleiche gilt für das Baugewerbe (7,4%). Damit werden 34% der Wertschöpfung vom sekundären Sektor erbracht und 66% im Dienstleistungsbereich.

Beim Dienstleistungsbereich ist auffallend, dass die Wertschöpfungsbeiträge bei den öffentlichen Dienstleistungen (Verwaltung, Bildung, Gesundheit und Soziales) vergleichsweise überrepräsentiert sind. Im Gegensatz dazu sind Unternehmensdienstleistungen unterrepräsentiert. Ebenso unterproportional vertreten sind die IKT-Dienstleistungen, die mit einem Wertschöpfungsanteil von 1,7% weniger als die Hälfte des westeuropäischen Durchschnittes ausmachen.

Tab. 3 zeigt die Branchenstruktur des Verarbeitenden Gewerbes. Die wichtigsten Industriebranchen sind (in anteiliger Bruttowertschöpfung)

- die Herstellung von Kraftwagen- und Kraftwagenteile (2,92%),
- der Maschinenbau (3,51%),
- die Elektronik und Optik (2,87%),
- elektrische Ausrüstungen (1,26%),
- Herstellung von Metallerzeugnissen (3,03%),
- Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren (1,70%),
- Nahrungsmittel (1,87%).

Wie die Standortquotienten zeigen, ist Thüringen in diesen Branchen spezialisiert. Eine sehr hohe Spezialisierung weist Thüringen in der Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, optischen und elektronischen Erzeugnissen auf mit einer doppelt bis dreifach höheren Wertschöpfung (2,87%) als die Vergleichsregionen. Mit Ausnahme der Herstellung von Unterhaltungselektronik ist Thüringen in allen Teilbranchen dieses Wirtschaftszweiges spezialisiert. Ebenfalls eine deutlich höhere Wertschöpfung als die Vergleichsregionen generiert Thüringen im Maschinenbau mit 3,51% gegenüber Westeuropa (1,75%) und den osteuropäischen EU-Ländern (1,33%). Auch die Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren ist in Thüringen überproportional vertreten mit einem 2,5-fach höheren Anteil gegenüber Westeuropa. Der Wertschöpfungsanteil ist in Thüringen zudem in der Herstellung von Metallerzeugnissen meist um mehr als 1,5- bis 2-fach höher als in den Vergleichsregionen. Die Wertschöpfung im Wirtschaftszweig Herstellung von Kraftwagen- und Kraftwagenteilen liegt in Thüringen unterhalb derjenigen Deutschlands und der osteuropäischen Länder, aber um das 1,5-fache höher als in Westeuropa.

Thüringen ist zudem spezialisiert in der Herstellung von Holz-, Korb- und Korkwaren, Glas- und Keramikwaren, Metallerzeugung und in der Papier- und Druckindustrie. Diese Branchen machen aber nur jeweils einen kleineren Teil der Wertschöpfung aus. Einen besonders hohen Standortquotienten gegenüber Westeuropa von 2,29 weist dabei die Glas- und Keramikwarenindustrie auf.

**Tab. 3 Branchenstruktur und Spezialisierung, Verarbeitendes Gewerbe, Thüringen, 2019**

Wirtschaftsbereiche	Anteil Bruttowertschöpfung					Standortquotient			
	TH	DE	ODFL	WE	OE	DE	ODFL	WE	OE
<b>Herstellung von Nahrungs- , Futtermitteln, Getränken, Tabak</b>	1.87%	1.53%	1.76%	1.87%	2.58%	1.23	1.06	1.00	0.73
Schlachten und Fleischverarbeitung	0.37%	0.25%	0.29%	0.29%	0.55%	1.51	1.30	1.27	0.67
Fischverarbeitung	0.00%	0.02%	0.03%	0.04%	0.06%	0.29	0.15	0.12	0.07
Obst- und Gemüseverarbeitung	0.04%	0.07%	0.10%	0.11%	0.20%	0.60	0.44	0.39	0.22
Herstellung von pflanzlichen und tierischen Ölen und Fetten	0.01%	0.02%	0.02%	0.03%	0.03%	0.51	0.57	0.29	0.27
Milchverarbeitung	0.14%	0.18%	0.21%	0.19%	0.21%	0.77	0.64	0.72	0.64
Mahl- und Schälmaschinen, Herstellung von Stärke und Stärkeerzeugnissen	0.02%	0.03%	0.03%	0.05%	0.08%	0.71	0.73	0.45	0.30
Herstellung von sonstigen Nahrungsmitteln	0.99%	0.64%	0.82%	0.72%	0.77%	1.56	1.21	1.37	1.29
Herstellung von Futtermitteln	0.05%	0.06%	0.06%	0.08%	0.17%	0.86	0.77	0.63	0.29
Getränkeherstellung	0.20%	0.21%	0.17%	0.27%	0.41%	0.93	1.13	0.72	0.48
Tabakverarbeitung	0.05%	0.06%	0.03%	0.08%	0.09%	0.81	1.67	0.63	0.52
<b>Herstellung von Textilien, Bekleidung und Lederwaren</b>	0.24%	0.27%	0.24%	0.47%	0.56%	0.88	1.00	0.50	0.42
Spinnstoffaufbereitung und Spinnerei	0.08%	0.05%	0.06%	0.07%	0.06%	1.61	1.33	1.14	1.46
Herstellung von sonstigen Textilwaren	0.10%	0.11%	0.12%	0.12%	0.18%	0.98	0.85	0.86	0.57
Herstellung von Bekleidung (ohne Pelzbekleidung)	0.00%	0.06%	0.01%	0.12%	0.18%	0.07	0.38	0.03	0.02
Herstellung von Pelzwaren	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.15	0.10	0.09	0.07
Herstellung von Bekleidung aus gewirktem und gestricktem Stoff	0.01%	0.02%	0.01%	0.02%	0.03%	0.40	0.51	0.35	0.23
Herstellung von Leder und Lederwaren	0.02%	0.01%	0.01%	0.07%	0.04%	1.22	1.29	0.24	0.39
Herstellung von Schuhen	0.02%	0.02%	0.01%	0.06%	0.06%	0.86	1.75	0.34	0.33
<b>Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren</b>	0.38%	0.22%	0.32%	0.24%	0.64%	1.71	1.20	1.58	0.60
Säge-, Hobel- und Holzimprägnierwerke	0.13%	0.06%	0.09%	0.05%	0.16%	2.24	1.46	2.37	0.81
Herstellung von sonstigen Holz-, Korb-, Flecht- und Korbwaren (ohne Möbel)	0.26%	0.17%	0.23%	0.19%	0.49%	1.53	1.10	1.35	0.53
<b>Herstellung von Papier, Pappe, Druck, Ton-, Bild-, Datenträgern</b>	0.73%	0.57%	0.58%	0.54%	0.89%	1.28	1.26	1.35	0.83
Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus	0.51%	0.36%	0.38%	0.33%	0.57%	1.40	1.33	1.56	0.89
Herstellung von Druckerzeugnissen	0.23%	0.21%	0.19%	0.21%	0.29%	1.09	1.19	1.05	0.78
Vervielfältigung von bespielten Ton-, Bild- und Datenträgern	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.02%	0.15	0.06	0.14	0.03
<b>Kokerei und Mineralölverarbeitung</b>	0.15%	0.12%	0.16%	0.42%					
<b>Herstellung von chemischen Erzeugnissen</b>	0.71%	1.46%	0.98%	1.14%	0.88%	0.49	0.73	0.62	0.81
Herstellung von chemischen Grundstoffen, Düngemitteln, etc.	0.48%	0.95%	0.67%	0.62%	0.55%	0.51	0.72	0.78	0.88
Herstellung von sonstigen chemischen Erzeugnissen	0.22%	0.49%	0.28%	0.51%	0.32%	0.45	0.77	0.43	0.68
Herstellung von Chemiefasern	0.02%	0.03%	0.03%	0.02%	0.01%	0.52	0.51	0.78	1.37
<b>Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen</b>	0.33%	0.69%	0.38%	1.14%	0.62%	0.48	0.86	0.29	0.52
<b>Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren</b>	1.70%	0.99%	0.91%	0.63%	1.55%	1.72	1.87	2.68	1.09
Herstellung von Gummiwaren	0.27%	0.21%	0.17%	0.13%	0.48%	1.32	1.59	2.03	0.57
Herstellung von Kunststoffwaren	1.43%	0.78%	0.74%	0.50%	1.07%	1.82	1.94	2.86	1.33
<b>Herstellung von Glas, Glaswaren, Keramik, Steine/Erden</b>	1.11%	0.60%	0.87%	0.48%	1.06%	1.84	1.27	2.29	1.04
Herstellung von Glas und Glaswaren	0.41%	0.15%	0.26%	0.12%	0.27%	2.79	1.56	3.48	1.53
Herstellung von Erzeugnissen aus nichtmetallischen Mineralien a. n. g.	0.70%	0.45%	0.61%	0.36%	0.79%	1.53	1.15	1.91	0.88
<b>Metallerzeugung und -bearbeitung</b>	0.62%	0.66%	0.62%	0.47%	0.62%	0.94	1.01	1.34	1.00
Erzeugung und erste Bearbeitung von Eisen und Stahl	0.28%	0.34%	0.29%	0.25%	0.37%	0.82	0.98	1.12	0.77
Erzeugung und erste Bearbeitung von NE-Metallen	0.05%	0.18%	0.12%	0.13%	0.12%	0.27	0.40	0.36	0.40
Giessereien	0.29%	0.14%	0.21%	0.08%	0.14%	2.03	1.40	3.59	2.14
<b>Herstellung von Metallerzeugnissen</b>	3.03%	1.90%	2.03%	1.35%	2.35%	1.60	1.49	2.24	1.29
Stahl- und Leichtmetallbau; Tanks, Heizkörper etc.	0.74%	0.50%	0.77%	0.37%	0.74%	1.48	1.96	1.98	1.00
Herstellung von Waffen und Munition	0.03%	0.03%	0.01%	0.04%	0.05%	1.01	3.65	0.82	0.57
Herstellung von sonstigen Metallwaren	2.26%	1.37%	1.25%	0.94%	1.56%	1.65	1.81	2.39	1.45
<b>Herstellung von DAV-geräten, elektronischen, optischen Erz.</b>	2.87%	1.48%	1.34%	0.94%	0.89%	1.94	2.15	3.04	3.23
Herstellung von elektronischen Bauelementen und Leiterplatten	0.92%	0.51%	0.57%	0.27%	0.16%	1.81	1.62	3.35	5.64
Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und peripheren Geräten	0.13%	0.08%	0.04%	0.08%	0.07%	1.74	3.57	1.67	1.88
Herstellung von Geräten und Einrichtungen der Telekommunikationstechnik	0.19%	0.14%	0.15%	0.12%	0.18%	1.39	1.29	1.54	1.08
Herstellung von Geräten der Unterhaltungselektronik	0.00%	0.04%	0.01%	0.02%	0.15%	0.04	0.14	0.06	0.01
Herstellung von Mess-, Kontroll-, Navigationsinstrumenten	0.55%	0.50%	0.32%	0.33%	0.30%	1.11	1.74	1.70	1.84
Herstellung von Bestrahlungs-, Elektrotherapie-, elektromed. Geräten	0.12%	0.07%	0.05%	0.07%	0.01%	1.61	2.39	1.70	10.87
Herstellung von optischen und fotografischen Instrumenten und Geräten	0.93%	0.14%	0.20%	0.05%	0.02%	6.74	4.59	19.37	48.31
Herstellung von magnetischen und optischen Datenträgern	0.02%	0.01%	0.01%	0.00%	0.00%	3.94	3.95	12.64	10.73
<b>Herstellung von elektrischen Ausrüstungen</b>	1.26%	1.40%	0.99%	0.67%	1.15%	0.89	1.27	1.88	1.09
Herstellung von Elektromotoren, Generatoren, Transformatoren	0.19%	0.48%	0.37%	0.25%	0.42%	0.39	0.52	0.74	0.44
Herstellung von Batterien und Akkumulatoren	0.01%	0.04%	0.05%	0.02%	0.04%	0.16	0.13	0.33	0.18
Herstellung von Kabeln und elektrischem Installationsmaterial	0.29%	0.15%	0.13%	0.08%	0.13%	1.91	2.30	3.44	2.20
Herstellung von elektrischen Lampen und Leuchten	0.09%	0.12%	0.06%	0.07%	0.19%	0.74	1.44	1.22	0.48
Herstellung von Haushaltsgeräten	0.03%	0.18%	0.03%	0.08%	0.21%	0.16	0.94	0.35	0.13
Herstellung von sonstigen elektrischen Ausrüstungen und Geräten a. n. g.	0.65%	0.44%	0.36%	0.15%	0.16%	1.50	1.83	4.23	4.15
<b>Maschinenbau</b>	3.51%	3.38%	2.32%	1.75%	1.33%	1.04	1.52	2.01	2.65
Herstellung von nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen	2.04%	1.95%	1.43%	1.02%	0.78%	1.05	1.42	1.99	2.63
Herstellung von Maschinen für bestimmte Wirtschaftszweige	1.47%	1.43%	0.88%	0.72%	0.55%	1.03	1.67	2.04	2.68
<b>Herstellung von Kraftwagen, Kraftwagenteilen, sonst. Fahrz.</b>	2.92%	4.60%	2.46%	2.05%	3.16%	0.64	1.19	1.43	0.92
Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren	0.46%	2.49%	0.98%	0.90%	1.10%	0.18	0.47	0.51	0.41
Herstellung von Karosserien, Aufbauten und Anhängern	0.24%	0.12%	0.20%	0.08%	0.08%	1.95	1.21	3.24	3.05
Herstellung von Teilen und Zubehör für Kraftwagen	2.12%	1.47%	0.87%	0.54%	1.62%	1.44	2.44	3.90	1.31
Schiff- und Bootsbau	0.00%	0.04%	0.05%	0.09%	0.05%	0.00	0.00	0.00	0.00
Schienenfahrzeugbau	0.04%	0.05%	0.15%	0.06%	0.12%	0.70	0.26	0.63	0.31
Luft- und Raumfahrzeugbau	0.02%	0.37%	0.18%	0.35%	0.15%	0.06	0.12	0.06	0.15
Herstellung von militärischen Kampffahrzeugen	0.00%	0.01%	0.00%	0.01%	0.01%	0.00	1.02	0.00	0.00
Herstellung von Fahrzeugen a. n. g.	0.04%	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%	1.21	1.33	1.56	1.26
<b>Herstellung von Möbeln</b>	0.25%	0.23%	0.22%	0.23%	0.62%	1.06	1.13	1.08	0.40
<b>Herstellung von sonstigen Waren</b>	1.43%	1.09%	1.17%	1.06%	1.31%	1.32	1.22	1.35	1.10
Herstellung von Münzen, Schmuck und ähnlichen Erzeugnissen	0.00%	0.02%	0.01%	0.04%	0.02%	0.21	0.64	0.09	0.13
Herstellung von Musikinstrumenten	0.02%	0.01%	0.02%	0.01%	0.00%	1.72	0.85	3.19	4.04
Herstellung von Sportgeräten	0.02%	0.01%	0.01%	0.02%	0.03%	2.05	1.69	1.02	0.62
Herstellung von Spielwaren	0.11%	0.04%	0.03%	0.03%	0.06%	2.55	3.34	3.93	1.83
Herstellung von medizinischen und zahnmed. Apparaten/Materialien	0.57%	0.44%	0.41%	0.33%	0.18%	1.29	1.40	1.73	3.19
Herstellung von Erzeugnissen a. n. g.	0.09%	0.08%	0.06%	0.06%	0.09%	1.20	1.47	1.61	1.05
Reparatur von Metallerzeugnissen, Maschinen und Ausrüstungen	0.41%	0.30%	0.42%	0.38%	0.66%	1.36	0.98	1.07	0.62
Installation von Maschinen und Ausrüstungen a. n. g.	0.21%	0.19%	0.22%	0.21%	0.27%	1.12	0.98	1.04	0.79
<b>Sehr energieintensive Industriebranchen</b>	<b>5.03%</b>	<b>4.30%</b>	<b>4.07%</b>	<b>3.30%</b>	<b>5.33%</b>	<b>1.17</b>	<b>1.24</b>	<b>1.53</b>	<b>0.94</b>

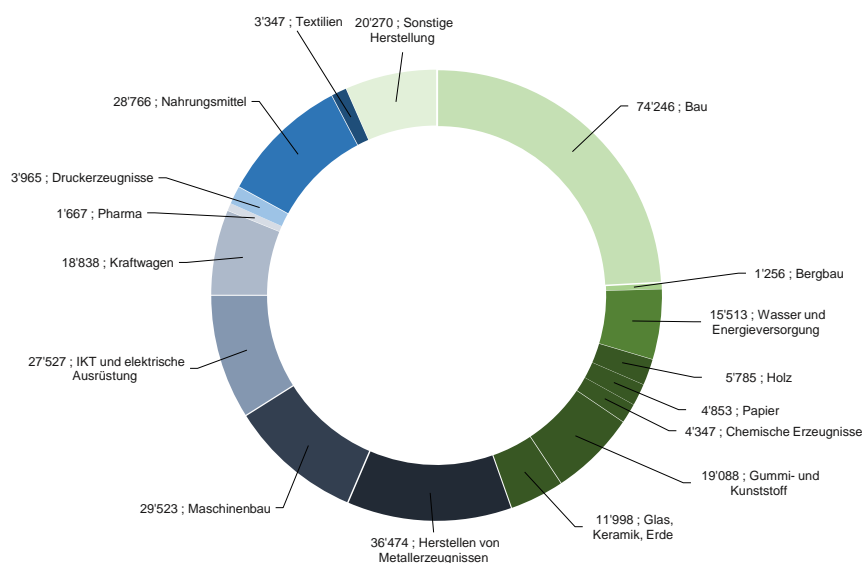
Der Standortquotient gibt an, wie hoch der Anteil eines Wirtschaftsbereiches an der Wertschöpfung Thüringens im Vergleich zum Anteil der Vergleichsregionen ist. Ein Wert über 1 weist auf eine Spezialisierung Thüringens hin.

Quelle: OECD, Eurostat, OEF, nationale Statistiken, BAK Economics.

Sehr energieintensive Industriebranchen sind damit in Thüringen leicht überproportional vertreten. Als energieintensive Branchen (siehe Exkurs in Kap. 2.6.1) gelten im Allgemeinen der Bergbau und die Gewinnung von Steinen und Erden als Vorleistungsbranche, die Herstellung von Holz-, Korb- und Korkwaren, Papierindustrie, Glas- und Keramikherstellung, Metallerzeugung, Gummi- und Kunststoffindustrie und auch die chemische Erzeugung (siehe blau unterlegte Branchen). Ebenso zählen die Kokerei und Mineralölverarbeitung dazu, die aber in Thüringen statistisch nicht ausgewiesen werden, da es sich lediglich um ein vor Ort ansässiges Unternehmen handelt. Insgesamt machen diese sehr energieintensiven Branchen um die 5,03% der Thüringer Wertschöpfung aus. Damit weist Thüringen einen etwas höheren Wertschöpfungsanteil von energieintensiven Branchen auf als Deutschland mit 4,30%, die ostdeutschen Flächenländer mit 4,07% und Westeuropa mit 3,30%. Nur die osteuropäischen Länder sind im Durchschnitt mit 5,33% ebenfalls ähnlich stark in diesen Branchen vertreten. Insgesamt verfügt Thüringen über eine diversifizierte Industriestruktur.

Wie viele Arbeitsplätze hängen von den jeweiligen Branchen ab? 30% der Beschäftigten Thüringens arbeiten im sekundären Sektor (vgl. Abb. 6), davon nahezu ein Viertel im Baugewerbe. Die zweitwichtigste Branche ist die Herstellung von Metallerzeugnissen, gefolgt vom Maschinenbau, der Nahrungs-, Futtermittel- und Getränkeindustrie sowie der Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, Optik, Elektronik und elektrischen Ausrüstungen. Bedeutender Arbeitgeber ist auch der Fahrzeugbau mit fast 19.000 Beschäftigten. Diese Zahl unterschätzt aber die Bedeutung der Thüringer Autoindustrie, da zahlreiche Zulieferer aus verschiedenen anderen Branchen wie Kunststoff-, Elektro- oder Metallindustrie eng mit der Automobilindustrie verflochten sind. Insgesamt wird die Zahl der Beschäftigten der Thüringer Automobilindustrie und ihrer Zulieferer auf 50.000 geschätzt.<sup>3</sup> Etwa 59.000 Beschäftigte sind in energieintensiven Branchen tätig (dunkelgrüne Branchen). Dies entspricht 5,7% der Gesamtbeschäftigten und 19% des sekundären Sektors. Innerhalb der energieintensiven Branchen sind die Gummi- und Kunststoffindustrie und Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden der wichtigste Arbeitgeber.

**Abb. 6 Beschäftigtenanteile und Beschäftigte des sekundären Sektors, 2019**



Quelle: OECD, Eurostat, OEF, nationale Statistiken, BAK Economics

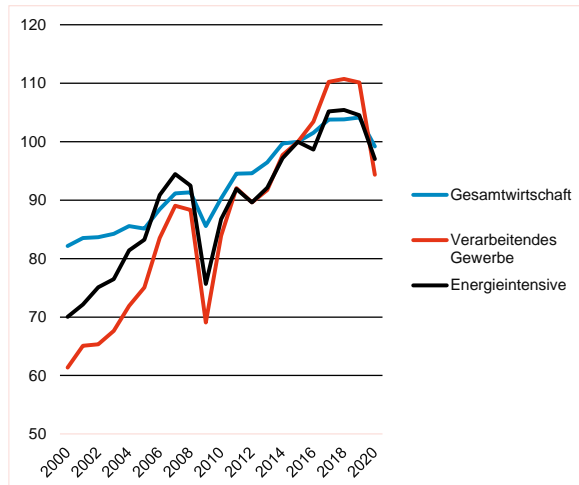
<sup>3</sup> TMWWDG (2018): Automotive Agenda Thüringen, Erfurt, S 2.

### 2.2.2.2 Branchenentwicklung

Nach der Betrachtung der Branchenstruktur wird nun auf die Wachstumsbeiträge einzelner Branchen und Branchenaggregate für Thüringen eingegangen. Welche Branchen sind maßgeblich für die Wachstumsperformance im Freistaat?

Abb. 7 zeigt, dass die Thüringer Gesamtwirtschaft seit dem Jahr 2000 insgesamt nur moderat gewachsen ist. Ausgeprägtere Wachstumsphasen fanden vor und nach dem Einbruch der Finanzkrise 2008/2009 in den Jahren 2002-2007 und 2010-2014 statt. Anschließend noch einmal zwischen 2015 und 2017. Danach folgte eine Stagnation in jüngster Zeit zwischen 2017 und 2019 vor dem anschließenden deutlichen Einbruch durch die Coronakrise in 2020. Das Verarbeitende Gewerbe reagierte zwar stärker auf Krisen (Finanzmarktkrise 2008/09 und Coronakrise 2020), entwickelte sich aber insgesamt dynamischer als die Gesamtwirtschaft und war dabei ein wichtiger Treiber des wirtschaftlichen Wachstums Thüringens bis 2017. Anschließend stagnierte das Verarbeitende Gewerbe aber und brach mit der Coronakrise deutlich ein. Die energieintensiven Branchen entwickelten sich bis 2015 ähnlich wie das Verarbeitende Gewerbe und seither mit einer geringen Dynamik.

Abb. 7 Entwicklung BWS, ausgewählte Sektoren, Thüringen, 2000-2020

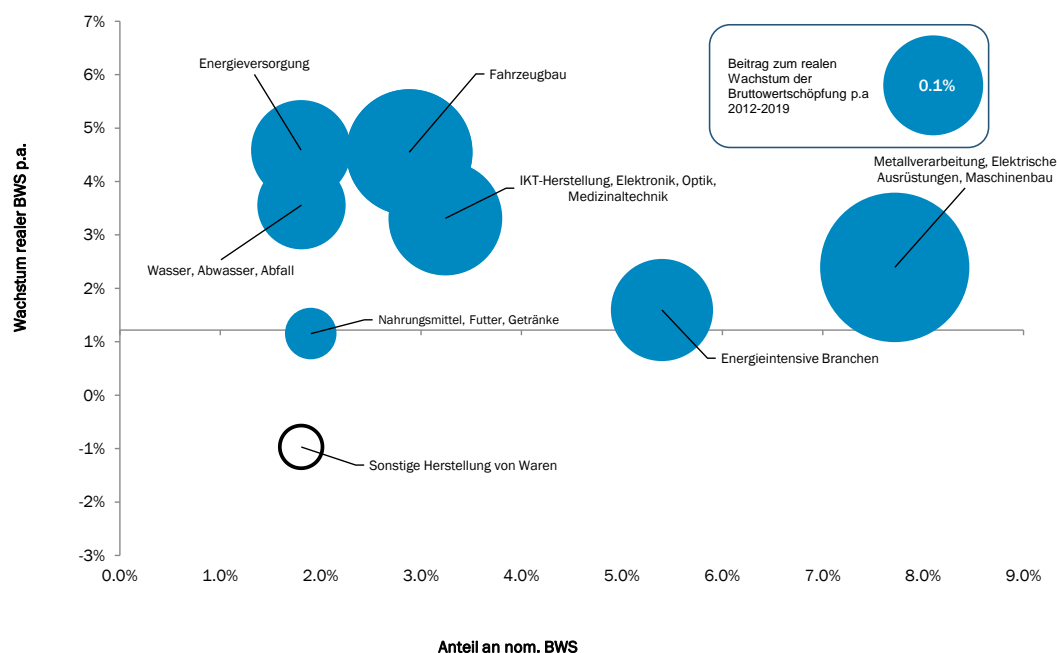


Bruttowertschöpfung (BWS) in USD, preis- und kaufkraftbereinigt (2015 = 100)  
Quelle: BAK Economics, OEDC, Nationale Statistikämter

Wie sich die einzelnen Branchen entwickelt haben, zeigt Abb. 8, in der die Wachstumsbeiträge ausgewählter Branchen und Branchenaggregate für Thüringen illustriert werden. Um krisenbedingte Verzerrungen zu vermeiden, wurde der Zeitraum 2012-2019 verwendet. Die horizontale Linie zeigt die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der Gesamtwirtschaft. Aus der Graphik wird deutlich, dass der Fahrzeugbau, aber auch die Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, Elektronik und Optik stärker gewachsen sind als die Gesamtwirtschaft. Dies gilt auch für die weiteren Branchen der Investitionsgüterindustrie Metallverarbeitung, Elektrische Ausrüstungen und den Maschinenbau. Die Wachstumsperformance der energieintensiven Branchen und auch der Nahrungsmittelindustrie entspricht etwa derjenigen der Gesamtwirtschaft. Hingegen sind die restlichen Industriebranchen (Textilindustrie und sonstige Herstellung von Waren) in diesem Zeitraum geschrumpft. Die für die Dekarbonisierung in Thüringen ebenfalls bedeutenden Wirtschaftsabschnitte Energieversorgung und Wasser- und Abfallwirtschaft sind überproportional gewachsen.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass der Fahrzeugbau und weite Teile der Investitionsgüterindustrie maßgeblich zum Wirtschaftswachstum Thüringens im betrachteten Zeitraum beigetragen haben.

**Abb. 8 Wachstumsbeiträge der Industrieleitbranchen sowie Energie- und Abfallwirtschaft, Thüringen, 2012-2019**

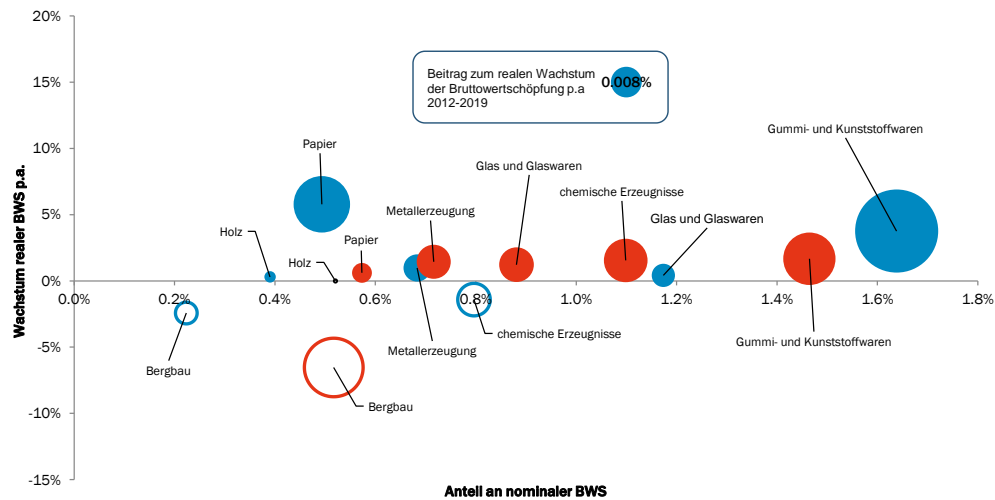


Lesehilfe: Die Größe der Blasen zeigt an, wie stark einzelne Branchen durchschnittlich zum Wachstum der gesamten Bruttowertschöpfung (BWS) beigetragen haben. Der Wachstumsbeitrag ergibt sich aus der Kombination der Größe einer Branche (Anteil an der Gesamtwirtschaft) und ihrem Wachstum. Die vertikale Achse zeigt das jährliche Wachstum der realen Bruttowertschöpfung der einzelnen Branchen für den Zeitraum 2012-2019. Die horizontale Achse gibt Auskunft über den Anteil an der gesamten Bruttowertschöpfung der einzelnen Branchen für 2019. Schnittpunkt der Achse gibt gesamtwirtschaftliches Wachstum Thüringens (1,22%) an.  
Quelle: BAK Economics, OEDC, Nationale Statistikämter, OEF

Abb. 9 veranschaulicht die Wachstumsbeiträge der wichtigsten energieintensiven Branchen für Thüringen (in blau) und für den Samedurchschnitt (in rot) während des Zeitraums 2012-2019. Positiv hervorzuheben ist, dass die Papierindustrie in Thüringen deutlich stärker gewachsen (5,8%) ist als im Samedurchschnitt (0,6%). Auch die Gummi- und Kunststoffindustrie (3,7%) entwickelte sich besser als in den Vergleichsregionen (1,6%). Die Glasindustrie, die Metallerzeugung und die chemische Industrie haben sich hingegen in Thüringen im Vergleich zum Benchmarking-Sample unterdurchschnittlich entwickelt. Die chemische Industrie ist in Thüringen sogar rückläufig, während sie im Samedurchschnitt um 1,5% wächst. Ebenso ist der Wachstumsbeitrag des Bergbausektors negativ.



**Abb. 9 Wachstumsbeiträge der energieintensiven Branchen, Thüringen und Samedurchschnitt, 2012-2019**



Lesehilfe: Die Größe der Blasen zeigt an, wie stark einzelne Branchen durchschnittlich zum Wachstum der gesamten Bruttowertschöpfung (BWS) beigetragen haben. In blau sind die Werte für Thüringen und in rot der Samedurchschnitt abgebildet. Der Wachstumsbeitrag ergibt sich aus der Kombination der Größe einer Branche (Anteil an der Gesamtwirtschaft) und ihrem Wachstum. Die vertikale Achse zeigt das jährliche Wachstum der realen Bruttowertschöpfung der einzelnen Branchen für den Zeitraum 2012-2019.

Quelle: BAK Economics, OEDC, Nationale Statistikämter, OEF

## 2.2.3 Interregionale Wettbewerbsfähigkeit und Außenhandel

Neben der bisherigen Wachstumsperformance der Branchen sind die Wettbewerbsfähigkeit und der Exporterfolg für die Zukunftsaussichten der Branchen wichtige Indizien.

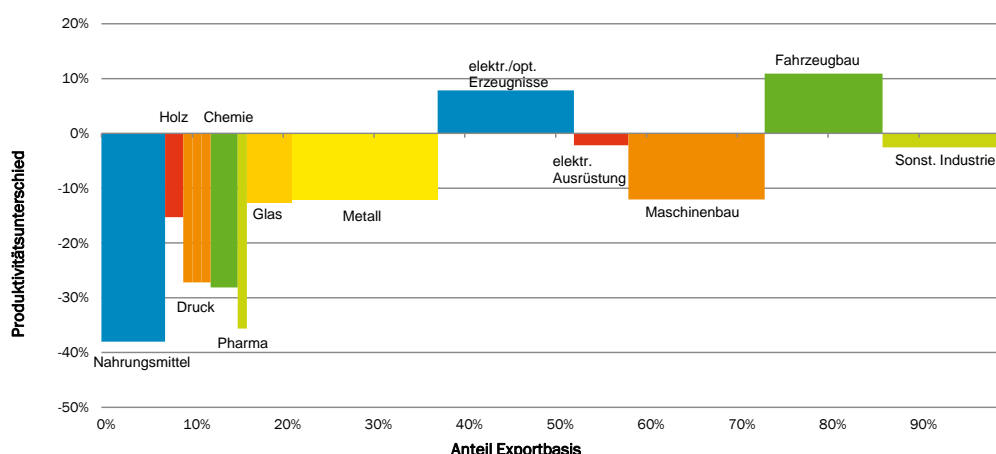
Ein Indikator für die Wettbewerbsfähigkeit, der im interregionalen Wettbewerb stehenden Branchen ist die Produktivität der exportorientierten Branchen.<sup>4</sup> Die Gesamtheit aller dem internationalen Wettbewerb ausgesetzten Branchen wird als exportorientierter Teil der Wirtschaft oder Exportbasis bezeichnet. Um die Exportbasis zu quantifizieren, wird die Wertschöpfung der exportorientierten Branchen aufsummiert. Hierzu wird zunächst ermittelt, welcher Teil einer regionalen Wirtschaft (potenziell) dem interregionalen Wettbewerb ausgesetzt ist. Die im Industriebereich produzierten Güter lassen sich meist recht kostengünstig in andere Gebiete transferieren und die lokale Nachfragekomponente spielt bei der Standortwahl des Produktionsortes eine untergeordnete Rolle. Aus diesem Grund wird die gesamte Wertschöpfung aller Industriebranchen zum exportorientierten Teil der Wirtschaft gezählt.

Der Output des Dienstleistungssektors hingegen befriedigt oftmals die lokale Nachfrage und kann nicht oder nur zu unverhältnismäßig hohen Kosten exportiert werden (z.B. personenbezogene Dienstleistungen oder generell Produkte des Einzelhandels). Allerdings gilt dies bei weitem nicht für alle Dienstleistungen. So werden vermehrt auch Dienstleistungen interregional exportiert (bspw. im Finanzsektor), und der interregionale Wettbewerb ist bei einigen Dienstleistungen noch ausgeprägter als bei Industriegütern (z.B.

<sup>4</sup> Volkswirtschaften sind preislich wettbewerbsfähig, wenn sie ihre Güter und Dienstleistungen mit möglichst wenig Vorleistungen (bspw. Arbeit, Maschinen, Rohstoffe) produzieren können und diese dann zu konkurrenzfähigen Preisen auf den Weltmärkten verkauft werden. Eine häufig verwendete Messgröße hierfür sind die Lohnstückkosten oder die Arbeitsproduktivität: Wertschöpfung je Beschäftigten.

Kommunikationsdienstleistungen oder Großhandel). Daher werden einzelne Dienstleistungsbranchen ebenfalls zur Exportbasis gezählt, sobald ihr Anteil an der nominalen Wertschöpfung einer Region einen bestimmten Schwellenwert überschreitet (z.B. Großhandel ab 7% oder Beherbergung ab 2%). Da Thüringen stark in Industriebranchen spezialisiert ist, überschreitet keine der Dienstleistungsbranchen den Schwellenwert und entsprechend zählen ausschließlich Industriebranchen zur Exportbasis.

**Abb. 10 Exportbasis und Produktivitätsdifferentiale des Verarbeitenden Gewerbes, Thüringen und Samedurchschnitt, 2019**



Lesehilfe: Die Abbildung zeigt die Beiträge exportrelevanter Branchen zur Wettbewerbsfähigkeit Thüringens. Die Beiträge ergeben sich als Produkt aus dem Produktivitätsvorsprung gegenüber dem ungewichteten Sample-Durchschnitt (vertikale Achse) und dem Anteil an der Exportbasis, d. h. der gesamten Bruttowertschöpfung aller exportrelevanten Branchen (horizontale Achse). Je größer das Rechteck, desto größer der Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit. So ist z. B. die Herstellung elektronischer und optischer Erzeugnisse mit einem Produktivitätsvorsprung von 8% und einem Anteil an der Exportbasis von 15% bedeutsam für die Wettbewerbsfähigkeit. Der Branchenbeitrag ist das Produkt aus Exportanteil und Produktivitätsvorsprung in % gegenüber dem ungewichteten Sample Durchschnitt.

Quelle: BAK Economics

Abb.10 zeigt neben dem Anteil an der Exportbasis zusätzlich die Höhe des Produktivitätsunterschiedes (Vorteil oder Nachteil) der bedeutendsten Exportbranchen des Bundeslandes Thüringen gegenüber dem Durchschnitt der Benchmarking-Regionen. Die vertikale Achse stellt den Produktivitätsunterschied gegenüber dem Samedurchschnitt in Prozent dar. Auf der horizontalen Achse ist der Anteil an der Exportbasis abgetragen. Die Abbildung gibt damit einen Hinweis auf die Wettbewerbsfähigkeit der wichtigsten Branchen des Verarbeitenden Gewerbes.

Die Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten sowie elektronischer und optischer Erzeugnisse und der Fahrzeugbau erbringen hier die höchsten Beiträge, was auf die Produktivitätsvorteile von 8% (elektr./opt. Erzeugnisse) und 11% (Fahrzeugbau) zurückzuführen ist. Alle anderen Industriebranchen und -aggregate haben einen negativen Beitrag, da die Produktivität unterhalb des Samedurchschnitts liegt.

Besonders groß ist der Produktivitätsnachteil in der Nahrungsmittelindustrie, bei Papier- und Druck sowie in der Pharma- und Chemiebranche. Insgesamt zeigt sich ein Produktivitätsnachteil gegenüber dem Benchmarking-Sample in der Gesamtheit der energieintensiven Branchen (Holz-, Papier/Druck, Chemie, Glas/Keramik und Metallerzeugung und -bearbeitung).

Zieht man andere Regionen als Referenz heran, so zeigt sich ein anderes Bild: Im Vergleich zu Deutschland und Westeuropa (nicht abgebildet) weisen alle thüringischen



Branchen des Verarbeitenden Gewerbes eine Produktivitätslücke auf.<sup>5</sup> Ein Produktivitätsvorteil besteht in allen Branchen des Verarbeitenden Gewerbes gegenüber dem Durchschnitt der osteuropäischen Länder.

Die Betrachtung der Verteilung der tatsächlich im Jahr 2019 getätigten Exporte zeigt: Die Hälfte der Exporte Thüringens machten die Exportgüter Kraftwagen und Kraftwagenteile (18%), Maschinen (14%), Datenverarbeitungsgeräte sowie elektronische und optische Erzeugnisse (10%) sowie elektrische Ausrüstungen (8%) aus.<sup>6</sup> Im Weiteren ist Thüringen stärker als Deutschland in energieintensiven Exportgütern spezialisiert: Gummi- und Kunststoffwaren, Glas- und Glaswaren sowie Holz- und Holzwaren. Die wichtigsten Zielländer Thüringens sind – ähnlich wie für Gesamtdeutschland – die USA, UK und Frankreich (ca. 7% der Thüringer Exporte). Für Thüringen sind, stärker als für Deutschland, die osteuropäischen EU-Länder wichtige Abnehmer. 20% der Thüringer Exporte gingen 2019 in osteuropäische EU-Mitgliedsländer.

## **2.2.4 Standortattraktivität Thüringens**

Für die künftige Entwicklung des Wirtschaftsstandortes Thüringen ist die Attraktivität für Unternehmen und Arbeitskräfte entscheidend, um diese halten und anzuziehen zu können. Im Folgenden wird die Standortattraktivität Thüringens in einem internationalen Vergleich untersucht und eingeordnet.

### **2.2.4.1 Standortattraktivität Thüringens im Profil**

Der BAK Attraktivitätsindex bewertet die regionale Standortqualität für Unternehmen und Hochqualifizierte in jeweils drei Bereichen – staatliches Umfeld, geschäftliches Umfeld sowie Innovationsklima für Unternehmen bzw. gesellschaftliches Umfeld für hochqualifizierte Arbeitskräfte. Gute staatliche Rahmenbedingungen, ein attraktives Geschäftsumfeld, starke Forschungsnetzwerke und Cluster sind für Unternehmen entscheidende Standortfaktoren. Hochqualifizierte Arbeitnehmer bevorzugen Regionen mit einer guten Verkehrsinfrastruktur, niedriger Steuerbelastung, einem wachsenden Arbeitsmarkt sowie einem attraktiven gesellschaftlichen Umfeld mit einer hohen Lebensqualität.

Abb. 11 zeigt den BAK Attraktivitätsindex in den unterschiedlichen Dimensionen einschließlich der untergeordneten Indikatoren für Thüringen im Vergleich zum Samedurchschnitt.

Die staatlichen Rahmenbedingungen werden sowohl für Unternehmen als auch für Hochqualifizierte beispielsweise anhand der entsprechenden Steuerbelastung und der Erreichbarkeit gemessen. Die Attraktivität des Geschäftsumfelds wird durch Indikatoren wie Marktgröße, Anteil von Unternehmen mit hoher Wertschöpfung oder dem Geschäftsklimaindex der OECD abgebildet. Die Attraktivität des Arbeitsmarktes wird unter anderem durch die Verfügbarkeit von Jobs in wertschöpfungsintensiven Branchen und deren Wachstum erfasst. Starke Forschungs- und Entwicklungsnetzwerke locken neue, innovative Firmen an, die selbst von diesen Clustern profitieren. Um die regionale Attraktivität im Bereich Innovationsumfeld zu messen, werden Indikatoren wie Patentintensität, Ausgaben für Forschung und Entwicklung (F&E) oder die Qualität der

---

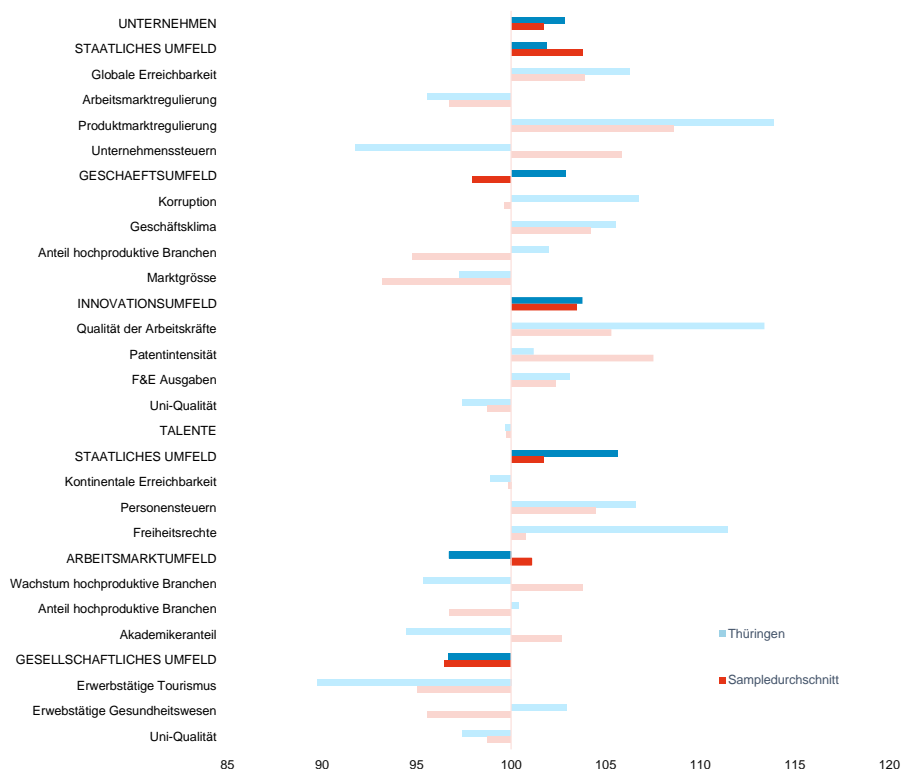
<sup>5</sup> Wie bereits erwähnt, ist dieser Rückstand vor allem durch die im Vergleich zum deutschen Durchschnitt geringere Produktivität größerer Betriebe (Betriebe mit mehr als 250 Beschäftigten) zu erklären. Im Verarbeitenden Gewerbe sind 40,5% aller Thüringer Betriebe mit mehr als 250 Beschäftigten angesiedelt, aber nur 9% der mittelständischen Unternehmen (TMWWDG (2021): Thüringer Mittelstandsbericht, S. 17).

<sup>6</sup> TMWWDG (2021): Digitalisierung. Dekarbonisierung. Demografie. Wandel gestalten. Thüringer Mittelstandsbericht, Erfurt, S. 50-51.

Hochschulen verwendet. Anhand der Indikatoren Beschäftigte in Gastronomie und Beherbergung, Gesundheitswesen und Universitätsqualität lässt sich die Attraktivität des gesellschaftlichen Umfeldes approximativ messen.

Der Abbildung kann entnommen werden, dass Thüringen hinsichtlich der Standortattraktivität für Unternehmen besser abschneidet als der Durchschnitt der westeuropäischen und US-Regionen und auch leicht besser als der Samedurchschnitt. Die Attraktivität für hochqualifizierte Arbeitskräfte ist hingegen in Thüringen geringfügig schlechter als der Durchschnitt der westeuropäischen, US-amerikanischen und Sampleregionen.

**Abb. 11 BAK Attraktivitätsindex Profil Thüringens, Benchmarking-Sample, 2019**



Lesehilfe: Die Abbildung zeigt den BAK Attraktivitätsindex. Der Index ist so normiert, dass der Durchschnitt aller westeuropäischen und US-Regionen 100 und die Standardabweichung derselben Regionen 10 ergibt. Ein Indexwert von 10 bedeutet also, dass eine Region bezüglich der Attraktivität um eine Standardabweichung besser abschneidet als das Mittel der westeuropäischen und US-Regionen. Die blauen Balken zeigen die Werte von Thüringen und die roten Balken zeigen den ungewichteten Samedurchschnitt. Die Bereiche und Indikatoren sind in der Tabelle A-2 im Anhang dargestellt.

Anm.: BAK Attraktivitätsindex, 2019 (Westeuropa & US-Regionen = 100, Standardabweichung = 10)

Quelle: BAK Economics, OECD

Die im Vergleich mit den Sampleregionen geringere Attraktivität des **staatlichen Umfelds für Unternehmen** lässt sich vor allem auf die höheren effektiven Unternehmenssteuern<sup>7</sup> in Deutschland (um die 28%) zurückführen. Im Samplevergleich schneidet hier Thüringen schlechter ab, da die effektive Steuerbelastung in den osteuropäischen, skandinavischen und UK-Regionen (die im Samedurchschnitt berücksichtigt sind) 20% und weniger beträgt. Bei der Arbeitsmarktregulierung hingegen liegt Thüringen unter dem Indexdurchschnitt. Deutschland und damit auch Thüringen weisen eine weniger restriktive Regulierung auf als im Durchschnitt des Samples. Dass sowohl Thüringen als auch die Vergleichsregionen bei der Arbeitsmarktregulierung nur Werte unter 100 erreichen, ist darauf zurückzuführen, dass der Arbeitsmarkt in den USA deutlich weniger reguliert ist als im europäischen Raum.

Im Hinblick auf die globale Erreichbarkeit ist Thüringen mit einem Indexwert von 106 überdurchschnittlich gut aufgestellt und liegt damit auch über dem Samedurchschnitt von 104. Dies ist auf die zentrale Lage Thüringens in Mitteleuropa und die gute Anbindung an die globalen Flughäfen zurückzuführen. Positiv wirkt sich auch die weniger restriktive Produktmarktregulierung in Deutschland aus. Neben diesen „harten“ Standortfaktoren wie Steuern, Erreichbarkeit und Regulierung gibt es aber auch schwer messbare „weiche“ Standortbedingungen. In den durchgeführten Expertengesprächen wurde hierzu als positiv hervorgehoben, dass es in Thüringen als kleines Bundesland „kurze Wege“ gibt, so dass der Austausch zwischen Unternehmen und staatlichen Instanzen einfach möglich ist.

Das überdurchschnittliche Abschneiden der Komponente **Geschäftsumfeld für Unternehmen** (Indexwert 103) ist u.a. auf die guten nationalen Rahmenbedingungen (geringe Korruption und ein gutes Geschäftsklima) zurückzuführen.

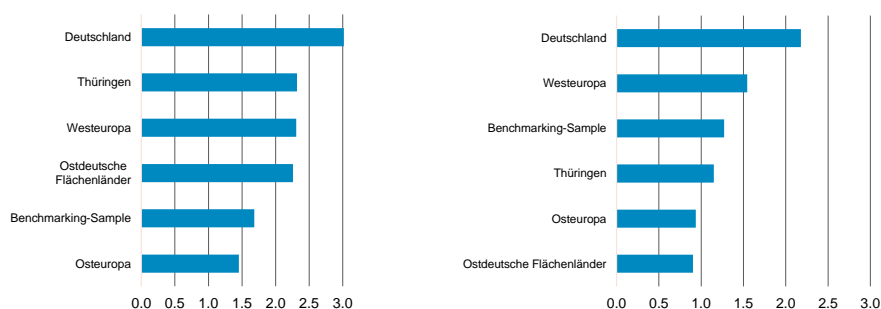
Beim **Innovationsumfeld** (Indexwert 108) kann Thüringen aktuell mit einem hohen Bildungsniveau der Beschäftigten (siehe Abb. 11) sowie hohen Ausgaben für Forschung und Entwicklung (siehe Abb. 12 rechts) punkten. Der Anteil der Ausgaben für Forschung und Entwicklung am BIP beträgt 2019 in Thüringen 2,3% und liegt damit unter dem Bundesdurchschnitt, aber deutlich über dem Samedurchschnitt. Die F&E-Ausgaben des Unternehmenssektors liegen allerdings unter jenen des Vergleichssamples. Die geringeren F&E-Aktivitäten der thüringischen Unternehmen werden vor allem auf die kleinteilige Unternehmensstruktur sowie zahlreichen Unternehmen, die vor allem als Zulieferer tätig sind und damit nur über kleine oder keine F&E-Budgets verfügen, zurückgeführt. Zudem ist der Unternehmenssitz bzw. der Sitz der Konzernzentralen der meisten Großunternehmen außerhalb Thüringens<sup>8</sup>, weshalb die Betriebsstätten in Thüringen oftmals als „verlängerte Werkbänke“ dienen und wenig eigene F&E-Aktivitäten unterhalten.

---

<sup>7</sup> Vgl. hierzu <https://baktaxation.bak-economics.com/uebersicht>.

<sup>8</sup> TMWWDG (2021): Thüringer Mittelstandsbericht, S. 17.

**Abb. 12 F&E-Ausgaben insgesamt (links) und von Unternehmen (rechts) in % des BIP, internationaler Vergleich, 2019**



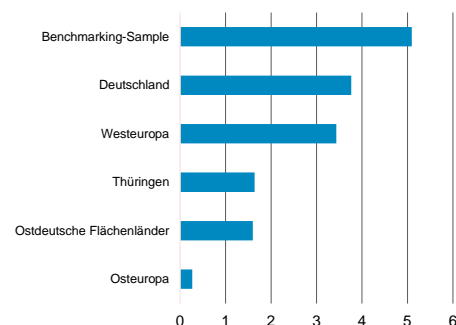
Quelle: BAK Economics, IGE, OECD Regpat

Auch innerhalb der Branchen variiert die Innovationsaktivität stark: 79% der F&E-Aufwendungen werden im Verarbeitenden Gewerbe getätigt, v.a. von den Wirtschaftszweigen Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen (40%), gefolgt von der Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen (16%).<sup>9</sup>

Während die Ausgaben für Forschung und Entwicklung am Anfang der Innovation als Input stehen, ist das Ergebnis eines erfolgreichen Forschungsprozesses in der Regel ein Patent. Thüringen verfügt über 1,7 Patentanmeldungen (2019) pro 10.000 Einwohner. Damit weist der Freistaat zwar eine leicht höhere Patentintensität pro Kopf als der Durchschnitt der US-amerikanischen und westeuropäischen Regionen auf, liegt aber deutlich unter dem Durchschnitt des Benchmarking-Samples (3,5 Patentanmeldungen pro 10.000 Einwohner).

Da die meisten Patente von Betrieben des Verarbeitenden Gewerbes angemeldet werden, schneiden Regionen mit einer starken industriellen Basis bei einer Pro-Kopf-Betrachtung besser ab. Bezieht man die Anzahl der Patentanmeldungen<sup>10</sup> auf die Anzahl der Beschäftigten im Verarbeitenden Gewerbe so zeigt sich, dass Thüringen ähnlich wie Ostdeutschland abschneidet, aber deutlich hinter dem Benchmarking-Sample zurückbleibt (vgl. Abb. 13).

**Abb. 13 Patentintensität im Verarbeitenden Gewerbe im Vergleich, 2019**



Patentanmeldungen je 1000 Beschäftigte im Verarbeitenden Gewerbe  
Quelle: OEDC, BAK Economics

Die geringe Zahl der Patentanmeldungen ist, wie oben bereits erwähnt, vor allem auf die Wirtschaftsstruktur mit verhältnismäßig vielen kleineren Unternehmen und fehlende Unternehmenszentralen von großen Unternehmen zurückzuführen. Kleinere Unternehmen verfügen häufig nicht wie Großunternehmen über die notwendigen Ressourcen, Organisationsstrukturen und Strategien zum Schutz geistigen Eigentums. Bei Großunternehmen wird Forschung und Entwicklung vor allem im Umfeld der Unternehmenszentralen und kaum in den reinen Produktionsbetriebsstätten betrieben.

<sup>9</sup> TMWWDG (2021): Thüringer Mittelstandsbericht, S.20.

<sup>10</sup> Es werden nur Patente berücksichtigt, die in mind. 2 Ländern angemeldet wurden. Die Zahl der Patente, die von Thüringer Unternehmen nur in Deutschland angemeldet wurden, liegt höher.

Thüringen besitzt eine breit aufgestellte Hochschullandschaft. Hier haben vier staatliche Universitäten ihren Sitz (Friedrich-Schiller-Universität Jena, Technische Universität Ilmenau, Universität Erfurt und Bauhaus-Universität Weimar); hinzu kommen die Hochschule für Musik Franz Liszt Weimar, vier Fachhochschulen, eine Duale Hochschule, eine Verwaltungsfachhochschule sowie zwei staatlich anerkannte Hochschulen. Ein herausragendes Merkmal des Thüringer Hochschulsystems sind die im Bundesdurchschnitt außergewöhnlich guten Betreuungsrelationen. Das hier verwendete Hochschulranking berücksichtigt nur die Universität Jena, da nur Universitäten mit mehr als 800 Web of Science indizierten Publikationen (2017-2020) einbezogen werden.<sup>11</sup> Thüringen erreicht beim BAK Hochschulindex einen Wert 97 Indexpunkten und liegt damit etwas unter dem Wert des Benchmarking-Samples von 99 Indexpunkten (vgl. Abb. 11). Bezüglich der Hochschulqualität ist bereits ein Indexdurchschnitt von 100 als gut zu bewerten, da der Index auch alle Top-Universitäten der US-Regionen beinhaltet. Hochschulrankings unterschätzen die Qualität der Forschung in Deutschland, da außeruniversitäre Forschungseinrichtungen nicht berücksichtigt werden. Dies gilt auch für Thüringen. Die Thüringer Hochschullandschaft wird ergänzt durch eine Reihe außeruniversitärer hochkarätiger Forschungseinrichtungen<sup>12</sup> z.B. auch mit Instituten, die starke umweltwirtschaftliche Forschungsschwerpunkte aufweisen wie die Institute der Fraunhofer-Gesellschaft (Fraunhofer Institut für Keramische Technologien und Systeme (IKTS) bzw. für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB), das Institut für Mikroelektronik und Mechanik-Systeme (IMMS), das Leibniz-Institut für Phononische Technologien e.V. (IPHT) oder das Institut für Angewandte Bauforschung Weimar (IAB).<sup>13</sup>

Die **staatlichen Rahmenbedingungen für hochqualifizierte Arbeitskräfte** sind ebenfalls attraktiv gestaltet (Indexwert 106). Hier trägt die niedrigere effektive Besteuerung der Hochqualifizierten (40%) zur Attraktivität bei. Negativ macht sich die leicht unterdurchschnittliche kontinentale Erreichbarkeit Thüringens bemerkbar. Die kontinentale Erreichbarkeit spiegelt die Reisezeiten mit verschiedenen Verkehrsträgern vor allem von Tagesreisen zwischen den Zentren Europas wider.<sup>14</sup> Der Freistaat ist etwas weniger gut verkehrstechnisch angebunden als der Durchschnitt der Vergleichsregionen.

Um ausgebildete Arbeitskräfte und Hochqualifizierte anzuziehen und halten zu können, benötigt es einen attraktiven Arbeitsmarkt, der u.a. eine gewisse Dichte an entsprechenden Arbeitsplätzen aufweist. Die **Attraktivität des Arbeitsmarktumfelds für Hochqualifizierte** liegt in Thüringen unter dem Indexdurchschnitt und bleibt damit auch deutlich hinter dem Samedurchschnitt. Dies liegt daran, dass die Größe des Arbeitsmarktes für Hochqualifizierte gemessen am Anteil der Beschäftigten in wertschöpfungsintensiven Branchen im Benchmarking-Vergleich klein ist und ihr Anteil kaum zugenommen hat. Zudem ist der Anteil an Akademikern und Akademikerinnen in Thüringen ebenfalls stark unterdurchschnittlich (vgl. Abb.14).

<sup>11</sup> Der BAK-Hochschulindex misst die Universitätsqualität der in der Region angesiedelten Hochschulen. Er berücksichtigt für jede einzelne Disziplin die Anzahl aller Publikationen, die zu den 10% meistzitierten in ihrem Bereich gehören, angepasst nach Bevölkerungsgröße der jeweiligen Region. Die Qualität der regionalen Universitäten wird dabei mit dem Faktor  $\frac{3}{4}$  gewichtet, die der umgebenden Regionen mit  $\frac{1}{4}$ . Der Index ist normalisiert: Der Durchschnitt aller TL2 Regionen in Westeuropa und den USA beträgt 100 und die Standardabweichung 10. Daher bedeutet beispielsweise ein Wert von 90, dass die regionale Universitätsqualität um eine Standardabweichung schlechter ist als der Durchschnitt aller europäischen und US TL2 Regionen. (Quelle: BAK Economics, CWTS Leiden Ranking)

<sup>12</sup> Vgl. hierzu TMWWDG (2019): Thüringer Forschungsatlas.

<sup>13</sup> Die weiteren Ausführungen beruhen auf Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (2019), Umweltwirtschaft in Thüringen. Leitmärkte, Zahlen und Fakten, S. 31.

<sup>14</sup> Die kontinentale Erreichbarkeit reflektiert die verkehrstechnische Vernetzung mit allen Regionen innerhalb Europas. Nebst Flugreisezeiten fließen auch die Reisezeiten für die Flughafen-Anbindung per Bahn oder Strasse ins Modell ein. Berücksichtigung findet schliesslich die minimale Reisezeit über die Verkehrsträger. Die Kosten werden in Form der Reisezeit gemessen und die Bedeutung eines Reiseziels in Relation zum Bruttoinlandsprodukt gesetzt. Index der kontinentalen Erreichbarkeit mit Index Basis: 100=Stichprobendurchschnitt 2002. Die Erreichbarkeit einer Region bezieht sich auf deren Hauptort ([www.bak-economics.com](http://www.bak-economics.com)).

Für Hochqualifizierte ist ein **attraktives gesellschaftliches Umfeld** wichtig. Dazu gehören eine gute Universität vor Ort, eine ausgezeichnete Gesundheitsversorgung und ein attraktives Freizeitangebot (hier approximiert durch die Beschäftigung im Gesundheitssektor und Tourismus). Abgesehen vom deutlich höheren Anteil der Beschäftigten im Gesundheitswesen schneidet Thüringen unterdurchschnittlich ab. Aber auch das Benchmarking-Sample kann hier kaum punkten, was unter anderen daran liegt, dass auch die ausgewählten Vergleichsregionen Industriestandorte sind.

## 2.2.4.2 Vertiefende Aspekte der Standortattraktivität

### 2.2.4.2.1 Bevölkerung und Fachkräfte

Wie bereits eingangs gezeigt, ist die Beschäftigung in Thüringen rückläufig. Die zugrundeliegenden Ursachen sind die demographische Entwicklung und der damit einhergehende Arbeitskräftemangel, weshalb auf diese Aspekte im Folgenden näher eingegangen wird.

Tab. 4 fasst die wichtigsten demographischen Kennziffern für Thüringen und die Vergleichsregionen zusammen.

**Tab. 4 Bevölkerung im Vergleich, 2010-2020**

Bevölkerung								
Region	Bevölkerung, 2020	Bevölkerungswachstum, 2010-2020	Anteile Junge, 2020	Anteil Arbeitskräftepotenzial, 2020	Anteil Pensionäre, 2020	Wachstum Junge, 2010-2020	Wachstum Arbeitskräftepotenzial, 2010-2020	Wachstum Pensionäre, 2010-2020
Thüringen	2'143'075	-0.5%	13%	61%	26%	1.2%	-1.2%	0.7%
Deutschland	83'477'018	0.1%	14%	65%	22%	0.2%	0.0%	0.7%
Ostdeutsche Ø	2'512'808	-0.3%	13%	61%	26%	1.4%	-1.0%	0.6%
Westeuropa	404'204'097	0.4%	16%	64%	20%	0.2%	0.1%	1.6%
Osteuropa Ø	13'187'098	0.0%	15%	66%	19%	0.2%	-0.6%	2.3%
Benchmarking-Sample Ø	1'885'828	0.3%	16%	64%	20%	0.2%	-0.2%	2.1%
Rang Thüringen	5	12	11	12	1	3	12	11
Region 1. Rang	Nordbrabant	Westschweden	Westschweden	Westslowakei	Thüringen	Westschweden	Westschweden	Pommern
Region 12. Rang	Oberfranken	Thüringen	Oberfranken	Thüringen	Pommern	Süddänemark	Thüringen	Oberfranken

Quelle: OECD, Eurostat, OEF, nationale Statistiken, BAK Economics

Thüringen zählt 2020 etwas mehr als 2 Mio. Einwohner. Seit 2010 ist die Bevölkerung um durchschnittlich 0,5% pro Jahr geschrumpft. Diese Entwicklung ist auch in anderen ostdeutschen Flächenländern zu beobachten. Hingegen wächst die Bevölkerung in Deutschland, Westeuropa und den Benchmarking-Regionen im Betrachtungszeitraum leicht. Der Bevölkerungsrückgang Thüringens resultiert aus einem Geburtendefizit (Sterbefälle übersteigen die Geburten um fast das Doppelte) und einer geringen Zuwanderung. Seit dem Jahr 2013 weist Thüringen mit Ausnahme des Jahres 2016 einen positiven Wanderungssaldo aus, da die Netto-Zuzüge aus dem Ausland die Netto-Fortzüge in andere Bundesländer übersteigen.<sup>15</sup> Insgesamt sind aber die Zuzüge aus dem Ausland im Vergleich der Bundesländer (Platz 9) geringer.<sup>16</sup>

Die Altersverteilung in Thüringen entspricht der Verteilung in den anderen ostdeutschen Flächenländern. Gekennzeichnet sind diese durch einen geringen Anteil junger Personen an der Bevölkerung (13%) und einem hohen Anteil älterer Menschen (26%). Das Arbeitskräftepotenzial ist in Thüringen und den ostdeutschen Flächenländern mit 61% der Gesamtbevölkerung geringer als in anderen Vergleichsregionen. Einen besonders hohen Anteil des Arbeitskräftepotenzials hat Osteuropa (66%) sowie Deutschland (65%). In Westeuropa zählen 64% der Bevölkerung zum Arbeitskräftepotenzial.

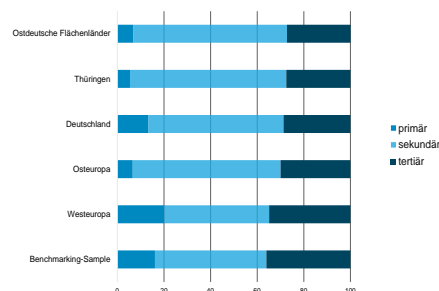
<sup>15</sup> Vgl. TMWWDG (2021): Digitalisierung. Dekarbonisierung. Demografie. Wandel gestalten. Thüringer Mittelstandsbericht, Erfurt, S. 46.

<sup>16</sup> Ebenda.

Seit 2010 nimmt das absolute Arbeitskräftepotenzial in Westeuropa (+0,1%) durchschnittlich pro Jahr leicht zu. In Deutschland stagniert es, während es in Thüringen um durchschnittlich 1,2% pro Jahr abnimmt. In den anderen Vergleichsregionen ist es ebenfalls rückläufig, der Rückgang ist jedoch in Thüringen am stärksten ausgeprägt (Benchmarking-Sample: -0,2%, Osteuropa: -0,5%).

Abb. 14 zeigt den Anteil des Arbeitskräftepotenzials mit primärem, sekundärem und tertiärem Bildungsabschluss, aufsteigend sortiert nach dem tertiären Bildungsanteil. Aus der Graphik wird deutlich, dass Thüringen über ein sehr gut ausgebildetes Arbeitskräftepotenzial verfügt: Über 90% verfügen über einen sekundären oder tertiären Bildungsabschluss. Dies entspricht den Werten der ostdeutschen Flächenländer und der osteuropäischen Staaten und liegt deutlich über denen Gesamtdeutschlands und Westeuropas. Mit einem Anteil von 27% der arbeitsfähigen Bevölkerung mit Hochschulabschluss (oder vergleichbaren Qualifikation) liegt Thüringen (ähnlich wie die ostdeutschen Flächenländer) allerdings unter dem Bundesdurchschnitt von 29% und deutlich unter dem Benchmarking-Sample (36%), Westeuropa (35%) und Osteuropa (30%). Für die künftige Innovationsfähigkeit der Region wäre eine Erhöhung des Anteils der Arbeitskräfte mit tertiärem Abschluss sowie mit direktem praktischem Bezug zu Dekarbonisierung, Nachhaltigkeit und Klimaschutz insbesondere auch im sekundären Bereich von Vorteil. Zwischen 2010 und 2017 hat sich der Anteil des Arbeitskräftepotenzials mit tertiärem Bildungsabschluss in Thüringen ähnlich wie in Deutschland um nahezu einen Prozentpunkt verbessert<sup>17</sup>, aber deutlich weniger als in den anderen Vergleichsregionen. Im Benchmarking-Sample lag der Zuwachs bei durchschnittlichen 4,6 Prozentpunkten.

**Abb. 14 Qualifikationsstruktur des Arbeitskräftepotenzials im Vergleich, 2019**



Quelle: OEDC, BAK Economics

Aufgrund einer deutlich höheren Beschäftigungsquote von Frauen schöpft Thüringen - wie auch die ostdeutschen Flächenländer - sein Arbeitskräftepotenzial in einem höheren Maße aus als Westdeutschland.<sup>18</sup> Die Arbeitslosenrate Thüringens liegt mit 5,4% (Juni 2022; 58.600 Personen) im Bundesdurchschnitt<sup>19</sup>, was ebenfalls auf keine großen unausgeschöpften Reserven hindeutet.

<sup>17</sup> Auch aktuelle Zahlen belegen eine Zunahme der Arbeitskräfte mit tertiärem Bildungsabschluss in Thüringen (vgl. hierzu Pressemitteilung 006/2023 vom 12. Januar 2023: Anzahl der Akademikerinnen und Akademiker in Thüringen in den letzten 10 Jahren gestiegen ([https://statistik.thueringen.de/presse/2023/pr\\_006\\_23.pdf](https://statistik.thueringen.de/presse/2023/pr_006_23.pdf)))

<sup>18</sup> Vgl. TMWWDG (2021): Thüringer Mittelstandsbericht, S. 46.

<sup>19</sup> <https://statistik.arbeitsagentur.de>

Zusammenfassend lässt sich festhalten: Um Arbeits- und Fachkräfte in Thüringen zu halten und um das vorhandene Potenzial noch besser auszuschöpfen, benötigt es kontinuierliche Anstrengungen von einer qualitativ hochstehenden Schulbildung über attraktive Berufsausbildungsangebote bis zur Darstellung, Vermittlung und Erhöhung der Attraktivität der Thüringer Unternehmen für junge Menschen. Diese Vermittlung muss frühzeitig bereits in der Schule und vor dem Übergang von Schule zu Beruf und Ausbildung stattfinden, um junge Menschen binden zu können. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass der Freistaat kurz- bis mittelfristig auf Zuwanderung angewiesen sein wird, da das vorhandene Arbeitskräftepotenzial weitgehend ausgeschöpft ist und wenig junge Arbeitskräfte nachwachsen. Allerdings stößt dieser Zuwanderungsbedarf auf eine zuwandererkritische Einstellung, insbesondere dort wo der Zuwanderungsbedarf besonders hoch ist, was die künftige Anziehung von ausländischen Fachkräften deutlich erschweren dürfte.<sup>20</sup>



In den Gesprächen mit Expertinnen und Experten wurde übereinstimmend darauf hingewiesen, dass die Thüringer Wirtschaft mit einem umfassenden Fachkräftemangel – von ungelernten über ausgebildete Fachkräfte bis zu Akademikern – zu kämpfen hat.<sup>21</sup> Für die Dekarbonisierung fehle es vom Elektriker bis zum Elektroingenieur. Die Digitalisierung könne hier nur bedingt helfen, da auch in automatisierten Betrieben ausgebildete Fachkräfte für die Instandhaltung gebraucht würden. Es wurde darauf hingewiesen, dass sich Thüringen im bundesweiten Wettbewerb befindet und es Thüringen teilweise an der Attraktivität für Fachkräfte mangle. Dabei wurde einerseits auf das Lohnniveau, aber auch auf den schlecht ausgebauten öffentlichen Verkehr (außerhalb Erfurts und Jenas) innerhalb des Bundeslandes hingewiesen. Thüringen sei in der Außenwahrnehmung für Fachkräfte nicht attraktiv und gelte nicht als „Ort für Karriere“. Positiv wurde hervorgehoben, dass Thüringen eine hohe Lebensqualität für Familien biete, z.B. durch einen guten Naherholungsfaktor, gute Kinderbetreuungsmöglichkeiten und auch erschwinglichere Mieten.<sup>22</sup> Eine Möglichkeit, die Attraktivität für junge Arbeitskräfte zu erhöhen, könnte darin bestehen, dass sich thüringische Unternehmen glaubhaft als Vorreiter beim Thema Nachhaltigkeit positionieren. Vereinzelt wurde die zunehmende Akademisierung kritisiert und dass Verbesserungen im Schulsystem notwendig seien (mehr MINT-Orientierung, mehr Lehrpersonen). Außerdem wurde darauf verwiesen, dass es eine Zuwanderung ausländischer Arbeitskräfte benötige bzw. eine bessere Integration der Arbeitskräfte/Flüchtlinge in den Arbeitsmarkt erforderlich sei. In diesem Bereich seien Reformen bei den Zuwanderungsregelungen notwendig.

<sup>20</sup> Tim, A. et al (2020): Das Thüringen Paradox: Thüringen droht tatsächlich eine „zweite Wende“ – aber anders als von manchen erhofft, Ifo Dresden Bericht 2020-01.

<sup>21</sup> Dies entspricht auch den Ergebnissen des IAB-Panels von 2019, das höhere Vakanzzraten in Thüringen über alle Qualifikationsstufen hinweg gegenüber denen in Ostdeutschland und Deutschland insgesamt ausweist (TMWWDG 2021, Thüringer Mittelstandsbericht, S. 70.)

<sup>22</sup> So liegt Thüringen im Bundesländervergleich bei Familienfreundlichkeit auf den vorderen Rängen in der Studie des Berlin-Instituts für Bevölkerung und Entwicklung (2019): Die demographische Lage der Nation. Wie zukunftsfähig deutsche Regionen sind? Gemäß der Studie „Wohnen in Deutschland“ lag der m<sup>2</sup>-Preis für den Kauf einer Bestandseigentumswohnung (in den Städten) bzw. eines Bestandseinfamilienhauses (Landkreise) in allen Thüringer Kreisen unter dem Bundesdurchschnitt von 2.686 EUR. Auch die Preise in den beiden teuersten Kreisen Erfurt (2.109 EUR) und Jena (2.335 EUR) bleiben unter dem Bundesdurchschnitt (vgl. hierzu die interaktive Karte auf: <https://www.iwconsult.de/aktuelles/projekte/wohnen-in-deutschland-2021>, Abruf: 14.10.2022).



#### 2.2.4.2.2 Digitalisierung und Dekarbonisierung

Neben der Dekarbonisierung ist die Digitalisierung einer der wichtigsten aktuellen Transformationsprozesse. Digitale Technologien - wie Sensoren, vernetzte Geräte - verändern bereits wie Energie in der gesamten Wirtschaft genutzt und verbraucht wird. Die fortschreitende Digitalisierung schafft neue Möglichkeiten, die Energienutzung zu optimieren und Treibhausgasemission (THG-Emission) zu reduzieren.

Chancen ergeben sich z.B. in folgenden Sektoren:

- Energie: Die Digitalisierung kann die Fähigkeit des Netzes verbessern, mehr variable Erneuerbare Energie zu integrieren; ein zusammenhängendes Netz mit multidirektionalem Stromfluss zu schaffen und Demand-Response Strategien zur Nachfragereduzierung (einschließlich intelligentem Laden von Elektrofahrzeugen) zu nutzen.
- Verkehr: Die Digitalisierung des Transportwesens kann die Kraftstoffeffizienz (z.B. durch Routenoptimierung) erhöhen. Außerdem kann durch digitale Meetings und Home-office das Verkehrsaufkommen reduziert werden und damit auch THG-Emissionen.
- Gebäude: Die Digitalisierung von Gebäuden - z.B. durch Energiemanagementsysteme, intelligente Heizungs- und Kühlsysteme sowie vernetzte Geräte - kann den Energieverbrauch senken.
- Industrie: Intelligente Fertigungskonzepte können Energie- und Ressourcenverbrauch optimieren, das Lieferkettenmanagement verbessern und eine Differenzierung von Produkten auf der Grundlage von Umwelteigenschaften ermöglichen.
- Landwirtschaft: „Smart Farming“-Ansätze können z.B. Emissionen-verursachende Betriebsmittel (z. B. Düngemittel) besser steuern und damit effizienter eingesetzt werden.

Einsparungen durch erhöhte Energieeffizienz in neuen Technologien können aber in einem Rebound-Effekt resultieren.<sup>23</sup> Der Rebound-Effekt beschreibt das Phänomen, dass die zu erwarteten Energieeinsparungen durch neue Technologien nur zum Teil – oder gar nicht – eintreffen, da sie zu einem erhöhten Konsumverhalten führen. Wie groß der Einfluss der Digitalisierung auf die Klimaziele ist, hängt stark von verschiedenen Faktoren ab. In erster Linie führt die Digitalisierung, insbesondere riesige Datenzentren oder Blockchain-Technologien, zu einem erhöhten Strombedarf. Darüber hinaus lassen auch zahlreiche Smart-Home-Applikationen in privaten Haushalten die Nachfrage steigen. Das deutsche Umweltbundesamt (UBA) schätzt, dass Rebound-Effekte durchschnittlich 10% bis 30% der möglichen Einsparungen durch energieeffiziente Technologien wieder aufheben. Denn häufig investieren Unternehmen und Verbraucher die freigesetzten Ressourcen in zusätzliche Produktion und mehr Konsum. Deshalb gilt: Digitalisierten Nachhaltigkeitsbemühungen liegt vor allem die Energiewende zugrunde, welche den Strombedarf durch nachhaltige Produktion wie Wind, Wasserkraft oder Photovoltaik deckt.

Um die Digitalisierung als Chance zur Dekarbonisierung nutzen zu können, benötigt es die entsprechenden Infrastrukturen sowie die Diffusion der entsprechenden digitalen Technologien und Kompetenzen.

---

<sup>23</sup> [https://www.ey.com/de\\_ch/decarbonization/how-digitization-acts-as-a-driver-of-decarbonization](https://www.ey.com/de_ch/decarbonization/how-digitization-acts-as-a-driver-of-decarbonization)

Tab. 5 bildet die Verfügbarkeit von verschiedenen Breitband-technologien für Haushalte in den deutschen Bundesländern Mitte des Jahres 2021 ab. Es wird deutlich, dass es beim Ausbau der Infrastruktur in Thüringen noch Aufholbedarf insbesondere bei Glasfaser gibt. Die Zahlen sind jedoch im Kontext eines dynamischen Marktgeschehens im

Telekommunikationsbereich zu sehen. Andere Auswertungen schätzen, dass in 2022 bereits 21% der Hausanschlüsse in Thüringen mit Glasfasertechnologie versorgt sind (sog. „homes passed“).<sup>24</sup> Vor diesem Hintergrund wird nach Aktualisierung der Daten des Breitbandatlas des Bundes zum Ende des Jahres 2022 mit einem Anstieg der Versorgungszahlen gerechnet.

Insgesamt ist, wie bereits oben erwähnt, der Anteil des in Thüringen bisher vorhandenen IKT-Dienstleistungssektors noch relativ klein. Weiterhin zeigen Umfragen, dass die Unternehmen in Thüringen weniger häufig als im gesamtdeutschen, aber auch ostdeutschen Flächenländer Vergleich wesentliche Komponenten des Internet of Things (Algorithmen zur Prozessoptimierung, programmgesteuerte Produktionsmittel oder Vernetzung und Datenaustausch zwischen Anlagen) einsetzen.<sup>25</sup> Diese digitalen Komponenten sind aber für die Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz im Produktionsbereich wichtig. Um die Digitalisierung in Thüringen zu beschleunigen, gibt es bereits zahlreiche Aktivitäten wie z.B. die Gründung der Digitalagentur Thüringen GmbH, welche die Umsetzung digitaler und entsprechender Projekte unterstützt<sup>26</sup> oder die Errichtung der Thüringer Glasfasergesellschaft mbH durch den Kommunalen Energiezweckverband Thüringen, die den geförderten Breitbandausbau vorantreibt.

**Tab. 5 Breitbandzugang von Haushalten, 2021**

Digitalisierung			
Region	DSL/ VDSL	FTTH/B (Glasfaser)	CATV (Kabel)
Thüringen	99.3%	6.4%	47.4%
Deutschland	99.4%	15.8%	68.0%
Ostdeutsche Flächenländer	98.9%	14.9%	49.7%

Quelle: Aktuelle Breitbandverfügbarkeit Deutschland  
<https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/publikation.html> (Abruf: 28.10.2022)

<sup>24</sup> Vgl. Marktanalyse 2022 des Bundesverbandes Breitbandkommunikation e.V. (BREKO) unter [https://www.brekoverband.de/site/assets/files/24389/breko\\_marktanalyse\\_2022.pdf](https://www.brekoverband.de/site/assets/files/24389/breko_marktanalyse_2022.pdf)

<sup>25</sup> Vgl. TMWWDG (2021): Thüringer Mittelstandsbericht, S. 62.

<sup>26</sup> Vgl. auch zu Aktivitäten im Bereich Nachhaltigkeit TMWWDG (Juni 2022): Digitalmonitor. Schwerpunkt Nachhaltig. Digital. Gestalten.

## 2.3 Energieproduktion

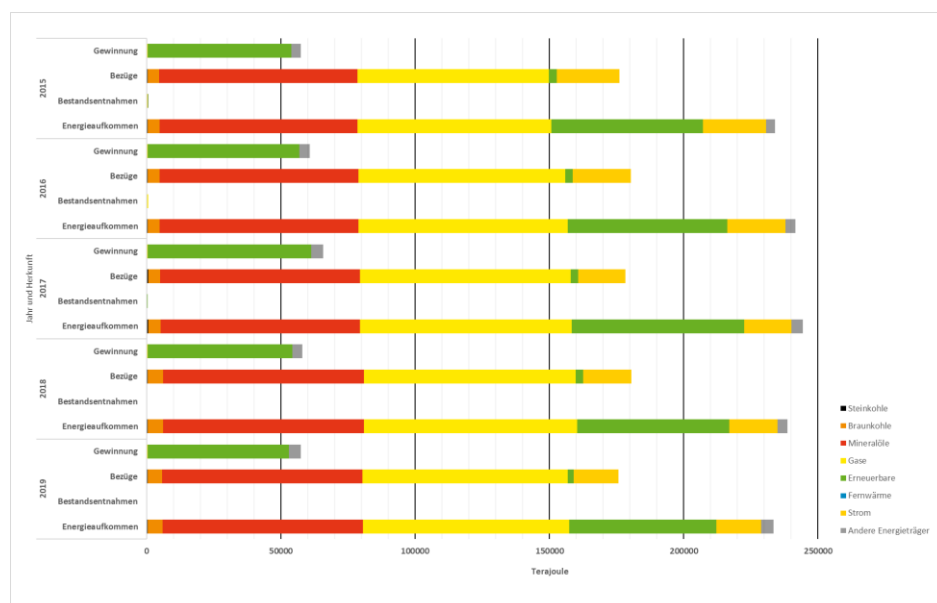
Wie eingangs erwähnt entstehen klimaschädliche Treibhausgase durch die Nutzung fossiler Energieträger, die vor allem zur Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt oder in Sekundärenergieträger, wie z.B. Benzin, umgewandelt werden. Des Weiteren werden fossile Energieträger auch direkt in der industriellen Produktion eingesetzt, um etwa Ammoniak und andere Stoffe herzustellen. Folgend werden die grundlegenden Aspekte der Energienutzung untersucht, um die Ausgangslage des Dekarbonisierungsprozesses darzulegen.

### 2.3.1 Energieaufkommen

Das Energieaufkommen gibt Aufschluss darüber wieviel Energie Thüringen insgesamt zur Verfügung steht und aus welchen Quellen die Energie stammt. Grundsätzlich kann Energie selbst gewonnen, aus anderen Ländern bezogen oder aus Beständen entnommen werden. Nach Primär- und Sekundärenergieträgern aufgeteilt, ergibt sich ein Bild davon, bei welchen Energieträgern Thüringen autark beziehungsweise abhängig von Importen ist. Die Grundlage dieser Analyse bildet die Energiebilanz des Freistaates, die vom Länderarbeitskreis Energiebilanzen aufwändig und einer einheitlichen Methodik folgend erstellt werden.<sup>27</sup>

Insgesamt standen Thüringen 2019 rund 233.402 Terajoule (TJ) an Energiegehalt zur Verfügung (siehe Abb. 15). Dieser Wert ist mit geringen Abweichungen nach oben über die vergangenen fünf Jahre relativ stabil geblieben. Die Energie wird zu drei Vierteln (75%) aus anderen (Bundes-)Ländern bezogen und zu einem Viertel (25%) selbst gewonnen. Der Anteil bezogener Energie ist in den vergangenen zehn Jahren kontinuierlich zu Gunsten der Eigengewinnung seit 2010 um circa 3% gesunken. Bestandsentnahmen spielen insgesamt eine vernachlässigbare Rolle (weniger als 0,07 %).

Abb. 15 Energieaufkommen in Thüringen, 2015-2019



Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen (2022): Energiebilanz Thüringen 2019.

<sup>27</sup> Vgl. <http://www.lak-energiebilanzen.de/methodik/>

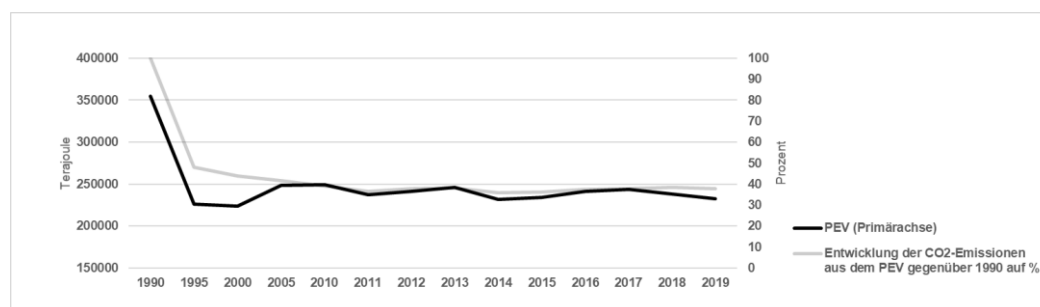
Die Eigenproduktion Thüringens konzentriert sich überwiegend auf die Gewinnung erneuerbarer Energieträger, von denen nur ein geringer Teil aus anderen Bundesländern oder aus dem Ausland bezogen wird. Dabei wird in Thüringen Energie vor allem aus den erneuerbaren Energieträgern Biomasse, Windkraft, Solarenergie und, in etwas geringerem Maße aus Wasserkraft und Klär- bzw. Deponiegas gewonnen. 2019 generierte Thüringen rund 96% (52.511 TJ) des Energiegehalts aus Erneuerbaren Energien selbst und importierte nur 4% (2.186 TJ), die sich ausschließlich aus dem Bezug von Biomasse ergeben (siehe Abb. A-2). Andere Energieträger wie Mineralöle, Erdgas und Braunkohle werden ausschließlich importiert. Ebenfalls wird Strom importiert, der ohne weitere Umwandlung direkt als Energieträger zur Verfügung steht und gemäß der Energiebilanzmethodik daher auch als Primärenergieträger zählt. Dieser kann wiederum durch fossile oder erneuerbare Energieträger generiert worden sein. Allerdings lassen sich eingespeiste Elektronen nicht einer Erzeugungsform zuordnen, selbst wenn „grüner Strom“ durch Lieferverträge bezogen wird. Es ist daher unklar in welchem Maße der importierte Strom als erneuerbarer Primärenergieträger ausgewiesen werden kann oder nicht.<sup>28</sup>

### 2.3.2 Primärenergieverbrauch und Energiemix

Das Energieaufkommen wird generell entweder genutzt, um Lieferverbindlichkeiten zu bedienen (Export) und Bestände aufzustocken oder zur Energiegewinnung eingesetzt. Da Thüringen keine Energieexporte verzeichnet und nur einen sehr geringen Anteil des Energieaufkommens zur Bestandsaufstockung nutzt (circa 0,3% in 2019), werden diese Positionen im Folgenden nicht weiter betrachtet. Keine Lieferungen und geringe Bestandsaufstockung bedeuten auch, dass nahezu das gesamte Energieaufkommen Thüringens den Primärenergieverbrauch (PEV) ausmacht, also den Energiegehalt aller in Thüringen eingesetzten Energieträger (Definition laut UBA). Der PEV umfasst die Energie, die zur Umwandlung, zum energetischen Verbrauch oder zum Endenergieverbrauch durch die Verbrauchssektoren benötigt wird.<sup>29</sup>

Der PEV Thüringens ist abgesehen von einigen Schwankungen seit 1995 relativ konstant und lag 2019 bei 232.692 TJ (siehe Abb. 16). Der deutlichste Abfall des PEV ergab sich in den direkten Wendefolgejahren nach 1990 bis 1995. In dieser Zeit hat sich der PEV um 36% reduziert. Analog dazu haben sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen entwickelt. Gegenüber dem Jahr 1990 lag der Ausstoß in 2019 bei knapp 38%.

**Abb. 16 Entwicklung Primärenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen, Thüringen, 1990-2019**



Quelle: Thüringer Landesamt für Statistik (2022): Energiebilanz und CO<sub>2</sub>-Bilanz Thüringens 2019.

<sup>28</sup> Als Richtwert würde dann die gesamtdeutsche Stromerzeugung herangezogen werden. Hier lag der Anteil erneuerbarer Energieträger im Jahr 2019 bei 25,5% (AG Energiebilanzen (2021): Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland. Daten für die Jahre 1990 bis 2020. Stand: September 2021.)

<sup>29</sup> Definition gemäß Thüringer Landesamt für Statistik, Pressemitteilung 357/2021 vom 1. Dezember 2021

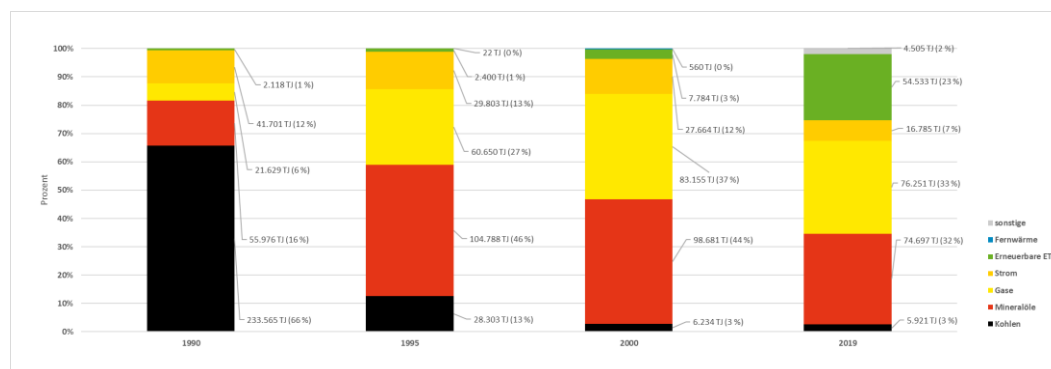
Allerdings hat sich der Energiemix, also die Zusammensetzung des Energiegehalts nach Energieträgern, in den vergangenen Jahren verändert (Abb. 17). Ebenfalls als Folge der Wiedervereinigung Deutschlands ist der Kohleanteil im Energiemix Thüringens seit 1990 von 66% auf heute weniger als 3% erheblich zurückgegangen. Auch dieser Rückgang ist vor allem bis 1995 realisiert worden. Seit 2000 bewegt sich der Kohleanteil zwischen 1,8% (2005) und 2,8% (2000). Am aktuellen Rand, in 2019, betrug er 2,5%.

Verglichen mit 1990 ist der Mineralölanteil von 16% auf 46% in 1995 und auf 44% in 2000 zunächst gestiegen. Erst seit 2005 sank er wieder und betrug 2005 circa 35% und 2019 32%. Damit macht Mineralöl ungefähr ein Drittel des Energiemix in Thüringen aus. Ein weiteres Drittel (33%) machten 2019 Gase aus. Auch dieser Anteil hat sich nach 1995 nur leicht verändert und ist seit 2005 relativ stabil. Zusammen mit Mineralölen und Mineralölprodukten, sind Erdgase die beiden wichtigsten Primärenergieträger für Thüringen. Da keines der beiden in nennenswerten Umfang in Thüringen gewonnen wird, ist das Bundesland zu 100% von Importen abhängig und daher in besonderem Maße von politischen und marktwirtschaftlichen Entwicklungen betroffen.

Der Anteil des importierten, elektrischen Stroms am Energiemix beträgt derzeit rund 7% und ist damit in den vergangenen Jahren gesunken. Seit 2000 ist damit der Stromimport um rund 40% gesunken. Gleichzeitig ist aber der Anteil der erneuerbaren Energieträger gestiegen, die vorwiegend zur eigenen Stromproduktion eingesetzt werden.

Die Reduktion des Einsatzes von Kohlen, Mineralölen und importiertem Strom zur Energiebedarfsdeckung geht entsprechend mit einer Steigerung des Anteils Erneuerbarer Energien am Energiemix einher. Dieser ist insbesondere seit den 2000er Jahren von 3% im Jahr 2000 auf 23% im Jahr 2019 angewachsen. Den Beitrag leistet hier Biomasse (35.280 TJ), gefolgt von Windkraft (11.312 TJ) und Solarenergie (5.730 TJ). Weiterhin kommen Wasserkraft (510 TJ), Klär- und Deponiegas (404 TJ) sowie sonstige erneuerbare Energieträger (Wärmepumpen und Geothermie) zum Einsatz (1.297 TJ). Außer Biomasse werden diese erneuerbaren Energieträger vollständig in Thüringen gewonnen. 2019 wurden rund 6% der Biomasse importiert und ein geringer Teil aus Beständen entnommen.

**Abb. 17 Energiemix in Thüringen (Anteil der eingesetzten Energieträger am PEV), 1990-2019**



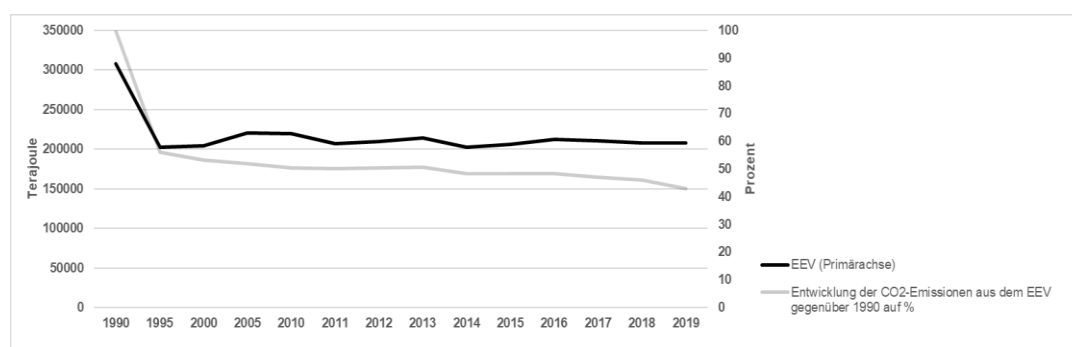
Quelle: Thüringer Landesamt für Statistik (2022): Energiebilanz und CO<sub>2</sub>-Bilanz Thüringens 2019.

### 2.3.3 Nichtenergetischer Verbrauch und Endenergieverbrauch

Ein Teil der Energieträger wird außerdem nicht zur Erzeugung von Energie, sondern als Rohstoffe zu Produkten oder Gütern durch Industrieunternehmen verarbeitet. Dabei spricht man von der stofflichen bzw. nichtenergetischen Nutzung dieser Energieträger. In Thüringen wird vorrangig Mineralöl und ein kleinerer Anteil Braunkohle stofflich genutzt.<sup>30</sup> Ebenso kommen vergleichsweise geringe Mengen von Gasen (vorrangig Erdgas) sowie Erneuerbarer Energien (hier ausschließlich Biomasse) zum Einsatz. Der gesamtdeutsche Durchschnitt für die stoffliche Nutzung von Erdgas ist wesentlich höher, er liegt 2020 bei rund 30% und ist auf solche Industrien, wie die Chemiebranche, zurückzuführen. Die Thüringische Wirtschaft ist daher von den aktuellen Preissteigerungen und potenziellen Engpässen von Erdgas zumindest insofern weniger stark betroffen als andere Bundesländer, weil gerade die stoffliche Nutzung von Erdgas nur schwer auf andere Energieträger umzustellen ist.

Letztlich gibt der Endenergieverbrauch (EEV) den Energiegehalt an, der durch Primärenergieträger und Umwandlung nutzbar gemacht wurde. Dieser wird in den Verbrauchssektoren Industrie, Haushalte und Verkehr eingesetzt. Historisch verläuft der EEV analog zum Primärenergieverbrauch, nur aufgrund der Verluste und stofflichen Nutzung auf einem geringeren Niveau (Abb. 18). Im Jahr 2019 betrug er rund 207.760 TJ, ein Niveau, das sich seit 1995 im Wesentlichen kaum verändert hat. Seit 1995 folgen die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem EEV einem stetig abfallenden Trend (Abb. 18). 2019 betrugen sie noch rund 43% des Ausstoßes in 1990. Wie eingangs erwähnt, ist der Rückgang vor allem durch die Haushalte getrieben (vgl. Abb. 4).

**Abb. 18 Entwicklung des Endenergieverbrauchs und CO<sub>2</sub>-Emissionen, Thüringen, 1990-2019**



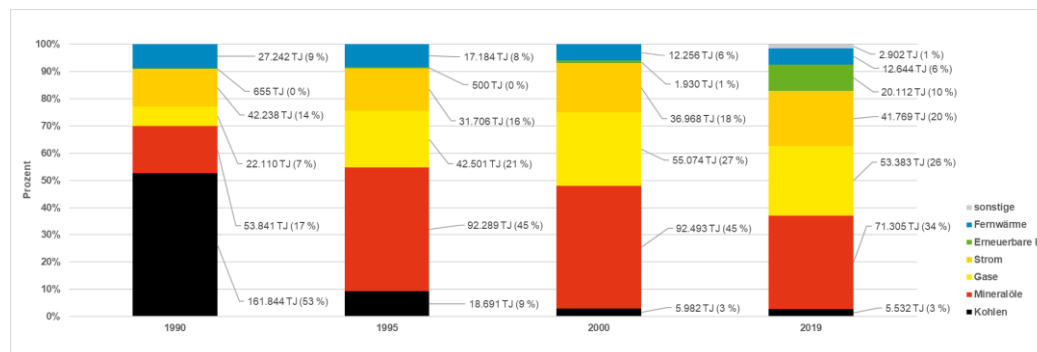
Quelle: Thüringer Landesamt für Statistik (2022): Energiebilanz und CO<sub>2</sub>-Bilanz Thüringens 2019.

Durch die Energieumwandlung entstehen aus fossilen und erneuerbaren Energieträgern nutzbare Energieformen, wie Benzin und andere Mineralölprodukte, elektrischer Strom und Fernwärme. Insofern unterscheidet sich die Verteilung der Energieträger des EEV von der des PEV. Die unterschiedlichen Beiträge der einzelnen Energieträger im PEV und EEV sind vor allem darauf zurückzuführen, dass vorrangig Gase, Strom sowie Erneuerbare Energien in der Umwandlung zur Verstromung und Mineralöle zur stofflichen Nutzung in der Industrie eingesetzt werden. Besonders augenfällig ist der Unterschied bei der Fernwärme, die in Thüringen eine bedeutendere Rolle bei der Deckung des Energiebedarfs der Verbrauchssektoren spielt (6%, Abb. 19). Drei Viertel davon werden in privaten Haushalten und ein Viertel in der Industrie genutzt. Ein gutes Drittel (34%) des Energiegehalts des EEV wurde 2019 durch Mineralöle und Mineralölprodukte bereitgestellt, ein Viertel (26%) durch Gase und ein Fünftel (20%) durch elektrischen Strom. Während der Anteil von Mineralölen im Zeitverlauf nach 1995 gesunken ist, haben

<sup>30</sup> Länderarbeitskreis Energiebilanzen (2022): Energiebilanz Thüringen 2019.

Gase und Strom an Bedeutung gewonnen. Den stärksten Zuwachs hat der Anteil Erneuerbarer Energien vollzogen. Betrug der Anteil zu Beginn der 2000er Jahre noch 1%, lag er 2019 bei 10%.

**Abb. 19 Endenergieverbrauch nach Energieträgern, Thüringen, 1990-2019**



Quelle: Thüringer Landesamt für Statistik (2022): Energiebilanz und CO<sub>2</sub>-Bilanz Thüringens 2019.

Insgesamt ist dies mit dem gesamtdeutschen Energieträgermix des EEV vergleichbar. Erdgas und Mineralölprodukte machten 2019 rund 61% am deutschen EEV aus, elektrischer Strom 20% und Fernwärme 4,5% und erneuerbare Energieträger 7,8%. Insofern liegt Thüringen bei der Nutzung von Fernwärme und bei Verwendung von im Land gewonnen erneuerbaren Energieträgern über dem gesamtdeutschen Anteil.<sup>31</sup>

<sup>31</sup> Geringe Ungenauigkeiten bei der Berechnung einzelner Anteile können ggf. durch leicht abweichende Zuordnungen in verschiedenen Statistiken unterschiedlichen Aktualitäten entstehen.

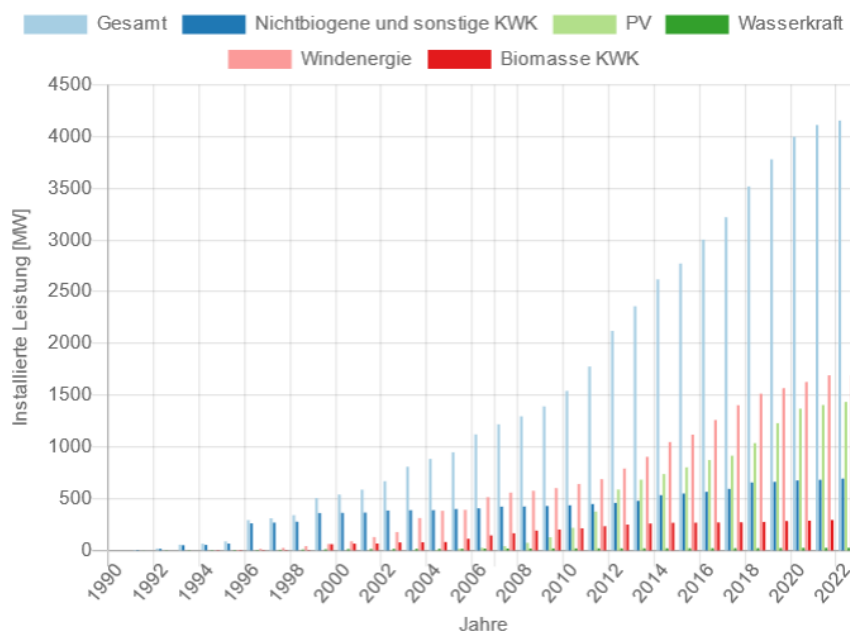
## 2.4 Ausgewählte Aspekte der Energieinfrastruktur

Voraussetzung für eine dekarbonisierte Energieproduktion und Wirtschaft ist eine leistungsfähige, resiliente und dezentrale Infrastruktur. Eine umfassende Bestandsaufnahme der technischen Anlagen der thüringischen Energieversorgung wurde in einer gutachterlichen Betrachtung im Jahr 2019 dargestellt.<sup>32</sup> Es ist nicht Ziel, diese hier vollständig zu replizieren. Vielmehr sollen einige Aspekte, die einer besonderen Dynamik unterliegen, bis zum möglichst aktuellen Rand dargestellt werden.

Für eine erfolgreiche Dekarbonisierung ist es notwendig, die Entwicklung der Infrastrukturen in den Bereichen der Elektrizitäts-, Gas-, Wärme-, Abfall- und Abwasserwirtschaft sowie des Verkehrswesens integriert weiterzuentwickeln.

Im Elektrizitätssektor befindet sich Thüringen in einer geografisch vorteilhaften Situation, denn wichtige Ost-West und Nord-Süd Transitleitungen im Höchstspannungsnetz durchqueren das Landesgebiet. Zur Stromgewinnung wurde die Energieinfrastruktur Thüringens seit den 2000er Jahren kontinuierlich um dezentrale Erzeugungsstrukturen erweitert (Abb. 20). Während Biomasse Kraft-Wärme-Kopplung (Biomasse KWK) seit 2010 keine größeren Zuwachsraten zu verzeichnen hat, stieg die installierte Leistung von Photovoltaik- und Windkraftanlagen zwar an, befindet sich seit 2020 aber auf einem nahezu konstanten Niveau. Nach wie vor sind die dezentralen Erzeugungsanlagen über das gesamte Gebiet Thüringens verteilt, Windkraftanlagen konzentrieren sich jedoch eher auf den nordöstlichen Teil (Abb. A-4). Im Jahr 2020 betrug der Anteil des aus Erneuerbaren Energien erzeugten Stroms in Thüringen 61,1%.<sup>33</sup> Davon wurden knapp die Hälfte (47,5%) aus Windkraftanlagen, und circa ein Viertel jeweils aus Biomasse (26,2%) und Photovoltaik (23%) hergestellt.

**Abb. 20 Installierte Leistung zur Stromgewinnung in Thüringen (1990-2022)**



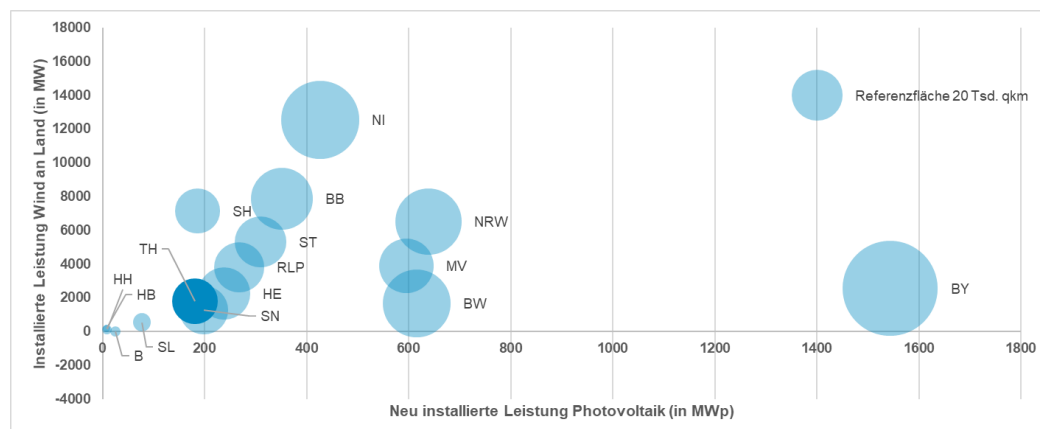
Quelle: Energieatlas Thüringen, abgerufen am 30.09.2022. <https://karte.energieatlas-thueringen.de/#null>

<sup>32</sup> ThEGA (2019): Wasserstoff in Thüringen, Ausgangslage, Potenziale und Handlungsoptionen.

<sup>33</sup> Thüringer Landesamt für Statistik, Pressemitteilung 025/2022 vom 09. Februar 2022.

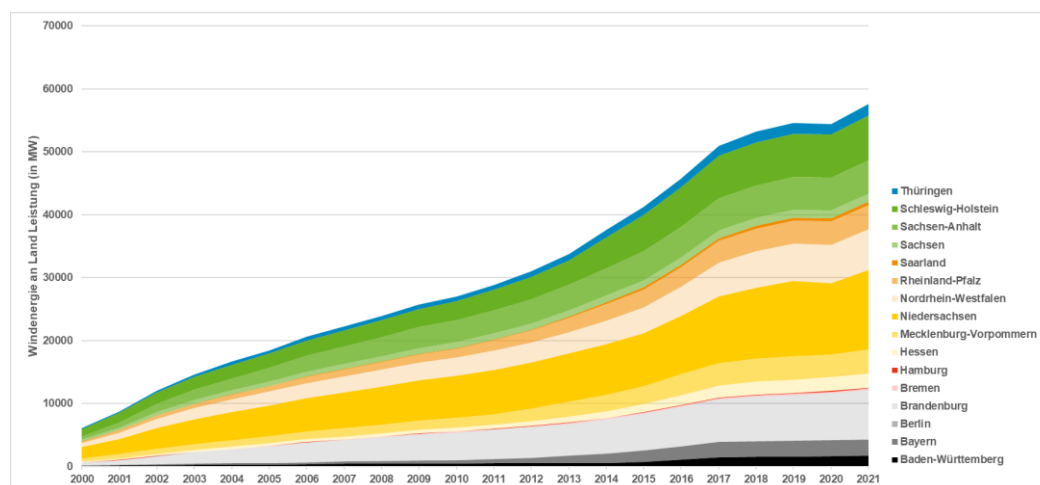


Abb. 21 Installierte Leistung von Solar- und Windanlagen, Bundesländer, 2021



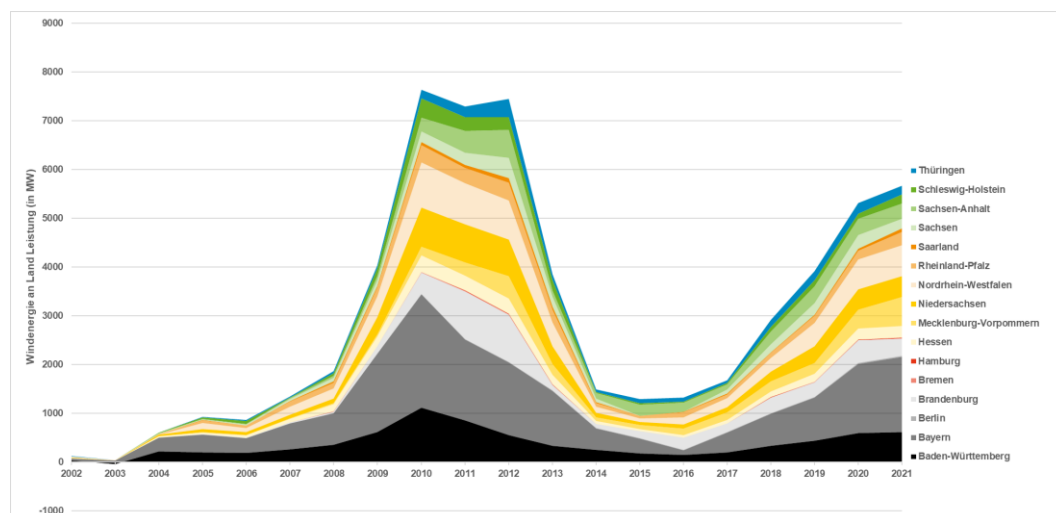
Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien (2022).

Abb. 22: Entwicklung der installierten Leistung von Wind an Land, Bundesländer, 2000-2021



Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien (2022).

Abb. 23: Entwicklung jährlich neu installierter Leistung Photovoltaik, Bundesländer, 2002-21

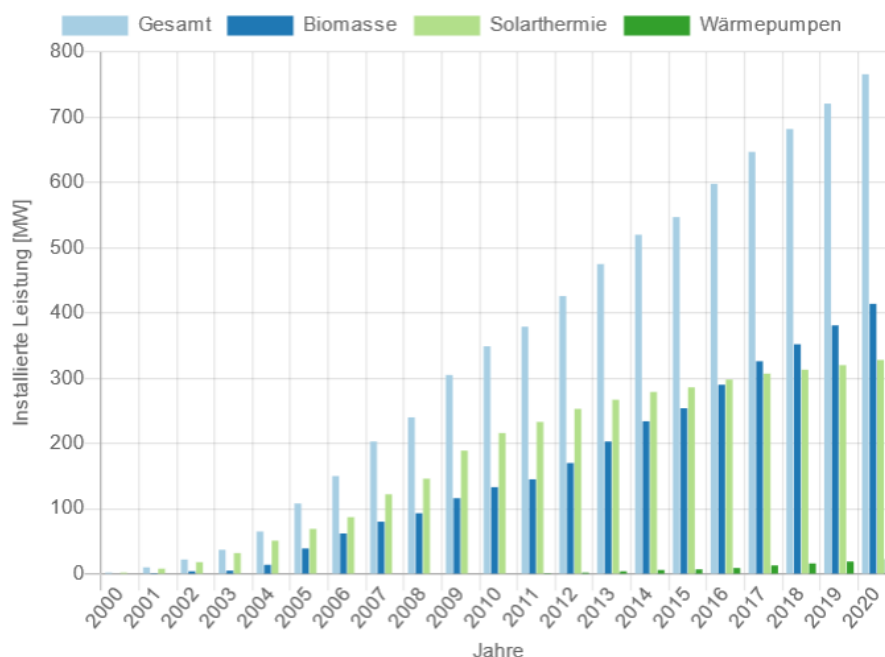


Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien (2022).

Im Vergleich mit anderen Flächenländern hat Thüringen eine der geringsten Ausbauraten bei Photovoltaikanlagen und eine eher geringe Gesamtmenge an installierter Leistung von Windkraftanlagen (Abb. 21-23). Für einen aussagefähigen Vergleich des Ausbaus dezentraler Erzeugungsanlagen, sind sicherlich auch Wind- und Flächenpotenziale maßgeblich. Unstrittig ist jedoch, dass unabhängig davon ein beschleunigter Ausbau für Thüringen unabdingbar ist, um die Transformation zu bewerkstelligen. Hierzu wurde insbesondere der Prozess zur Anpassung des Landesentwicklungsprogramms an die neuen bundesseitig vorgegebenen Flächenziele (Wind-an-Land-Gesetz) begonnen.<sup>34</sup> Zudem werden in den kommenden Jahren nennenswerte Leistungen an Wind- und Biogasanlagen aus dem EEG-Fördersystem herausfallen. Diese Anlagen könnten durch repowering<sup>35</sup> erhalten bzw. ausgeweitet werden.

Im Sinne einer integrierten Energiewende und wegen der hohen Gasabhängigkeit, rückt auch die Wärmeversorgung immer mehr in den Fokus. Rund 52% der Endenergie in Thüringen wird zur Wärmebereitstellung verwendet.<sup>36</sup> Der Anteil der Wärme, die aus Erdgas gewonnen wird, konnte bereits reduziert werden, betrug 2020 aber immer noch 75%, während Wärme aus erneuerbaren Energiequellen 16,5% betrug.<sup>37</sup> Wichtigster Energieträger zur Erzeugung von Wärme aus Erneuerbaren Energien ist Biomasse, gefolgt von Solarthermieanlagen und Wärmepumpen (Abb. 24). Ähnlich wie bei den Erzeugungsanlagen für Strom, sind auch diese über das gesamte Gebiet Thüringens zu finden (Abb. A-5).

**Abb. 24 Installierte Leistung zur Wärmegewinnung aus Erneuerbare Energien, Thüringen, 2000-2020**



Quelle: Energieatlas Thüringen, abgerufen am 30.09.2022. <https://karte.energieatlas-thueringen.de/#null>

Im Hinblick auf den Umbau der Energieversorgung hin zu einem dekarbonisierten System, spielen auch die bestehenden Gasversorgungsnetze eine Rolle. Geografisch ist Thüringen

<sup>34</sup> Dazu finden sich weitere Informationen im Bericht des Bund-Länder-Kooperationsausschusses für das Berichtsjahr 2022 vom 26. Oktober 2022.

<sup>35</sup> Repowering bezeichnet das Ersetzen alter Anlagenenteile durch neue, die ggf. höheren Wirkungsgrad aufweisen. Auf diese Weise werden bestehende Infrastrukturen weiterhin genutzt bzw. aufgerüstet.

<sup>36</sup> Thüringer Landesamt für Statistik; BAfA - Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle; ThEGA.

<sup>37</sup> Thüringer Landesamt für Statistik, Pressemitteilung 020/2022 vom 01. Februar 2022.

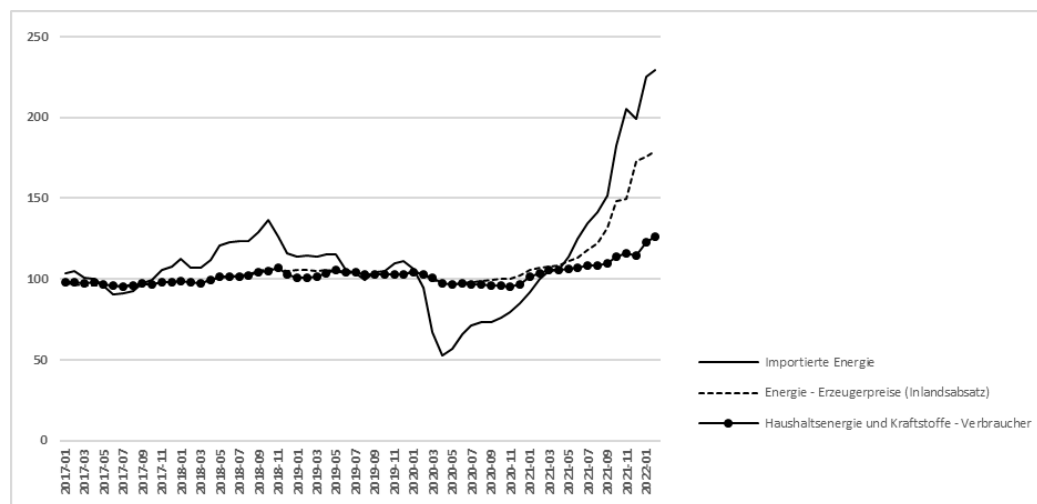
im deutschen Fernleitungsnetz für Gas so eingebunden, dass es durch zwei wichtige Ost-West-Verbindungen durchquert wird. Durch die Umwidmung bestehender Erdgaspipelines und die Installation von Einspeisepunkten für Wasserstoff kann Thüringen an das nationale Transportnetz für („grünen“) Wasserstoff angeschlossen werden.<sup>38</sup> Darüber hinaus stehen derzeit ungenutzte Erdgasfernleitungen zur Verfügung.<sup>39</sup> Aufgrund des zunehmenden Bedarfs an elektrischem Strom ist die Anpassung der bestehenden Übertragungsnetze ebenfalls relevant, da durch die Elektrifizierung einzelner Branchen punktuelle Nachfrager entstehen. Eine Möglichkeit dem gerecht zu werden bieten innovative Netztechnologien, die es erlauben Lastflüsse gezielter zu steuern und eine gleichmäßigere Auslastung der Netzbetriebsmittel begünstigen.<sup>40</sup> Dazu zählen unter anderem Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungs-Kurzkupplungen, die eine Punkt-zu-Punkt-Übertragung über kurze Distanzen ermöglichen. Die Wirksamkeit einiger dieser innovativen Ansätze wurden bereits untersucht<sup>41</sup> und sollten in der Planung künftig einbezogen werden.

## 2.5 Preisentwicklung

### 2.5.1 Energiepreisindex

Die steigenden Energiepreise haben die Wirtschaft und Verbraucher in den vergangenen Monaten enorm unter Druck gesetzt. Neben dem gestiegenen Erzeugerpreisindex für Energie ist auch die importierte Energie insgesamt teurer geworden (Abb. 25). Während im Inland produzierte Energie im Februar 2022 68% teurer war als im Vorjahresmonat (Anstieg des Erzeugerpreises von 106,7 auf 179,3), ist importierte Energie im selben Zeitraum mehr als doppelt so teuer geworden (Teuerungsrate 129,5% entspricht einem Anstieg des Importpreisindex von 99,8 im Februar 2021 auf 229 ein Jahr später). Demzufolge sind sowohl Abnehmer inländisch produzierter Energie als auch Energieimporteure vom Preisanstieg betroffen.

**Abb. 25 Entwicklung der Energiepreise in Deutschland, 2017-2022, (Basis 100 = 2015)**



Quelle: Statistisches Bundesamt, 2022, Pressemitteilung Nr. N 016 vom 29. März 2022

<sup>38</sup> ewi (2022): Wasserstoffhochlauf in Ostdeutschland bis 2045. Eine Infrastrukturanalyse anhand regionaler Erzeugungspotenziale und Bedarfe. Endbericht im Auftrag von GASCADE Gastransport GmbH. Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (2021): Thüringer Landesstrategie für Wasserstoff.

<sup>39</sup> Ebenda.

<sup>40</sup> dena (2022): dena-Netzstudie III. BET (2021): Technische und betriebliche Optimierungsmöglichkeiten-gutachten.

<sup>41</sup> InnoSys 2030. <https://www.innosys2030.de/>

Entscheidend für den Anstieg der Erzeugerpreise für Energie waren die Preissteigerungen bei Erdgas und Strom. Über alle Abnehmergruppen hinweg verteuerte sich Erdgas in der Gesamtverteilung im Mai 2022 verglichen mit dem Vorjahresmonat um 148% (Erzeugerpreisindex stieg von 89,9 auf 223, Abb. A-6). Kraftwerke und die Industrie sind dabei die am stärksten betroffenen Abnehmergruppen. Deren Preissteigerungen betrugen in der Spitze mehr als 300% (Erzeugerpreisindex für Kraftwerke stieg von 88,8 im April 2021 auf 361,4 im April 2022 in Abb. A-6). Zwar stiegen auch Preise für Handel und Gewerbe, jedoch auf einem sehr viel niedrigeren Niveau mit weniger extremen Wachstumsraten.

Von der Preissteigerung elektrischen Stroms sind vor allem Weiterverteiler betroffen, die sich im Mai 2022 einem Preis gegenübersehen, der 165,2% höher war als im Vorjahresmonat (Abb. A-7). Auch Sondervertragskunden auf Hochspannungsebene waren besonders von den Strompreissteigerungen betroffen. Sie zahlten im Mai 2022 doppelt so viel, rund 103%, mehr für elektrischen Strom als im Vorjahr.

## 2.5.2 Erzeugerpreisindex

In Deutschland gibt es zur Messung der Preisentwicklung ein komplexes System verschiedener Indizes. Für die vorliegende Studie sind die Preisentwicklungen der Wertschöpfungsstufe Produktion von besonderer Relevanz. Produktionseitig werden Erzeugerpreise für verschiedene Produkte (Dienstleistungen, gewerbliche Produkte, Bauleistungsprodukte, landwirtschaftliche Produkte und Produkte des Holzschlags) separat ermittelt.<sup>42</sup> Sie geben den Betrag an, den der Produzent vom Käufer erhält und spiegeln durchschnittliche Veränderung des Preisniveaus von einer zur nächsten Periode wider. Deshalb, und weil die Preisentwicklung auf Produktionsebene in Folgeperioden die Preisentwicklung anderer Wertschöpfungsstufen beeinflussen, sind sie zentrale Indikatoren des Wirtschafts- und Konjunkturverlaufs.

Der Erzeugerpreisindex gewerblicher Produkte misst dabei die Preisentwicklung aller im Inland produzierten und abgesetzten Waren der Industrie (Bergbau, verarbeitendes Gewerbe) und der Energiewirtschaft. Im Mai 2022 waren die Transaktionspreise etwa 45% höher als 2015 und 33,6% höher als im Mai 2021.<sup>43</sup> Letzteres entspricht dem höchsten Anstieg der Teuerungsrate seit Beginn der Erhebung im Jahr 1949.<sup>44</sup> Mit Blick auf den Verlauf der Preisentwicklung ist festzustellen, dass sich der Preisanstieg zwar durch den am 24. Februar 2022 begonnenen Krieg in der Ukraine noch einmal enorm verschärft hat. Allerdings erfuhr der Erzeugerpreisindex vergleichsweise hohe Anstiege bereits seit dem Frühjahr 2021 (Abb. 26).

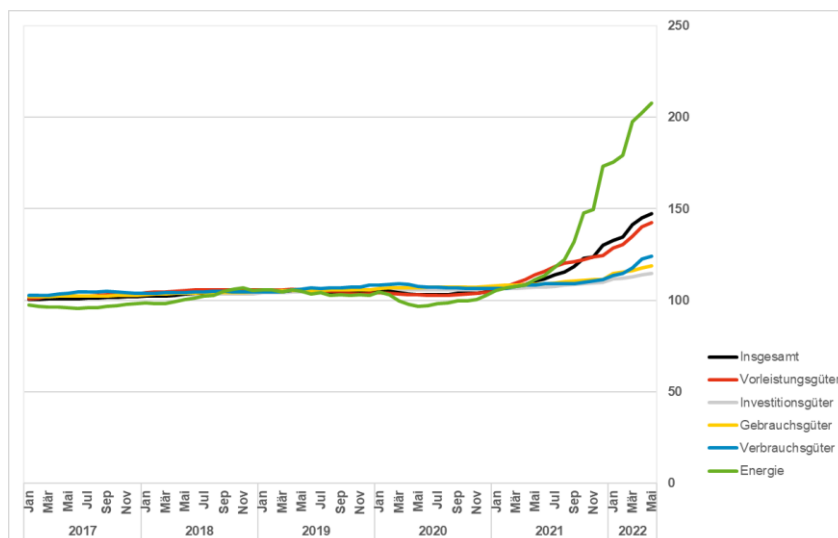
---

<sup>42</sup> Statistisches Bundesamt (2019): Handbuch zur Methodik – Index der Erzeugerpreise gewerblicher Produkte (Inlandabsatz).

<sup>43</sup> Statistisches Bundesamt, Erzeugerpreisindex gewerblicher Produkte, Stand 20.06.2022.

<sup>44</sup> Vgl. Statistisches Bundesamt (2022): Fachserie 17, Reihe 2, 04/2022. Preise und Preisindizes für gewerbliche Produkte.

**Abb. 26 Erzeugerpreisindex gewerblicher Produkte, Deutschland, 2017-2022, Basis 100=2015**



Quelle: Statistisches Bundesamt, Erzeugerpreisindex gewerblicher Produkte, Stand 20.06.2022.

Bei der Analyse einzelner Produkte ist deutlich erkennbar, dass die Erhöhung der Erzeugerpreise insbesondere durch die Teuerungsrate der Energie getrieben wird (Abb. 26). Im Mai 2022 war Energie um 87% teurer als im Mai 2021. Dies setzt einen Wachstumstrend der Erzeugerpreise für Energie fort, der bereits im Januar 2021 begann. Zuvor bewegten sich die Energieerzeugungspreise im Betrachtungszeitraum auf einem relativ gleichbleibenden Niveau, das nur langsam anstieg und zwischenzeitlich sogar leicht abfiel.

Am zweitstärksten sind die Erzeugerpreise für Vorleistungsgüter gestiegen. Auch diese folgen einem seit Januar 2021 steigenden Trend. Im Mai 2022 waren Vorleistungsgüter rund 25% teurer als im Vorjahresmonat. Zurückzuführen ist der Anstieg insbesondere auf die Preise von Metallen, Nichteisenmetallen, Betonstahl, Aluminium, Düngemitteln und Stickstoffverbindungen, Verpackungsmitteln aus Holz, Futtermitteln, Getreidemehl, Nadelschnitthölzern und Papier und Pappe sowie Zeitungsdruckpapier, Wellpapier und Wellpappe.

Vergleichsweise geringe Preissteigerungen weisen Verbrauchs-, Gebrauchs- und Investitionsgüter auf. Letztere sind aufgrund steigender Preise von Maschinen, Metallkonstruktionen für Klimageräte, Kühl- und Gefrierschränke sowie Zubehör für Datenverarbeitungsmaschinen teurer geworden.

### 2.5.3 Erzeugerpreisindex auf Ebene der Gütergruppen

Die Teuerungsraten nach Güterklassen bzw. gewerblichen Produkten (nach Güterverzeichnis 2009) zeigen, welche anderen Produkte besonders von Preissteigerungen betroffen sind. Dies ermöglicht die Identifikation betroffener Branchen über die Energiekosten hinaus (Tab. 6).

Seit 2021 sind die Erzeugerpreise insbesondere in den Güterklassen „Erdöl und Erdgas“, „Energieversorgung“ und „Kokereien und Mineralölprodukte“ gestiegen. Verglichen mit dem Vorjahresmonat waren die Preise dieser Produkte im Mai 2022 fast 180% bzw. 97% und 56% teurer. Auch in anderen Güterklassen gab es erhebliche Preissteigerungen. Vor allem in den Güterklassen „Metalle“ und „Holz und Holz- Kork- Korb- und Flechtwaren ohne Möbel“ sowie „Papier, Pappe und Waren daraus“ gab es zuletzt im April und Mai 2022

Preissteigerungen von 32 bis 43% im Vergleich zum jeweiligen Vorjahresmonat. Während „Metalle“ und „Holz und Holz- Korb- Korb- und Flechtwaren ohne Möbel“ sich solch hohen Teuerungsraten bereits seit Mitte 2021 gegenübersehen, wurde dieses Niveau bei „Papier, Pappe und Waren daraus“ erst kürzlich erreicht. Die Teuerungsraten für „Chemische Erzeugnisse“, „Nahrungs- und Futtermittel“ sowie „Druckerzeugnisse und Ton-, Bild- und Datenträger“ lagen im Mai 2022 jeweils zwischen 20% und 30%. Gewerbliche Produkte der Gütergruppen „Metallerzeugnisse“, „Glas und -waren, Keramik, Steine und Erden“, „Gummi- und Kunststoffwaren“, „Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse“ sowie „Möbel“ und „Textilien“ waren im Mai 2022 zwischen 10% und 20% teurer als im Jahr davor. Die verbleibenden 13 Güterklassen wiesen Teuerungsraten von weniger als 10% auf.

**Tab. 6 Teuerungsraten nach Güterklassen, Deutschland, Jan 2021-Mai 2022)**

	2021												2022				
	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai
Erdöl und Erdgas	-19,6	-2,1	22,8	51,8	100,4	113,6	112,0	142,2	157,9	206,0	255,6	241,5	288,0	210,5	212,6	255,0	177,6
Energieversorgung	2,2	4,6	7,0	8,3	12,4	15,2	19,4	23,9	33,3	50,7	51,0	76,4	73,9	76,1	91,5	96,7	96,6
Kohlerzeugnisse und Mineralerzeugnisse	-7,0	-0,2	17,2	30,2	36,0	31,9	29,9	29,9	35,5	46,1	50,1	39,5	32,8	34,8	61,3	54,2	56,2
Metalle	4,5	7,9	12,9	17,3	23,1	26,3	32,2	34,9	35,5	37,8	37,0	36,1	36,9	36,2	39,7	43,3	38,1
Holz und Holz- Korb- Korb- Flechtwaren ohne Möbel	3,1	4,3	6,2	10,8	15,4	23,7	35,6	42,5	42,1	37,9	34,5	32,1	33,3	33,9	36,5	37,3	37,3
Papier, Pappe und Waren daraus	-1,3	-0,4	0,5	1,9	3,7	5,1	7,4	9,9	12,5	14,2	17,2	18,6	24,0	26,5	27,9	32,0	33,7
Chemische Erzeugnisse	-1,3	-0,5	1,8	7,3	12,2	13,1	13,5	14,2	14,7	16,5	20,9	22,8	25,6	26,2	27,1	29,5	29,2
Nahrungsmittel und Futtermittel	-2,5	-2,7	-1,4	-0,6	1,3	3,0	3,3	3,5	3,8	4,8	6,0	7,5	9,4	10,1	14,2	19,5	21,1
Druckerzeugnisse, bsp. Ton-, Bild- u. Datenträger	-1,9	-2,0	-2,0	-1,9	-1,8	-0,9	-0,2	0,1	0,2	1,5	2,7	3,2	3,2	8,9	10,9	13,3	20,4
Metallerzeugnisse	0,7	1,3	1,7	2,4	3,3	4,2	6,4	7,6	8,3	9,4	10,1	10,3	12,8	13,2	14,9	16,9	17,4
Glas und -waren, Keramik, Steine und Erden	2,0	1,8	1,9	2,0	2,2	2,5	3,0	3,5	4,0	4,3	4,5	5,1	7,6	8,8	10,2	13,6	16,2
Gummi- und Kunststoffwaren	0,3	0,6	1,3	2,7	4,3	5,3	7,3	8,2	8,8	9,6	10,1	10,5	12,3	13,0	13,2	14,0	14,7
Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse	3,1	3,3	3,2	2,8	2,7	4,2	4,6	4,9	5,0	4,6	4,3	5,1	8,7	8,6	9,7	11,1	14,1
Möbel	1,4	1,6	1,6	1,8	2,0	2,0	3,1	3,9	3,9	4,3	4,8	4,9	8,5	8,6	9,4	10,5	11,9
Textilien	0,9	1,1	1,3	1,6	1,8	2,0	2,6	3,2	3,8	4,2	4,5	4,9	7,3	8,1	9,2	10,3	11,3
Elektrische Ausrüstungen	0,9	1,0	1,2	1,6	1,9	2,1	2,8	3,4	3,8	4,5	4,7	5,0	6,8	7,5	8,4	9,7	10,1
Maschinen	0,8	0,8	0,9	0,9	1,2	1,2	1,8	2,6	3,0	3,4	3,6	4,0	6,0	6,2	6,4	7,6	8,3
Getränke	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,3	1,4	1,7	1,8	1,9	2,8	3,4	4,3	5,3	5,9
Datenverarbeitungsgeräte, elektr. u. opt. Erzeugn.	-1,4	-1,8	-2,0	-1,8	-1,7	-1,3	-0,7	0,3	0,9	1,7	2,4	3,0	4,2	4,9	5,4	5,4	5,7
Waren a.n.g.	1,5	1,5	1,5	1,3	1,3	1,1	1,2	1,5	1,4	1,5	1,6	1,7	3,2	4,0	4,5	5,1	5,6
Kraftwagen und Kraftwagenteile	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,6	0,9	1,3	1,4	2,3	2,4	2,6	3,8	3,8	3,8	4,9	4,9
Reparatur, Instandh. von Maschinen, Ausrüstungen	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	2,0	2,1	2,3	2,6	2,6	2,7	3,5	4,1	4,1	4,4	4,8	4,8
Leder und Lederwaren	-0,1	-0,1	-0,3	0,1	0,2	0,3	0,5	0,5	0,4	0,7	1,2	1,3	3,0	3,3	4,3	4,7	4,7
Tabakerzeugnisse	4,6	4,7	4,0	3,5	4,3	2,0	0,7	0,7	1,1	1,1	1,1	2,1	5,6	5,4	5,3	5,1	4,2
Sonstige Fahrzeuge	0,8	0,8	1,0	1,1	1,0	1,1	1,1	1,4	2,0	1,8	1,9	2,1	3,0	3,1	3,1	3,6	4,0
Bekleidung	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,7	1,0	0,9	1,2	1,8	1,9	2,5	2,6	2,8	3,0	3,1
Wasser und Dienstleistungen der Wasserversorgung	1,8	1,9	1,8	2,0	1,9	1,9	2,0	2,1	2,3	2,3	2,2	2,3	2,5	2,6	2,7	2,5	2,8
Pharmazeutische und ähnliche Erzeugnisse	1,6	1,4	1,2	1,5	1,3	1,3	1,5	1,5	1,5	1,7	1,5	1,9	1,7	2,1	2,0	1,6	1,9
Kohle	-1,0	-1,0	-1,0	-3,0	5,8	5,8	11,8	11,8	7,0	-0,9	-2,5	-2,4	23,5	11,2	14,4	2,5	1,4

Teuerungsraten: Veränderungsraten des Erzeugerpreisindex gewerblicher Produkte

Quelle: dena, Statistisches Bundesamt, 2022, Erzeugerpreisindex gewerblicher Produkte: Deutschland, Monate, Güterverzeichnis (GP2009 2-/3-/4-/5-/6-/9-Steller/Sonderpositionen)



In den Interviews herrschte Übereinstimmung darüber, dass die derzeitigen Energiepreise einen starken Anreiz für einen forcierten Ausbau der Erneuerbaren Energien darstellen – sowohl im Bundesland auch in den einzelnen Unternehmen. Es wurde von Einzelnen angemerkt, dass es sinnvoll wäre die Preisbildung von Erneuerbaren Energien und fossilen Energien zu trennen. Um Erneuerbare Energien verstärkt nutzen zu können, benötigt es aber nicht nur den Ausbau von Erneuerbaren Energien, sondern auch von Energiespeicherung und deren Förderung, um entsprechend rund um die Uhr Erneuerbare Energien nutzen zu können. Von den Experten wurde der Aufholbedarf an Erneuerbaren Energien in Thüringen bestätigt. Erneuerbare Energien seien bisher nur sehr begrenzt entwickelt und verfügbar und die Ambitionen einer frühzeitigen und schnellen Anbindung an die geplante Wasserstoffinfrastruktur nicht wahrnehmbar. Der mangelnde EE-Ausbau wird der restriktiven Landesplanung zugeschrieben; auch in Bezug auf Genehmigungen für den EE-Ausbau in Betriebsstätten. Aber auch dem Problem, dass der Windkraftausbau wegen politischen Widerständen abgebremst wird („kein Wind im Wald“). Zudem besteht eine Flächenkonkurrenz zwischen Windenergie und PV. Die Netzbetreiber in Thüringen werden von den Experten als unzureichend innovativ eingestuft. Eine Chance wird darin gesehen, dass viele Transferleitungen durch Thüringen gehen. Von diesen könne der Freistaat profitieren, indem z.B. Gasleitungen zu Wasserstoffleitungen umgerüstet würden. Als Problem wird weiterhin wahrgenommen, dass zwar der politische Wille seitens der Regierung vorhanden sei, aber keine langfristige Strategie für eine „rasche Energiewende“ verfolgt werde. Es werde eher auf Probleme reagiert („immer wieder

Brenngläser der Politik, so wie jetzt Ukraine-Krieg“). Die Unternehmen würden sich mehr Planungssicherheit wünschen.

Es wird darauf verwiesen, dass bisher vor allem größere und energieintensive Unternehmen in Thüringen auf dem Weg der Dekarbonisierung seien, dass aber seit längerem größere Probleme bei der Energiewende der kleinen und auch weniger energieintensiven Unternehmen zu verzeichnen seien. Diese könnten sich schon aus Kapazitätsgründen nicht mit dem Thema Energieeffizienz und Dekarbonisierung beschäftigen. Hier würde sich der Einsatz von Energieberatern und anderen „niedrigschwelligen“ Angeboten lohnen. Allerdings seien diese Unternehmen teilweise auch wegen der oben genannten Gründe mit Förderungen schwer zu erreichen. Zudem wurde angemerkt, dass der Transformationsprozess der Dekarbonisierung umfassend interpretiert werden sollte und die gesamten Stoffwechselkreisläufe in den Blick genommen werden sollten.

## **2.6 Standortfaktor Energie und dessen Bedeutung für die thüringischen Branchen**

Energie – sowohl im Hinblick auf Versorgungssicherheit als auch auf Kosten – ist ein wichtiger Standort- und Wettbewerbsfaktor. Dies gilt insbesondere für sogenannte „energieintensive“ Branchen. Im Folgenden werden daher diese Fragen beantwortet:

- Welche Branchen sind für welchen Prozentsatz des Energiebedarfs und des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in Thüringen verantwortlich?
- Welche Branchen sind in Thüringen besonders von der Dekarbonisierung gefordert?
- Welche Reaktionsmöglichkeiten haben die Branchen, um ihren Energieverbrauch bzw. CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu vermindern?

Neben der quantitativen erfolgt eine qualitative Einordnung, insbesondere der Reaktionsmöglichkeiten der energie- und CO<sub>2</sub>-intensiven Branchen. Die Reaktionsfähigkeit bestimmter Industrien ist beispielweise davon abhängig, ob für bestehende fossile Prozesse alternative klimaneutrale Technologien (wirtschaftlich) verfügbar sind oder ob für einen Energieträgerwechsel die entsprechende Infrastruktur existiert.

Dieser Abschnitt untersucht den Energieverbrauch, die Energieintensität und deren Entwicklung nach Branchen. Diese werden eingeordnet in die allgemeine Branchenentwicklung. Im Anschluss daran wird aufgezeigt, welche Möglichkeiten es in einzelnen Branchen gibt, um kurz-, mittel- und langfristig klimaneutral bzw. klimaschonend zu produzieren.

### **2.6.1 Energieverbrauch nach Verbrauchergruppen und Branchen**

Im Rahmen der Dekarbonisierung der Thüringer Industrie spielen die energieintensiven Branchen eine besondere Rolle. Sie sind einerseits maßgeblich für die Reduktion des CO<sub>2</sub>-Verbrauchs und benötigen andererseits wettbewerbsfähige Energiepreise. Außerdem sind die energieintensiven Branchen ein wichtiger Bestandteil der industriellen Wertschöpfungskette, an deren Anfang sie häufig stehen. Des Weiteren sind energieintensive Branchen verstärkt im ländlichen Raum angesiedelt und deshalb für die dortige Entwicklung von besonderer Bedeutung. Der Wertschöpfungsanteil an energieintensiven Branchen liegt in den Stadtkreisen Thüringens unter einem Prozent (vgl.



hierzu Tabelle A-3 im Anhang, welche die Wertschöpfungsanteile der energieintensiven Branchen in den Thüringischen Kreisen zeigt). Einen hohen Anteil haben vor allem die süd- und ostthüringischen Kreise. Die energieintensiven Branchen erwirtschaften im Kreis Sonneberg mit 15,5% Wertschöpfung den höchsten Anteil aller Kreise, gefolgt vom Saale-Orla-Kreis mit 15,3%. Die wirtschaftliche Bedeutung der Glasindustrie am Rennsteig für Thüringen lässt sich am Wertschöpfungsanteil von 8% im Kreis Sonneberg und 3,0% im Kreis Hildburghausen erkennen. Im Saale-Orla-Kreis sind vor allem die Gummi- und Kunststoffindustrie (6%) und die Holzindustrie (3%) bedeutend.

---

#### Exkurs: Definition „energieintensive Branchen“

Eine allgemein gültige Definition von energieintensiven Industrien existiert bisher nicht. Allgemein zählen zu den energieintensiven Industrien solche, die Produktionsprozesse mit einem hohen Energieeinsatz aufweisen, wie z.B. die Herstellung von Baustoffen, Chemie, die Herstellung oder Verarbeitung von Glas, Nichteisen-Metalle, Papier und Stahl. Dabei kann energieintensiv stromintensiv und brennstoffintensiv bedeuten. In einem aktuellen Bericht der Europäischen Kommission vom März 2022 „ERA Industrial technology roadmap for low-carbon technologies in energy-intensive industries“ werden folgende Industrien behandelt: Bergbau und die Gewinnung von Steinen und Erden, Kokerei und Mineralölverarbeitung, die Herstellung von Holz-, Korb- und Korkwaren, Papierindustrie, Glas- und Keramikerstellung, Metallherzeugung, Gummi- und Kunststoffindustrie und auch die chemische Erzeugung.

Eine Möglichkeit der Abgrenzung ist, Branchen, die mehr als 3% des Bruttoproduktionswertes für Energie aufwenden, als energieintensiv einzustufen. Eine Erhebung der Kostenstruktur von Unternehmen liegt für Thüringen nicht vor, aber für Deutschland. Die Untersuchung für Deutschland zeigt, dass die oben genannten Industrien allesamt eine Energieintensität über 3% aufweisen. Aber auch einige kleinere Branchen der Nahrungsmittelindustrie (wie z.B. die Kartoffelverarbeitung, Stärkeherstellung, Herstellung von Backwaren), der Herstellung von Textilien sowie kleinere Teile der Metallverarbeitung (z.B. Schraubenherstellung) weisen eine Energieintensität von 3% und mehr auf (vgl. hierzu Berechnung für Deutschland in IAB, 2021, Energieintensive Branchen in Mitteldeutschland).

---

Neben jenen Branchen, die besonders energieintensiv sind, ist auch entscheidend, welche Branchen (Wirtschaftszweige) einen hohen Anteil am gesamten Energieverbrauch aufweisen.

Tab. 7 veranschaulicht, wie groß der Anteil des Energieverbrauchs einzelner Branchen (Wirtschaftszweige) am gesamten Energieverbrauch der Wirtschaftsabteilungen Bergbau und dem Verarbeitenden Gewerbe für die Jahre 2012 und 2019 ist. Zudem ist der Energieverbrauch pro 1000 Euro Umsatz für jede Branche (Wirtschaftszweig) abzulesen.

Da sich bei den Betrieben der Energieerzeugung (Stein- und Braunkohlebergbau, Mineralölverarbeitung) um wenige sehr große Einheiten handelt, sind diese identifizierbar und werden deshalb nicht gesondert ausgewiesen und in der Statistik zum Bereich Vorleistungsgüter/Energie zusammengefasst. Dieser Bereich ist in Thüringen für mehr als drei Viertel des Energieverbrauches verantwortlich.

Tab. 7 Energieverbrauch und -intensität nach Wirtschaftszweigen, Thüringen, 2012, 2019

Energieverbrauch und -intensität nach Wirtschaftszweigen				
Wirtschaftszweig	Energieverbrauch			
	Anteil	Je 1000 Euro Umsatz		
	2012	2019	2012-2015	2016-2019
B, C Thüringen	100%	100%	2.0	1.9
. Vorleistungsgüterproduzenten/Energie	81.9%	80.8%	3.6	3.3
. Investitionsgüterproduzenten	8.9%	9.6%	0.5	0.5
. Gebrauchsgüterproduzenten	1.2%	1.1%	0.5	0.5
. Verbrauchsgüterproduzenten	8.0%	8.4%	1.0	1.0
<b>B Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden</b>	<b>0.2%</b>	<b>0.4%</b>	<b>1.8</b>	<b>1.8</b>
10 Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	5.3%	5.6%	0.9	1.0
11 Getränkeherstellung	1.4%	1.1%	1.3	1.4
12 Tabakverarbeitung	-	-	-	-
13 Herstellung von Textilien	0.7%	0.7%	1.7	1.7
14 Herstellung von Bekleidung	0.0%	-	1.0	0.9
15 Herstellung von Leder, Lederwaren und Schuhen	0.1%	0.1%	0.9	1.5
16 Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel)	4.4%	5.3%	5.3	5.6
17 Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus	21.8%	21.0%	12.3	11.9
18 Herstellung von Druckerzeugnissen; Ton-, Bild- und Datenträgern	0.8%	1.2%	1.1	1.6
19 Kokerei und Mineralölverarbeitung	-	-	-	-
20 Herstellung von chemischen Erzeugnissen	8.4%	8.3%	5.7	5.2
21 Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	0.3%	0.3%	0.8	0.8
22 Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	5.8%	6.1%	1.2	1.2
23 Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Steinen und Erden	23.7%	23.4%	9.5	9.4
24 Metallerzeugung und -bearbeitung	7.8%	7.6%	4.2	4.5
25 Herstellung von Metallerzeugnissen	6.1%	6.6%	0.9	0.8
26 Herstellung von DV-geräten, elektronischen und optischen Erzeugnisse	3.3%	1.9%	0.6	0.5
27 Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	1.3%	1.0%	0.4	0.3
28 Maschinenbau	2.4%	2.3%	0.5	0.5
29 Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	4.7%	5.7%	0.8	0.8
30 Sonstiger Fahrzeugbau	-	0.0%	0.3	0.1
31 Herstellung von Möbeln	0.5%	0.4%	0.7	0.7
32 Herstellung von sonstigen Waren	0.5%	0.4%	0.7	0.3
33 Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen	0.5%	0.4%	0.3	0.2
<b>C Verarbeitendes Gewerbe</b>	<b>99.8%</b>	<b>99.6%</b>	<b>2.0</b>	<b>1.9</b>

Auf Anforderung der Europäischen Union wurde ab dem Jahr 2003 die neue Hauptgruppe „Energie“ im Verarbeitenden Gewerbe sowie im Bergbau und der Gewinnung von Steinen und Erden gebildet. Diese Hauptgruppe umfasst folgende Klassen der WZ 2008: Steinkohlenbergbau, Braunkohlenbergbau, Gewinnung von Erdöl, Gewinnung von Erdgas, Kokerei, Mineralölverarbeitung. Da in Thüringen die Zahl, der zur Bildung dieser Hauptgruppe eingehenden Betriebe so klein ist, dass die Ergebnisse der neuen Hauptgruppe „Energie“ und zum Ausgleich überdies auch die einer weiteren Hauptgruppe geheim gehalten werden müssen, werden die Hauptgruppen Vorleistungsgüterproduzenten und Energie zusammengefasst. Die Daten beziehen sich nur auf die Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes mit mind. 20 Beschäftigten. Energieverbrauch in 1000 Megajoule  
Quelle: Thüringer Landesamt für Statistik – Energieverbrauch im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe in Thüringen 2012-2019, BAK Economics

Die Wirtschaftszweige mit dem mit Abstand höchsten Energieverbrauch im Verarbeitenden Gewerbe sind die Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden (23%) sowie die Herstellung von Papier, Pappe und daraus gewonnene Waren (21%). Diese beiden Branchen weisen ebenfalls die höchsten Energieintensitäten (Anteil am Umsatz) auf.

Einen anteilig hohen Verbrauch sowie eine hohe Energieintensität hat die Herstellung chemischer Erzeugnisse, welche anteilig 8,3% (2019) verbraucht, gefolgt von der Metallerzeugung (7,6%). Die Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren hat – angesichts der Branchengröße (0,4% der Thüringer Wertschöpfung) - mit 4,4% einen eher hohen Anteil am Energieverbrauch sowie mit 5,6 Gigajoule/1000 EUR eine hohe Energieintensität. Die genannten Branchen sind nicht nur wesentlich für die Dekarbonisierung des Verarbeitenden Gewerbes in Thüringen, sie sind auch stark auf bezahlbare Energie angewiesen.

Branchen mit einem (relativ zu den anderen Branchen) hohen Energieverbrauch, aber dennoch einer relativ geringen Energieintensität, sind einerseits die Herstellung von Metallerzeugnissen (6,6% Anteil Energieverbrauch und eine Energieintensität von 0,8 Gigajoule/1000 EUR) sowie die Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen (5,7% Anteil Energieverbrauch und 0,8 Gigajoule/1000 EUR Energieintensität), die Nahrungsmittelindustrie und die Erstellung von Gummi- und Kunststoffen.

**Tab. 8 Veränderungen Energieverbrauch, BWS und Beschäftigte, Thüringen, 2012, 2019**

Veränderung Energieverbrauch, BWS und Beschäftigung nach Wirtschaftsszweigen			
Wirtschaftszweig	Wachstum		
	Energieverbrauch	BWS	Beschäftigte
	2019-2012	2019-2012	2019-2012
B, C Thüringen	0.1%	1.2%	- 0.1%
. Vorleistungsgüterproduzenten/Energie	0.0%		
. Investitionsgüterproduzenten	1.1%		
. Gebrauchsgüterproduzenten	- 0.6%		
. Verbrauchsgüterproduzenten	0.8%		
<b>B Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden</b>	<b>8.3%</b>	<b>- 2.4%</b>	<b>- 4.6%</b>
10 Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	0.8%	0.9%	0.2%
11 Getränkeherstellung	- 2.1%	4.2%	1.8%
12 Tabakverarbeitung		- 2.9%	0.4%
13 Herstellung von Textilien	0.1%	1.8%	- 0.8%
14 Herstellung von Bekleidung		- 15.1%	- 8.9%
15 Herstellung von Leder, Lederwaren und Schuhen	- 2.2%	- 2.1%	- 4.9%
16 Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel)	2.4%	0.3%	0.3%
17 Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus	- 0.3%	5.8%	1.5%
18 Herstellung von Druckzeugnissen; Ton-, Bild- und Datenträgern	5.0%	- 2.0%	- 2.7%
19 Kokerei und Mineralölverarbeitung		18.8%	17.7%
20 Herstellung von chemischen Erzeugnissen	0.0%	- 1.4%	- 1.8%
21 Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	2.3%	1.1%	2.1%
22 Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	0.7%	3.8%	0.9%
23 Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Steinen und Erden	- 0.1%	2.4%	0.2%
24 Metallerzeugung und -bearbeitung	- 0.1%	1.0%	0.1%
25 Herstellung von Metallerzeugnissen	1.1%	3.0%	1.4%
26 Herstellung von DV-geräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen	- 6.3%	4.3%	0.2%
27 Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	- 2.6%	0.9%	- 0.1%
28 Maschinenbau	- 0.2%	2.4%	2.0%
29 Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	2.5%	4.9%	1.3%
30 Sonstiger Fahrzeugbau		- 3.3%	- 4.5%
31 Herstellung von Möbeln	- 3.3%	- 1.6%	- 0.6%
32 Herstellung von sonstigen Waren	- 1.1%	- 0.9%	- 0.6%
33 Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen	- 2.4%	- 0.8%	- 0.4%
<b>C Verarbeitendes Gewerbe</b>	<b>0.1%</b>	<b>2.3%</b>	<b>0.5%</b>

Jährliche durchschnittliche Wachstumsraten p.a. in %.

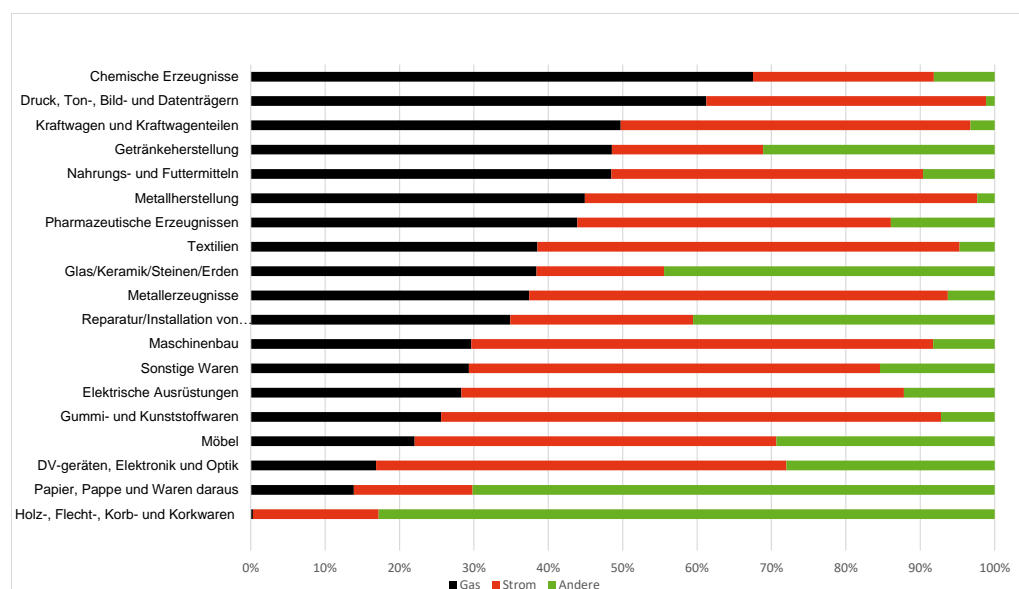
Die Daten zum Energieverbrauch umfassen die Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes mit mind. 20 Beschäftigten. Die Daten zur Wertschöpfungs- und Beschäftigtenentwicklung beziehen sich auf alle Unternehmen.

Quelle: Thüringer Landesamt für Statistik – Energieverbrauch im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe in Thüringen 2012-2019, BAK Economics

Wie schon am Anfang des Abschnittes dargelegt, hat sich der Energieverbrauch im Verarbeitenden Gewerbe in den letzten Jahren vor der Corona-Krise nicht vermindert. Dies wird auch aus Tabelle 8 deutlich, die die jährliche durchschnittliche Wachstumsrate des Energieverbrauchs in den Wirtschaftszweigen zeigt. Nichtsdestotrotz gibt es einige Wirtschaftszweige, die gewachsen sind und dabei auch ihren Energieverbrauch senken konnten, so z.B. die Herstellung von Datenträgern, Elektronik und Optik und die Getränkeherstellung. Bei einigen Branchen mit rückläufigem Energieverbrauch wie z.B. bei der Möbelherstellung oder der Herstellung von sonstigen Gütern, sind aber sowohl Wertschöpfung als auch Beschäftigung in dieser Branche gesunken. Bei den meisten energieintensiven Branchen lassen sich keine erheblichen Einsparungen erkennen. Das Wachstum in der Kraftfahrzeugherstellung ging mit einem Anstieg des Energieverbrauchs einher. Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Trends sich zwischen den Branchen stark unterscheiden.

Gas ist einer der wichtigen fossilen Energieträger, der nun durch die aktuellen Ereignisse besonders starken Energiepreissteigerungen und Lieferengpässen ausgesetzt ist. Er spielt in den verschiedenen Branchen eine unterschiedlich wichtige Rolle. Die Energieträger im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe in Thüringen setzen sich zu 34% aus Erdgas, gefolgt von Strom 32%, 18% Erneuerbare Energien,<sup>45</sup> 5% Wärme, 4% Kohle und 7% Sonstige Energieträger (einschl. Heizöl) zusammen. Die chemische Industrie und die Druckindustrie sind besonders vom Energieträger Gas abhängig (vgl. Abb. 27). Zwischen 60% und 70% ihrer Energie beziehen sie aus Gas. Viel Gas wird ebenfalls in folgenden Branchen eingesetzt (40% bis 50%): Fahrzeugherstellung, Nahrungsmittelindustrie (einschl. Getränke), Metallerzeugung und Herstellung pharmazeutischer Erzeugnisse. Von den energieintensiven Branchen sind die Holzverarbeitungs- und die Papierindustrie kaum auf Gas angewiesen. 15% des Energiebedarfs deckt die Branche Herstellung von DV-g Geräten, Elektronik und Optik mit Gas. Bei den meisten anderen Branchen liegt der Anteil zwischen 20% und 40%.

**Abb. 27 Endenergieverbrauch nach Energieträger, Thüringen 2020**



Andere Energieträger umfassen Kohle, Erneuerbare Energien, Heizöl, Wärme und sonstige Energieträger.  
Quelle: Thüringer Landesamt für Statistik – Energieverbrauch im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe in Thüringen 2012-2019, BAK Economics

## 2.6.2 Zusammenfassung Fokusbranchen

Um die für die Dekarbonisierung am Wirtschaftsstandort Thüringen relevanten Branchen zu ermitteln, wurden die vorhergehenden Analysen in einer Bewertungstabelle (Tab. 9) zusammengefasst. Die Branchen wurden nach verschiedenen Indikatoren in Bezug auf Energieverbrauch, wirtschaftliche Bedeutung und Entwicklung bewertet. Je höher die Abhängigkeit von Strom und Gas, Energieverbrauch, Energieintensität und je besser die wirtschaftliche Performance und Bedeutung (Anteil BWS und Spezialisierungsgrad), desto bedeutender wurde diese Branche für die Dekarbonisierung eingestuft. Aufgrund ihrer hohen Energieabhängigkeit, aber auch ihrer wirtschaftlichen Bedeutung, stehen die Glas- und Papierindustrie, die Gummi- und Kunststoffindustrie und der Metallindustrie am Anfang der Tabelle, gefolgt vom Maschinen- und Fahrzeugbau. Für diese Branchen ist zwar die Relevanz in Bezug auf Energie etwas kleiner, aber ihre wirtschaftliche Bedeutung ist hoch.

<sup>45</sup> Strom kann aus fossilen oder erneuerbaren Energien hergestellt werden.

**Tab. 9 Bewertung der Bedeutung der Thüringer Branchen im Dekarbonisierungsprozess**

Zusammenfassung Fokusbranchen							
Branche	Abhängig- keit von Gas und Strom	Energie- verbrauch	Energie- intensität	Teuerung > 30%	BWS- Beitrag	Speziali- sierung	Veränd. BWS 2012-19
Glas und -waren, Keramik, Steine und Erden	☆☆	★★	★★	☆☆	★★	★★	☆☆
Papier, Pappe und Waren daraus	☆☆	★★	★★	★★	☆☆	☆☆	★★
Gummi- und Kunststoffwaren	★★	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	★★	★★
Metallerzeugnisse	★★	☆☆	☆☆	☆☆	★★	★★	★★
Metallerzeugung- und -bearbeitung	★★	☆☆	★★	★★	☆☆	☆☆	☆☆
Maschinen	★★	☆☆	☆☆	☆☆	★★	★★	★★
Kraftwagen und Kraftwagenteile	★★	☆☆	☆☆	☆☆	★★	☆☆	★★
DV-Geräte, elektrische und optische Erzeugnisse	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	★★	★★	★★
Nahrungsmittel und Futtermittel	★★	☆☆	☆☆	★★	☆☆	☆☆	☆☆
Holz und Holz- Korb- Korb- Flechtwaren	☆☆	★★	★★	★★	☆☆	☆☆	☆☆
Chemische Erzeugnisse	★★	★★	★★	★★	☆☆	☆☆	☆☆
Druckerzeugnisse, besp. Ton-, Bild- u. Datenträger	★★	☆☆	☆☆	★★	☆☆	☆☆	☆☆
Textilien	★★	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	★★
Getränke	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	★★
Pharmazeutische Erzeugnisse	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	★★
Elektrische Ausrüstungen	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	★★	★★	☆☆
Möbel	☆☆	☆☆	☆☆	★★	☆☆	☆☆	☆☆
Waren a.n.g.	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆
Reparatur/Instandhaltung Maschinen	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆
Leder und Lederwaren	☆☆	☆☆	★★	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆

Abhängigkeit von Gas und Strom: ☆☆☆ bedeutet Wert < 50,0 %; ☆☆☆ bedeutet 50,0 % ≤ Wert < 70,0 %; ☆☆☆ bedeutet 70,0 % ≤ Wert < 90 %; ☆☆☆ bedeutet Wert ≥ 90 %. Energieverbrauch: ☆☆☆ bedeutet Wert < 1,0 %; ☆☆☆ bedeutet 1,0 % ≤ Wert < 5,0 %; ☆☆☆ bedeutet 5,0 % ≤ Wert < 20 %; ☆☆☆ bedeutet Wert ≥ 20 %. Beitrag Bruttowertschöpfung: ☆☆☆ bedeutet Wert < 1,0 %; ☆☆☆ bedeutet 1,0 % ≤ Wert < 5,0 %; ☆☆☆ bedeutet 5,0 % ≤ Wert < 9 %; ☆☆☆ bedeutet Wert ≥ 9 %. Energieintensität: ☆☆☆ bedeutet Wert < 1,0 ☆☆☆ bedeutet 1,0 ≤ Wert < 4,0; ☆☆☆ bedeutet 4,0 ≤ Wert < 9; ☆☆☆ bedeutet Wert ≥ 9. Spezialisierung (Vgl. Westeuropa): ☆☆☆ bedeutet Wert < 1,0 ☆☆☆ bedeutet 1,0 ≤ Wert < 1,5; ☆☆☆ bedeutet 1,5 ≤ Wert < 2; ☆☆☆ bedeutet Wert ≥ 2. Veränderung BWS 2012-19: ☆☆☆ bedeutet Wert < 0 ☆☆☆ bedeutet 0 ≤ Wert < 1,0; ☆☆☆ bedeutet 1,0 ≤ Wert < 3; ☆☆☆ bedeutet Wert ≥ 3. Teuerungsrate: ☆☆☆ bedeutet Wert < 10; ☆☆☆ bedeutet 10 ≤ Wert < 20; ☆☆☆ bedeutet 20 ≤ Wert < 30; ☆☆☆ bedeutet Wert ≥ 30.

## 2.6.3 Reaktionsmöglichkeiten auf die Dekarbonisierung

### 2.6.3.1 Reaktionsmöglichkeiten auf Branchenebene

Die Reaktionsmöglichkeiten der verschiedenen Branchen im Dekarbonisierungsprozess lassen sich entlang verschiedener Dimensionen analysieren. Im Folgenden soll sich die Diskussion auf die energieintensiven Branchen sowie den Fahrzeug- und Maschinenbau fokussieren und sowohl technische als auch marktwirtschaftliche Dimensionen einbeziehen. Darüber hinaus ist bei der Betrachtung der Reaktionsmöglichkeiten auch die Heterogenität innerhalb der einzelnen Branchen sowie der Zeithorizont zu beachten, in dem Anpassungen vorgenommen werden können. Im Folgenden werden die grundsätzlich möglichen Handlungsoptionen aufgezeigt. Die in Thüringen spezifischen Möglichkeiten werden im Kapitel 4 näher beleuchtet.

Reaktionsmöglichkeiten, die kurzfristig (bis 2025) möglich sind, beinhalten insbesondere Maßnahmen zur Effizienzsteigerung sowie zur Vorbereitung der mittel- und langfristigen Transformation. Dabei haben die Branchen unterschiedliche Möglichkeiten die Energieeffizienz zu steigern (Tab. 10).

**Tab. 10 Branchenspezifische Reaktionsmöglichkeiten im Dekarbonisierungsprozess**

Reaktionsmöglichkeiten in der Kurz-, Mittel- und Langfrist			
	Kurzfrist bis 2025	Mittelfrist bis 2030	Langfrist bis 2045
Branche	Effizienz und Vorbereitung Transformation	Einbindung Erneuerbarer Energien und Ressourcen- und Materialeffizienz	Wechsel Produktionsverfahren, Erreichung Klimaneutralität
Glas und -waren, Keramik, Steine und Erden	Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen wie Prozessverbesserungen oder Abwärmenutzung	Einsatz erster Pilotanlagen für neue Technologien (Elektroschmelzwannen, Wasserstoff), höherer Anteil Recycling/Kreislaufwirtschaft	Kompletter Verzicht auf fossile Brennstoffe. Einsatz von CCS, um Klimaneutrale Produktion (+ggf. Negativemissionen durch BECCS) zu ermöglichen
Papier, Pappe und Waren daraus	Verbesserte Energieeffizienz und Flexibilisierung (Demand Side Management)	Einsatz von Hochtemperatur-Wärmepumpen, Erhöhung Recycling-Anteil	Komplette Substitution von Erdgas durch Elektrifizierung und ggf. teilweise auch Wasserstoff
Chemische Erzeugnisse	Kurzfristige Verringerung des Erdgasverbrauchs durch Brennstoffwechsel und eventuell Produktionsanpassung	Einsatz von Elektrifizierung und Wasserstoff in Produktionsprozessen; Verbesserte Ressourceneffizienz	Wechsel auf Kreislaufführung von CO <sub>2</sub> durch Einsatz von CCU (klimaneutrale Feedstock-Chemikalien); Einsatz neuer Verfahren wie chemisches Recycling
Gummi- und Kunststoffwaren	Energieeffiziente Produktion	Erhöhung Recycling-Anteile	Einsatz klimaneutraler/erneuerbarer Rohstoffe in Fertigung
Metalle und Metallerzeugnisse	Energieeffizienz durch Abwärmenutzung und verbesserte Querschnittsprozesse	Einsatz von Wasserstoff für Hochtemperaturprozesse; Erhöhung Recycling-Quoten	Klimaneutrale Produktion
Datenverarbeitungsgeräte, elektrische und optische Erzeugnisse		Optimierung von Scope-3-Emissionen, etwa durch Fokus auf energieeffiziente Geräte	
Maschinen		Umbau des Produktportfolios durch Nutzung von Marktchancen für Klimaschutz-Technologien	
Kraftwagen und Kraftwagenteile		Hersteller müssen ihre Produkte anpassen durch Umstellung auf Elektromobilität bis 2035	
Nahrungsmittel und Futtermittel	Hebung von Energieeffizienz-Potenzialen in Querschnittsprozessen (insb. Wärmeerzeugung)	Einbindung erneuerbarer Wärmeerzeuger, insbesondere Wärmepumpen	Erhöhter Anteil pflanzlicher Produkte, kompletter Verzicht auf Erdgas durch weitgehende Elektrifizierung

Quelle: dena.

In Folge des Angriffskriegs Russlands auf die Ukraine und der damit einhergehenden Verunsicherung bezüglich der Preis- und Versorgungssicherheit schätzen im Vergleich mit dem Vorjahr mehr als doppelt so viele Unternehmen in Deutschland die Bedeutung von Energieeffizienz als hoch ein. Allerdings setzen die energieintensiven Unternehmen entsprechende Maßnahmen am zögerlichsten um.<sup>46</sup> Des Weiteren nutzen bisher nur 14% der deutschen Unternehmen die Flexibilisierung der Energienachfrage<sup>47</sup> und rund ein Viertel Abwärme.<sup>48</sup> Insofern gibt es durchaus Anlass zu der Vermutung, dass trotz aller bereits umgesetzten Anstrengungen zur Steigerung der Energieeffizienz noch ein großes Potenzial besteht, das kurzfristig gehoben werden kann. Wie umfangreich und vielfältig die in Frage kommenden Maßnahmen sind, wurde jüngst in einer Liste der Initiative Energieeffizienz- und Klimaschutz-Netzwerke veröffentlicht.<sup>49</sup> Würden die dort genannten Maßnahmen in der Breite der Wirtschaft umgesetzt, könnten der Energiebedarf und die Energiekosten substantiell weiter gesenkt werden (vgl. hierzu Beispiel bei Kap. 4.3.3). Zu den kurzfristigen Maßnahmen zählen aber nicht nur die, die eine unmittelbare Wirkung zeigen. Auch die Vorbereitung der Transformation ist ein fundamentaler Baustein. Dies beinhaltet zum Beispiel, dass sich Unternehmen strategisch ausrichten und notwendige Daten erheben, um durch Monitoring gezielt Veränderungen im gesamten Unternehmensbereich herbeizuführen.<sup>50</sup>

<sup>46</sup> Institut für Energieeffizienz in der Produktion EEP (2022), Energieeffizienz-Index Sommer 2022. Pressemitteilung vom 14.09.2022. Der Energieeffizienz-Index wird in Kooperation mit der dena, dem BDI, dem Fraunhofer IPA, TÜV Rheinland und weiteren Partnern erstellt. Abrufbar unter: <https://www.eep.uni-stuttgart.de/eei/aktuelle-erhebung/>

<sup>47</sup> Die Flexibilisierung der Energienachfrage mindert die Differenz zwischen der jeweils aktuellen Stromnachfrage und der Stromproduktion. Aktivitäten, die diese Differenz mindern, beinhalten ein atypisches Netznutzungsverhalten, etwa bei der Nutzung von Haushaltsgeräten oder beim Aufladen von elektrisch betriebener Firmenfahrzeuge.

<sup>48</sup> Ebenda.

<sup>49</sup> Initiative Energieeffizienz- und Klimaschutz-Netzwerke (2022): Liste für Kurzfristmaßnahmen für Energieeinsparung und Energiesubstitution in Unternehmen. Download unter: [https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2022/Liste\\_fuer\\_Kurzfristmassnahmen\\_fuer\\_Energieeinsparung\\_und\\_Energiesubstitution\\_in\\_Unternehmen.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2022/Liste_fuer_Kurzfristmassnahmen_fuer_Energieeinsparung_und_Energiesubstitution_in_Unternehmen.pdf)

<sup>50</sup> Immerhin setzen fast die Hälfte der Unternehmen, die beim Energieeffizienz-Index befragt wurden, noch keine Energieverbrauchsdaten zur Systemoptimierung ein.

Mittel- und langfristige Reaktionsmöglichkeiten setzen oft Investitionen voraus, da bestehende Prozesse angepasst oder sogar ersetzt werden müssen. Mittelfristig (bis 2030) sind insbesondere die Einbindung von Erneuerbaren Energien und eine effizientere Ressourcen- und Materialnutzung die relevantesten Handlungsfelder. Langfristig (bis 2045) stehen Verfahren und Technologien zur Verfügung, die den Wechsel zu CO<sub>2</sub>-armen bzw. -freien Produktionsverfahren ermöglichen und zusätzlich durch die Speicherung von CO<sub>2</sub> zu einer klimaneutralen Produktion führen. Je länger der betrachtete Zeithorizont ist, desto vielfältiger und unterschiedlicher werden die Reaktionsmöglichkeiten (vgl. Tab. 10).<sup>51</sup>

Auf vier der zur Verfügung stehenden Ansätze soll hier näher eingegangen werden:

### **Einsatzmöglichkeiten und Potenziale für Hochtemperatur-Wärmepumpen**

Wärmepumpen sind insbesondere aus dem Gebäudebereich bekannt, können aber auch in der Industrie zur Raum- und Prozesswärmegewinnung eingesetzt werden. Damit ließen sich auch kurzfristig Emissionseinsparungen realisieren. Darüber hinaus ermöglichen sogenannte Hochtemperatur-Wärmepumpen vor allem in der Chemie-, Papier- und Lebensmittelindustrie mittelfristig den Ersatz fossiler Brennstoffe und langfristig das Erreichen der Klimaneutralität.<sup>52</sup> Eingesetzt werden Hochtemperatur-Wärmepumpen vor allem dort, wo die Prozesswärme unter 150°C benötigt wird. Dort, wo eine Wärmepumpe wegen individueller Begebenheiten kein ausreichendes Temperaturniveau erreichen kann, besteht die Möglichkeit, diese zur Vorerwärmung einzusetzen. Die Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Einsatz solcher Anlagen dürften sich durch die gestiegenen Preise fossiler Brennstoffe erheblich verbessert haben. Die Wirtschaftlichkeit einer Wärmepumpe steigt auch, wenn gleichzeitig Kälte benötigt wird, wie zum Beispiel in Molkereien.

### **Einsatzmöglichkeiten und Potenziale für Solare Prozesswärme**

Da der industrielle Wärmebedarf rund 68% des Endenergieverbrauchs der Industrie ausmacht<sup>53</sup> und die Hälfte davon bisher durch Erdgas gewonnen wird, wird auch die Wärmegewinnung aus Erneuerbaren Energien ein wichtiges Handlungsfeld. In nahezu allen Branchen finden sich Anwendungen und Prozesse mit geeignetem Temperaturniveau, um solare Prozesswärme einzusetzen.<sup>54</sup> Generell eignen sich Prozesse für den Einsatz solarer Prozesswärme bis zu einem Temperaturniveau von 150°C. Dazu zählen beispielsweise das Bleichen und De-Inken in der Papierindustrie, Beizen, Chromatieren und Entfetten in der Metallherzeugung sowie Beizen, Dämpfen und Kochen im Holzgewerbe.<sup>55</sup> Branchenübergreifend lässt sich erneuerbare Wärme zusätzlich zum Beispiel bei raumluftechnischen Anlagen, beim Vorwärmen und Waschen einsetzen. Zwar sind hier anfänglich relativ hohe Investitionskosten zu erwarten, allerdings amortisieren sich diese schon nach den ersten Jahren bei einer üblichen Nutzungsdauer von 20 Jahren. Auch hier steigern die aktuellen Entwicklungen auf den Energiemärkten die wirtschaftliche Attraktivität.

---

<sup>51</sup> Die dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität zeigt in Abbildung 7.6 produktspezifische neue emissionsarme Produktions- und Verfahrenstechnologien. Diese erweitern sich je nach technologischem Fortschritt.

<sup>52</sup> dena (2022): Technologie-Fakten Klimaschutz in der Industrie, Hochtemperatur-Wärmepumpen, Einsatz und CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale.

<sup>53</sup> AGE, Fraunhofer ISI, 2021, Anwendungsbilanzen zur Energiebilanz Deutschland – Endenergieverbrauch nach Energieträger und Anwendungszwecken, Stand Mai 2021.

<sup>54</sup> dena (2021): Technologie-Fakten Klimaschutz in der Industrie, Solare Prozesswärme, Einsatzmöglichkeiten und Einsparpotenziale.

<sup>55</sup> Ebenda.



## Nutzung von Wasserstoff in der Industrie

Der Einsatz von Wasserstoff wird derzeit insbesondere in den Industrien Glas, Keramik, Papier und Nichteisenmetalle diskutiert.<sup>56</sup> Die Anwendbarkeit von Wasserstoff ist dabei in den einzelnen Branchen unterschiedlich. Während der Ersatz von Erdgas durch Wasserstoff in Branchen wie der Papierindustrie oft eine Alternative zur Elektrifizierung bietet, ist er in anderen, wie der Keramik- und Glasindustrie wegen der schwierigeren Elektrifizierung der Prozesse, eine wesentliche Strategie zur Dekarbonisierung. „Grüner“ Wasserstoff kann dabei auf vielfältige Weise eingesetzt werden (Tab. 11): bei der Erzeugung von Hochtemperatur-Prozesswärme, in flexiblen KWK-Anlagen und als Reduktionsmittel.<sup>57</sup> Erprobt werden die Optionen derzeit bereits in zahlreichen Pilotprojekten. Allerdings sind viele davon noch nicht marktreif und benötigen einen gezielten Aufbau von Infrastruktur. Sie stellen daher zum jetzigen Zeitpunkt langfristige Reaktionsmöglichkeiten dar.

**Tab. 11 Neue emissionsarme Produktions- und Verfahrenstechnologien in der Herstellung von Glas, Keramik, Papier, Aluminium und Kupfer**

Produkte	Status Quo		Neu		
	Prozess	Haupt-energeträger	Prozess/Technologie	Haupt-energeträger	Anmerkung
<b>Glas</b>	Klassische Schmelzwanne	Erdgas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wasserstoff-Schmelzwanne</li> <li>Elektrische Schmelzwanne</li> <li>Hybridofen</li> </ul>	Strom, Wasserstoff	CCU/CCS für Prozessemissionen möglich
<b>Keramik</b>	Rohstoffaufbereitung, Mischen, Trocknen, Brennen in Tunnel-, Rollen-, oder Batchöfen	Erdgas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wasserstoff-Ofen</li> <li>Elektrischer Ofen</li> <li>Hybridofen</li> </ul>	Strom, Wasserstoff	–
<b>Papier</b> <i>Primär</i>	Papierfaserherstellung (mechanisch/chemisch/thermisch)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Strom</li> <li>Erdgas für (Strom- und) Dampferzeugung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektrische Dampferzeugung (P2H/Wärmepumpen)</li> <li>Biomasse- oder H<sub>2</sub>-betriebene (Strom- und) Dampferzeugung</li> <li>Geothermie für Dampferzeugung</li> <li>Biogas- oder H<sub>2</sub>-betriebene Feuerungsprozesse</li> </ul>	Strom, Biomasse, Geothermie, Wasserstoff	–
<i>Sekundär</i>	Papierfaserherstellung (Recycling)				
<b>Aluminium</b> <i>Primär</i>	Hall-Héroult, point feeder	Strom	Einsatz inerten Anoden	Strom	Vermeidung CO <sub>2</sub> -Emissionen durch Anodenbrand
<i>Sekundär</i>	Erdgas-Schmelzöfen	Erdgas	Hybrid-/Stromofen	Strom, Wasserstoff	–
<b>Kupfer</b> <i>Primär</i>	Schmelzen und Raffination	<ul style="list-style-type: none"> <li>Strom</li> <li>Erdgas</li> <li>Steinkohle</li> </ul>	Umstellung von fossilen Energieträgern auf Strom und Wasserstoff	Strom, Wasserstoff	–
<i>Sekundär</i>	Kupferrecycling				

Quelle: dena (2021): dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität, überarbeitet.

### 2.6.3.2 Exkurs: Reaktionsmöglichkeiten auf Preissteigerungen

Wegen der akuten Preisentwicklung ist es hilfreich, zusätzlich die Reaktionsmöglichkeiten aufzuzeigen, die den Unternehmen kurzfristig zur Verfügung stehen, um auf Preissteigerungen zu reagieren. Wie auf die Preissteigerungen reagiert werden kann, ist insbesondere von den jeweiligen technologischen Prozessen sowie der (internationalen) Wettbewerbssituation abhängig.<sup>58</sup> Das ewi hat diese Möglichkeiten im Rahmen einer Szenarioanalyse kurz dargestellt:

<sup>56</sup> BMWK (2022): Effiziente Nutzung von Wasserstoff in der Glas-, Keramik-, Papier-, und NE-Metallindustrie. Ergebnisrapport zum NWS-Industriedialog.

<sup>57</sup> Ebenda.

<sup>58</sup> EWI (2022): Szenarien für die Preisentwicklung von Energieträgern.

Wenn Substitutions- und/ oder Reduktionsmöglichkeiten bestehen, können Unternehmen teure Energieträger durch günstigere ersetzen. Dies dürfte in nur wenigen Fällen tatsächlich umsetzbar sein (etwa dort, wo Erdgas durch Erdöl ersetzt werden kann) und bedarf üblicherweise einiger Planung. Ob sich eine Umstellung tatsächlich lohnt, ist auch von den Preisentwicklungen der alternativen Energieträger abhängig.

Energiepreise können dann an Kundinnen und Kunden weitergegeben werden, wenn die Zahlungsbereitschaft der Verbraucherinnen und Verbraucher hoch genug ist und Wettbewerber ihre Kosten durch einen potenziellen Wettbewerbsvorteil nicht ausreichend erhöhen können, um Kundinnen und Kunden abzuwerben.

Der Produktionsstopp ist ebenfalls ein Mittel, um kurzfristig den Verbrauch von teuren Energieträgern zu reduzieren. Wie lange dieser durchzuhalten ist, hängt von den Deckungsbeiträgen ab. Die Deckungsbeiträge variieren dabei stark. Am Beispiel der Düngemittelindustrie war jedoch tatsächlich beobachtbar, dass aufgrund der hohen Erdgaspreise die Herstellung von Ammoniak in der zweiten Hälfte des Jahres 2021 kurzfristig eingestellt worden ist. Später wurde die Produktion wiederaufgenommen als der Weltmarktpreis für Ammoniak in Folge der zunehmenden Importnotwendigkeit stieg.



Die Gespräche mit Expertinnen und Experten gehen einher mit den Ergebnissen der Analysen. Im Falle einer akuten Gasmangellage müssten einige Unternehmen ihre Produktion ganz oder teilweise einstellen, da die vorhandenen Verfahren nicht auf andere Energieträger umgestellt werden könnten (z.B. Glas (teilweise) oder Stahlindustrie) oder weil Gas als Rohstoff notwendig ist (Chemische/Kunststoffindustrie). In Teilen der energieintensiven Branchen könne Gas zumindest teilweise durch Heizöl ersetzt werden. Allerdings bestand Sorge hinsichtlich der Versorgungssicherheit (ob es dann genügend Lieferungen gäbe) und ob es Schäden an den Produktionsanlagen geben könnte. Inwieweit die Mehrkosten durch Umstellungen und Preissteigerung an Kunden überwälzt, werden können, ist unklar. Grundsätzlich verfügen die energieintensiven Unternehmen über Dekarbonisierungsstrategien, um bis 2040 weitgehend klimaneutral zu produzieren. Je nach Branche unterscheiden sich die Verfahren: Grundsätzlich wird es zu einer stärkeren Elektrifizierung kommen, Power-to-Heat-Verfahren und Wärmerückgewinnung, aber auch der Einsatz von Wasserstoff als Gas-Ersatz werden als mögliche Lösungen angesehen. Allerdings wird in diesem Zusammenhang die bisherige Unsicherheit in der Verfügbarkeit einer entsprechenden Infrastruktur als Hemmnis angesehen.

## 2.7 Analyse „grüner“ Absatzmärkte

Im Rahmen von „grünen“ Absatzmärkten, kann man unterscheiden zwischen alternativen bzw. neuen Produkten und sog. „Enablern“, d. h. Produkten, welche die gleiche Funktion erfüllen wie bestehende Produkte, aber einen geringeren THG-Fußabdruck haben. Das gilt zum Beispiel für „grünen“ Stahl oder Holz (beispielsweise als Ersatzstoff für Beton). Eine Software, die den ÖPNV live und sehr effizient koordiniert und damit bei der Dekarbonisierung des Verkehrssektors hilft, hat es in dieser Art bislang nicht gegeben, so dass von einem neuen „grünen“ Produkt gesprochen werden kann (oder eben von einer Alternative zur bisherigen, starren Fahrplanerstellung). Bei „Enablern“ (inklusive ihrer Vorprodukte) geht es weniger darum, dass sie klimaneutral hergestellt werden, sondern um die Funktion, die sie später erfüllen. Beispiele dafür sind PV-Module, Elektrowannen für die Glasproduktion, Sensorik für effiziente Produktionsverfahren etc.

Mit der Abgabe von Absichtserklärungen der Europäischen Union, USA und China zu einer treibhausneutralen Wirtschaft, ist der Transformationsprozess zu einem umweltfreundlichen Wirtschaften auch bei den wichtigsten Handelspartnern Thüringens

eingeleitet. Das bedeutet, dass in Zukunft zunehmend unternehmerische Erfolge mit davon bestimmt werden, ob Prozesse klimaneutral sind oder ob innovative Lösungen zum Transformationsprozess und umweltgerechter Produktion geliefert werden. Für Thüringen als Industriestandort ergeben sich dadurch insbesondere Chancen durch die Nachfrage nach Verfahren und Technologien, die zum klimaneutralen Produzieren beitragen.

Die Analyse der Absatzmärkte geht deshalb von zwei Fragen aus:

- Welche Technologien sind weltweit im Rahmen des Dekarbonisierungsprozesses gefragt und haben Wachstumspotenzial? Welche Technologien haben durch weitere Innovation das Potenzial, zukünftig ebenfalls in diese Gruppe zu gehören?
- In welchen Bereichen verfügt Thüringen über wirtschaftliche und technologische Potenziale, um diese Nachfrage – heute oder in Zukunft – befriedigen zu können?

Zu diesem Zweck erfolgt eine Patentanalyse von „grünen“ Technologien und „Enabler-Technologien“ wie der Optik und Sensorik. Ergänzend werden die wichtigsten Aussagen der Expertengespräche zu diesem Thema kurz dargelegt.

### 2.7.1 Analyse „grüner“ Technologien

In der Technologieanalyse wird untersucht, in welchen für die Dekarbonisierung relevanten Technologien im Zeitraum 2010 bis 2020 eine hohe Forschungsdynamik zu verzeichnen war. Hierfür wird auf die Auswertung von Patentdaten zurückgegriffen.<sup>59</sup> Patentanalysen erlauben die Messung und Bewertung der Forschungsaktivitäten von Unternehmen und Regionen im internationalen Vergleich. Die Forschungsleistung wird dabei anhand der Forscheradressen dort erfasst, wo sie effektiv stattfindet.

Für die Patentanalyse wird der aktive Patentbestand zu einem Stichtag (2010 und 2020) statt nur die Patentanmeldungen ausgewertet. Die aktiven Patentfamilien enthalten neben aktuellen Patentanmeldungen, bei denen das Bewilligungsverfahren noch läuft, auch Anmeldungen aus früheren Jahren, die bewilligt wurden und die weiterhin aktiv sind, d.h. die jährlichen Patentgebühren werden weiterhin bezahlt und der Patentschutz ist noch nicht abgelaufen. Dieser Ansatz zielt somit auf die absolute Größe und Stärke eines Patentportfolios in einem bestimmten Jahr ab.

Ein Fokus der Technologieanalyse liegt auf der für die Innovationskraft einer Region besonders wichtigen Spitzenforschung. Hierfür werden anhand von zwei Kriterien alle Patente bewertet und die Weltklassepatente identifiziert. Das erste Kriterium ist die Marktabdeckung eines Patents, das heißt die Anzahl der weltweit vom Patent abgedeckten Länder, adjustiert für die Marktgröße. Da die internationale Patentierung kostenintensiv ist, signalisiert eine breite internationale Marktabdeckung eine höhere Qualität eines Patents. Das zweite Kriterium ist die technologische Relevanz, welche anhand von Zitierungen und Verweisen auf das Patent durch Dritte (andere Patentanmeldungen und Prüfungsberichte der Patentämter) gemessen wird. Die Kombination der beiden Kriterien ergibt einen Wert für jedes einzelne Patent. Somit können die Patente innerhalb der Technologien nach ihrer Relevanz sortiert werden. Die weltweit obersten 10% der Patente in jeder Technologie werden als Weltklassepatente definiert.

---

<sup>59</sup> Für mehr Informationen zur Methodik der Patentanalyse siehe Anhang.

Mit der Patentanalyse wird gezeigt, in welchen Technologien Thüringen über technologisches Know-how und Forschungsexzellenz verfügt und somit gut aufgestellt ist, um die steigende Nachfrage nach Lösungen im Bereich Dekarbonisierung befriedigen zu können.

Für die Technologieanalyse wird auf etablierte Green Tech Technologiedefinitionen der World Intellectual Property Organisation sowie auf von BAK Economics zusammen mit dem Eidgenössischen Institut für geistiges Eigentum (IGE) entwickelte Definitionen zurückgegriffen. Diese verschiedenen Green Tech Patentdefinitionen<sup>60</sup> wurden in sechs Themen eingeteilt, welche große inhaltliche Überschneidungen mit den Thüringer Leitmärkten im Bereich Umweltwirtschaft<sup>61</sup> haben:

#### **Green Tech Kategorien:**

- **Erneuerbare Energien** (bestehend aus den Technologiedefinitionen Solarenergie, Windenergie, Biogas Pyrolyse/Biomassevergasung, Geothermie, Smart Grid)
- **Energiespeicherung**
- **Wasserstoffwirtschaft** (Erzeugung von Wasserstoff, Brennstoffzellen) ->
- **Kreislaufwirtschaft** (Recycling, Wasseraufbereitung, Carbon Capture)
- **Energieeffiziente Gebäude** (Dämmung, Wärmepumpen)
- **Elektromobilität** (Elektro-/Hybrid-Autos, Lithium Batterien)

Zusätzlich wird die technologische Entwicklung im Bereich Advanced Manufacturing sowie insbesondere im Bereich Optik/Sensorik untersucht. Diese Technologiebereiche stellen Querschnittstechnologien dar, die dazu beitragen, die Produktionsprozesse nicht nur im Green Tech Bereich, sondern auch in verschiedenen anderen Branchen zu optimieren. Damit spielen sie ebenfalls eine wichtige Rolle bei der Dekarbonisierung.

#### **2.7.1.1 Überblick**

Im Jahr 2020 lag der aktive Patentbestand in Green Tech Feldern in Thüringen bei über 350 aktiven Patenten. Damit ist jedoch der Anteil der Green Tech Patente an den gesamten Patenten noch relativ gering. Im Jahr 2020 lag dieser Anteil bei rund 6 Prozent.

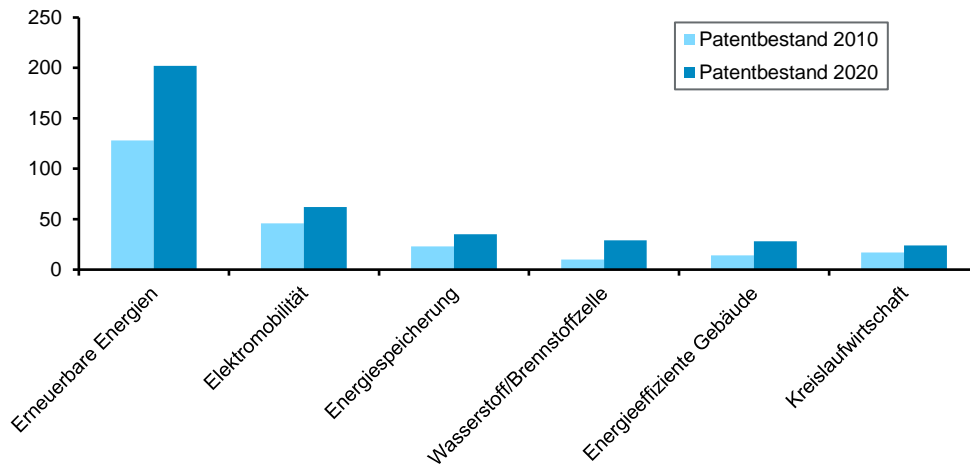
Ein Großteil der Green Tech Patente ist dem Bereich Erneuerbare Energien (Solarenergie, Windenergie, Biogas Pyrolyse / Biomassevergasung, Geothermie, Smart Grid) zuzuordnen. Zwischen 2010 und 2020 ist die Zahl der aktiven Patente in diesem Bereich von rund 130 auf über 200 gestiegen. Dies entspricht einem Patentwachstum von 4,7 Prozent pro Jahr.

---

<sup>60</sup> Für eine kurze Beschreibung der einzelnen Technologiedefinitionen siehe Anhang.

<sup>61</sup> Vgl. Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (2019), Umweltwirtschaft in Thüringen. Leitmärkte, Zahlen und Fakten, Erfurt.

Abb. 28 Green Tech Patentbestand in Thüringen 2010 und 2020



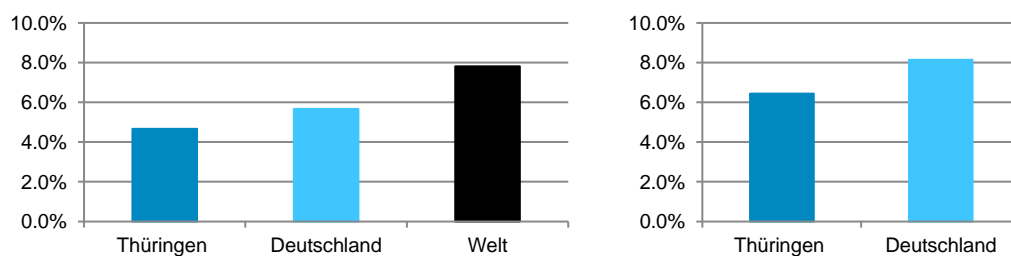
Quelle: BAK Economics, IGE, OECD Regpat

Der aktive Patentbestand in den weiteren Green Tech Kategorien fällt in Thüringen wesentlich kleiner aus. Die Elektromobilität folgt auf Platz 2 mit knapp über 60 aktiven Patenten. Allerdings war das Patentwachstum in dieser Kategorie in Thüringen nur unterdurchschnittlich (+3,0 Prozent pro Jahr zwischen 2010 und 2020). In den restlichen Green Tech Kategorien (Energiespeicherung, Wasserstoff/Brennstoffzellen, Energieeffiziente Gebäude, Kreislaufwirtschaft) lag der Patentbestand im Jahr 2020 nur bei jeweils etwa 30 Patenten. Das höchste Patentwachstum war in der Kategorie Wasserstoff/Brennstoffzellen zu verzeichnen. Im Zeitraum 2010 bis 2020 hat sich die Zahl der aktiven Patente aus Thüringen fast verdreifacht (von 10 auf 29 Patente).

### 2.7.1.2 Erneuerbare Energien

Erneuerbare Energie (Wind-, Solarenergie, Geothermie, Biogas, Smart Grid) ist hinsichtlich des Patentbestandes die größte Green Tech Kategorie. Im Jahr 2020 gab es weltweit rund 80 Tsd. aktive Patente, wobei die Mehrheit der Patente auf die Solarenergie entfallen. Die Forschungsdynamik war im letzten Jahrzehnt sehr hoch und seit 2010 ist der globale Patentbestand um fast 7% pro Jahr gestiegen. Somit hat sich der Patentbestand seit 2010 fast verdoppelt. Ein Wachstumsmotor war dabei insbesondere Asien (vor allem China und Südkorea), wo die Menge an Patenten massiv gestiegen ist. Global betrachtet war das höchste Patentwachstum jedoch in der Technologie Smart Grid zu beobachten.

Abb. 29 Wachstum des Patentbestandes Erneuerbare Energien 2010–2020 p.a. (links) und Anteil Weltklassepatente an allen Patenten (rechts)



Anmerkung: Per Definition werden die weltweit 10% am besten bewerteten Patente als Weltklassepatente eingestuft (siehe Methodik im Anhang).

Quelle: BAK Economics, IGE, OECD Regpat

In Deutschland ist der Gesamtpatentbestand im Technologiefeld Erneuerbare Energien zwischen 2010 und 2020 um durchschnittlich 6% pro Jahr gewachsen. Damit lag das Wachstum leicht unter dem globalen Schnitt. Eine hohe Forschungsdynamik war im Bereich Windenergie zu verzeichnen, während die Zahl der Solar-Patente deutlich langsamer gestiegen ist.

In Thüringen ist der Patentbestand im Bereich Erneuerbare Energien seit 2010 unterdurchschnittlich gewachsen (+4,7% pro Jahr). Die größte Einzeltechnologie hinsichtlich der Patentzahlen ist die Solarenergie mit mehr als 150 aktiven Patenten im Jahr 2020. Wichtige Forschungsakteure hier sind der Erfurter Spezialchiphersteller X-Fab, SCHOTT, die Fraunhofer-Gesellschaft, und Jenoptik, welche allesamt über mehrere in Thüringen entwickelte Patente verfügen, die dem Bereich Solarenergie zugeordnet sind. X-Fab entwickelt unter anderem Wechselrichter und Leistungsoptimierer für Wind- und Photovoltaiksysteme. SCHOTT ist ebenfalls in der Solartechnologie aktiv, unter anderem als Zulieferer für Glastechnologie für solarthermische Kraftwerke. Auch bei den Patentdaten zeigen sich die Probleme, welche die deutsche und insbesondere ostdeutsche Solarindustrie in den letzten 10 Jahren aufgrund des hohen Kostendrucks durch die Konkurrenz aus China hatte und die zu Umsatzrückgängen und zahlreichen Konkursen geführt haben. So wurde das in Thüringen entwickelte Photovoltaik-Patentportfolio des früheren Unternehmens Schott Solar vom Freiburger Fraunhofer-Institut ISE 2013 übernommen und Patente des früheren Unternehmens Bosch Solar gehören heute dem Schweizer Unternehmen Meyer Burger.

In den anderen Technologien des Bereichs Erneuerbare Energien (Windenergie, Geothermie, Biogas, Smart Grid) sind die Patentzahlen in Thüringen überschaubar (jeweils weniger als 20 Patente im Jahr 2020) und auch das Patentwachstum fiel seit 2010 verhalten aus. Die Ausnahme ist das Segment Smart Grid, in dem sich die Zahl der Patente zwischen 2010 und 2020 mehr als verdreifacht hat (von 5 auf 18 aktive Patente).

Verbesserungspotenzial gibt es beim Anteil an Weltklassepatenten in Thüringen. Im Jahr 2020 waren nur 6,3% der Patente im Bereich Erneuerbare Energie als Weltklasse eingestuft. Damit liegt Thüringen unter dem deutschen und dem globalen Schnitt.

#### **Ausblick:**

Die Zukunftsaussichten für den Bereich Erneuerbare Energien sind sehr gut. Das Übereinkommen von Paris sieht die Begrenzung der menschengemachten globalen Erwärmung auf deutlich unter 2°C gegenüber vorindustriellen Werten vor. Gemäß dem Sustainable Development Scenario (SDS) der Internationalen Energieagentur (IEA) muss sich der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung bis 2030 fast verdoppeln, von 27% im Jahr 2019 auf fast 50% im Jahr 2030, um die Pariser Klimaziele zu erreichen.<sup>62</sup> Besonders hohes Wachstumspotenzial wird dabei Solar- und Windenergie attestiert. Die Nutzung von Wasserkraft, Geothermie und Biomasse zur Energieerzeugung dürfte weltweit gemäß dem SDS-Szenario zwar auch zunehmen, der Anstieg dürfte aber weniger hoch als bei Solar- und Windenergie ausfallen.

Auch in Deutschland und Thüringen dürfte die Nutzung von Erneuerbaren Energien in den nächsten Jahren stark wachsen. Der Ukraine-Krieg und die steigenden Gaspreise haben die Dringlichkeit der Dekarbonisierung weiter erhöht. In Thüringen sollen gemäß den Zielen des Thüringer Ministeriums für Umwelt, Energie und Naturschutz in den nächsten drei Jahren mehr als 60 Tsd. neue Solardächer entstehen.<sup>63</sup> Eine Studie der Fachhochschule

---

<sup>62</sup> IEA: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/share-of-renewables-in-power-generation-in-the-sustainable-development-scenario-2000-2030>

<sup>63</sup> <https://umwelt.thueringen.de/aktuelles/anzeigen-medieninformationen/antragsrekord-solar-invest-antragsportal-schliesst-foerdermittel-bereits-komplett-gebunden>

Erfurt<sup>64</sup> kommt zudem zum Schluss, dass hohes Wachstumspotenzial im Bereich der Agri-Photovoltaik besteht, d.h. der Installation von Solaranlagen über Feldern oder Obstbauflächen.

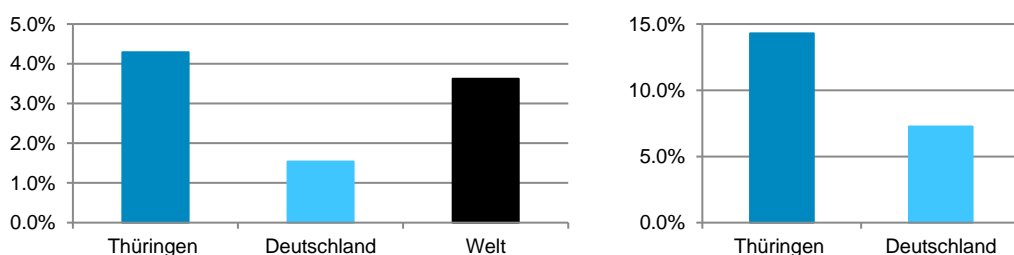
Die vorliegende Technologieanalyse zeigt, dass Thüringen im Bereich Solarenergie über viel Know-how verfügt. Zulieferer für die Solarindustrie wie X-Fab oder SCHOTT sind somit in einer guten Position, um vom zukünftigen Wachstum der Solarenergie in Thüringen und weltweit zu profitieren. Nach den Verlagerungen und Konkursen der 2010er Jahre gab es 2021 mit der Eröffnung der neuen Modul-Fertigungsanlage von Heckert Solar in Langenwetzendorf zuletzt auch wieder positive Meldungen im Bereich Photovoltaik-Produktion. Die Produktion von Solarmodulen ist mittlerweile hoch automatisiert und der Anteil der Lohnkosten dadurch gering. Dadurch sind die Preisvorteile von chinesischen Herstellern nicht mehr so hoch wie noch vor zehn Jahren.

Des Weiteren stellt der Anstieg der Erneuerbaren Energien die Strominfrastruktur vor große Herausforderungen, da Solar- und Windkraftanlagen nur unregelmäßig Strom in die Netze speisen. Daher wird die Relevanz von Smart Grids, also intelligenten Stromnetzen, zunehmen, die die Anbindung von erneuerbaren Energiequellen ermöglichen und ein Gleichgewicht zwischen Stromverbrauch und -angebot gewährleisten.

### 2.7.1.3 Energiespeicherung

Die Technologie Energiespeicherung stellt im Bereich Green Tech eine Querschnittstechnologie dar, da Energiespeicherlösungen sowohl im Bereich Erneuerbare Energien als auch bei der Elektromobilität eine immens wichtige Rolle spielen. Daher bestehen teilweise auch Überschneidungen zwischen Patenten in der Energiespeicherung sowie Themen wie Lithium Batterien, Wasserstoff/Brennstoffzellen oder erneuerbarer Energieerzeugung.

**Abb. 30 Wachstum des Patentbestandes Energiespeicherung 2010–2020 p.a. (links) und Anteil Weltklassepatente an allen Patenten (rechts)**



Anmerkung: Per Definition werden die weltweit 10% am besten bewerteten Patente als Weltklassepatente eingestuft (siehe Methodik im Anhang).  
Quelle: BAK Economics, IGE, OECD Regpat

Im Bereich Energiespeicherung gab es 2020 weltweit insgesamt rund 30 Tsd. aktive Patente. Seit 2010 war ein durchschnittliches Patentwachstum von 3,6% pro Jahr zu verzeichnen. Japan verfügt weltweit über die meisten Patente im Bereich Energiespeicherung dank Unternehmen wie Toyota, Panasonic, Murata oder Nissan.

In Deutschland ist der Gesamtpatentbestand im Bereich Energiespeicherung zwischen 2010 und 2020 nur um durchschnittlich 1,5% pro Jahr gewachsen. Damit lag das Wachstum deutlich unter dem globalen Schnitt. Insgesamt gab es 2020 über 3.200 aktive in Deutschland entwickelte Patente. Davon waren 7,3% als Weltklassepatente eingestuft.

<sup>64</sup> Wydra et al. (2022): „Potential der Agri-Photovoltaik in Thüringen“



In Deutschland hat Bosch mit Abstand die meisten Patente zur Energiespeicherung entwickelt.

In Thüringen ist der Patentbestand im Bereich Energiespeicherung seit 2010 im globalen Vergleich überdurchschnittlich stark gestiegen (+4,3% pro Jahr). Allerdings war der Patentbestand im Jahr 2020 trotz des hohen Wachstums noch recht klein mit insgesamt 35 aktiven Patenten. Dies entspricht einem Anteil von 1,1% an allen in Deutschland in dieser Technologie entwickelten Patenten. Positiv ist insbesondere, dass sich der Anteil an Weltklassepatenten in den letzten Jahren deutlich erhöht hat und im Jahr 2020 bei überdurchschnittlichen 14,3% lag.

Die Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena Batteries, Bosch, Electronicon Kondensatoren und die Fraunhofer-Gesellschaft verfügen jeweils über mehrere Patente in diesem Segment. Die Universität Jena und das Universitäts-Spin-off Jena Batteries verfügen beispielsweise über Patente im Bereich Redox-Fluss-Batterien zur Speicherung elektrischer Energie, wobei insbesondere die Patente von Jena Batteries eine sehr hohe Patentbewertung erreichen. Diese Redox-Fluss-Batterien stellen eine Alternative für die derzeit dominierenden Lithium Batterien dar. Redox-Fluss-Batterien eignen sich aufgrund ihrer Skalierbarkeit insbesondere als stationäre Energiespeicher, zum Beispiel als Puffersysteme für Erneuerbare Energien.

#### **Ausblick:**

Technologische Fortschritte sowie ein weiterer Ausbau der Energiespeicherkapazitäten sind eine wichtige Voraussetzung für das Gelingen der Dekarbonisierung, sei es beim Ausbau der Erneuerbaren Energien oder der Elektromobilität. Die Nachfrage nach Energiespeicherlösungen wird daher sowohl in Deutschland als auch weltweit stark zunehmen in den kommenden Jahren.

Die Technologieanalyse zeigt, dass die Gesamtzahl der Patente aus Thüringen zwar noch recht klein ist, aber der Bestand in den letzten Jahren klar überdurchschnittlich gestiegen ist. Zudem ist die Forschungseffizienz hoch, was sich im recht hohen Anteil an Weltklassepatenten widerspiegelt. Für innovative Unternehmen im Bereich Energiespeicherung wie beispielsweise Jena Batteries besteht somit grundsätzlich ein sehr großes Wachstumspotenzial. Allerdings liegt sowohl bei Jena Batteries als auch bei der Universität Jena ein wichtiger Forschungsschwerpunkt auf Alternativen zu den etablierten Lithium Batterien, die sich überwiegend noch in der Entwicklungsphase befinden. Somit besteht ein gewisses Risiko, ob der kommerzielle Durchbruch z.B. bei Redox-Fluss-Batterien gelingt.

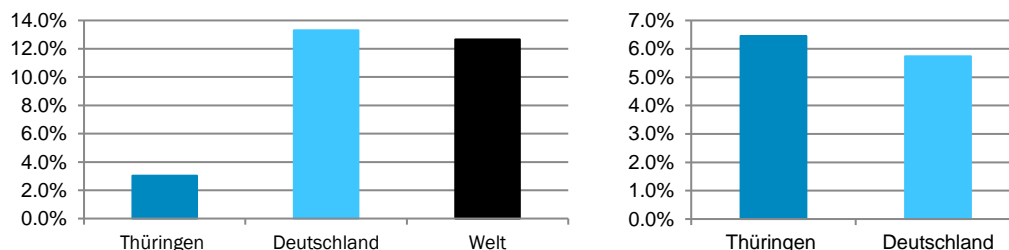
### **2.7.1.4 Elektromobilität**

Die Technologiedefinition Elektromobilität umfasst Patente in den Teilbereichen Elektro/Hybrid-Autos sowie Lithium Batterien. Lithium Batterien sind seit einiger Zeit die dominierende Batterieart im Mobilitätsbereich und für einen gewichtigen Teil der Wertschöpfung von Elektro-/Hybrid-Autos verantwortlich. Die Elektromobilität war in den letzten Jahren von einer rasanten Forschungsdynamik geprägt. Dies spiegelt sich auch in den weltweit stark gestiegenen Patentzahlen wider. Zwischen 2010 und 2020 ist der globale Patentbestand von rund 12.500 auf mehr als 40.000 Patente gewachsen (+12,7% p.a.). Insbesondere die Autohersteller (Toyota, Nissan, VW) sowie Automobilzulieferer (Bosch, LG Chem, Samsung SDI) verfügen über sehr große Patentportfolios.

In Deutschland ist der Gesamtpatentbestand seit 2010 sogar noch stärker gewachsen als im globalen Schnitt (von 1.747 auf 6.150). Die Zahl der in Thüringen entwickelten Patente hat dagegen wesentlich langsamer zugenommen (von 48 auf 65; +3,1% p.a.). Im Bereich Lithium Batterien war sogar ein leichter Rückgang des Patentbestandes zu verzeichnen.

Beim Anteil an Weltklassepatenten liegt Thüringen mit einem Anteil von 6% in etwa gleichauf mit Deutschland.

**Abb. 31 Wachstum des Patentbestandes Elektromobilität 2010–2020 p.a. (links) und Anteil Weltklassepatente an allen Patenten (rechts)**



Anmerkung: Per Definition werden die weltweit 10% am besten bewerteten Patente als Weltklassepatente eingestuft (siehe Methodik im Anhang).

Quelle: BAK Economics, IGE, OECD Regpat

Auf Unternehmensebene sind die im Bundesland ansässigen Unternehmen der automobilen Zulieferindustrie wichtige Forschungsakteure im Bereich Elektromobilität. ZF, Bosch und Siemens (Siemens Tochtergesellschaft Remech Systemtechnik) besitzen die meisten in Thüringen entwickelten Patente im Bereich Elektromobilität. Remech entwickelt beispielsweise Systemlösungen für das Batteriehandling in der Autoproduktion. In Thüringen gibt es zwar viel Know-how in der Batterieforschung. Eine hohe Forschungsdynamik war jedoch in den letzten Jahren vor allem hinsichtlich Alternativen/Weiterentwicklungen zu den in der Elektromobilität heute dominierenden Lithium-Batterien zu beobachten.

#### Ausblick:

Die Zahl der Elektroautos ist in den letzten Jahren weltweit deutlich gestiegen, doch der Anteil an allen Fahrzeugen ist immer noch überschaubar. Im Jahr 2018 lag der Anteil von Elektroautos an allen verkauften Fahrzeugen weltweit nur bei knapp über 2%.<sup>65</sup> Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Verkäufe von Elektroautos in den nächsten Jahren stark anziehen werden. Hierzu beitragen sollte, dass der Kauf von Elektroautos in vielen Ländern subventioniert wird. Zudem verkünden immer mehr Städte und auch Länder Verbote von Verbrennungsmotoren, welche kurz- bis mittelfristig in Kraft treten sollen.

Laut einer Studie der Boston Consulting Group könnten weltweit im Jahr 2030 erstmals mehr Autos mit Elektro- bzw. Hybridantrieb als mit Verbrennungsmotoren verkauft werden.

<sup>66</sup> Vom Wachstum der Elektroautos dürften auch die in Thüringen ansässigen Automobilzulieferer profitieren, wenn es Ihnen gelingt, den Wandel vom Verbrenner-Motor zu Elektroautos erfolgreich zu meistern. Das Patentwachstum in Thüringen im Bereich Elektromobilität war zwar in den letzten Jahren unterdurchschnittlich, ein sehr positives Signal für den Standort ist aber das neue Batteriezellenproduktionswerk des chinesischen Unternehmens CATL, welches noch 2022 die Produktion aufnehmen soll. CATL ist einer der größten Batterieproduzenten weltweit und die Ansiedlung dürfte weitere Zulieferer nach Thüringen locken sowie auch den Forschungsaktivitäten in der Region Rückenwind verschaffen.

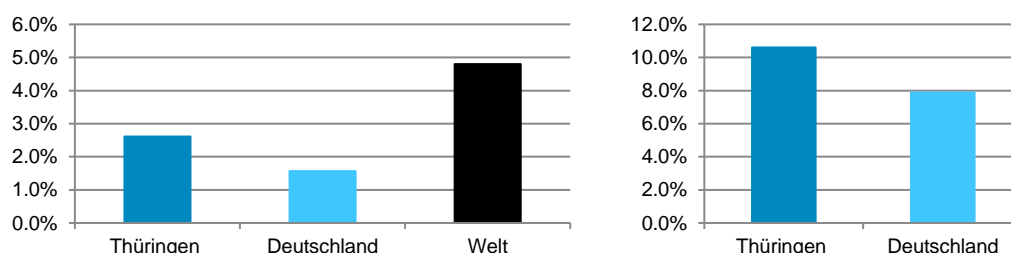
<sup>65</sup> BCG 2021: <https://www.bcg.com/publications/2021/why-evs-need-to-accelerate-their-market-penetration>

<sup>66</sup> BCG 2022: <https://www.bcg.com/publications/2022/electric-cars-finding-next-gear>

### 2.7.1.5 Kreislaufwirtschaft

Der Green Tech Patentbereich Kreislaufwirtschaft umfasst die Technologien Wasseraufbereitung, Recycling und Carbon Capture. Weltweit ist der aktive Patentbestand in diesem Bereich von knapp 25 Tsd. Patenten im Jahr 2010 auf knapp 40 Tsd. Patente im Jahr 2020 gestiegen. Insbesondere im Bereich Wasseraufbereitung gibt es viele Patente, da diese Technologie eine seit langem etablierte, reife Technologie darstellt. Das höchste Patentwachstum seit 2010 war dagegen im Bereich Carbon Capture zu beobachten.

**Abb. 32 Wachstum des Patentbestandes Kreislaufwirtschaft 2010–2020 p.a. (links) und Anteil Weltklassepatente an allen Patenten (rechts)**



Anmerkung: Per Definition werden die weltweit 10% am besten bewerteten Patente als Weltklassepatente eingestuft (siehe Methodik im Anhang).

Quelle: BAK Economics, IGE, OECD Regpat

In Thüringen gab es 2020 insgesamt rund 65 aktive Patente im Bereich Kreislaufwirtschaft, dies entspricht einem Anteil von 1,7% an allen in Deutschland entwickelten Patenten. In Deutschland sind die Patentzahlen im Bereich Kreislaufwirtschaft zwischen 2010 und 2020 wesentlich weniger dynamisch gestiegen als im globalen Schnitt. Die Zahl der Recycling-Patente war sogar leicht rückläufig. Das Patentwachstum im Bereich Kreislaufwirtschaft war seit 2010 mit 2,6% pro Jahr zwar höher als in Deutschland, allerdings niedriger als im globalen Schnitt.

Positiv ist der recht hohe Anteil an Weltklassepatenten in Thüringen. Dies gilt insbesondere für den Bereich Carbon Capture. Die Fraunhofer-Gesellschaft<sup>67</sup> sowie die Unternehmen SCHOTT und MUW verfügen über als Weltklasse eingestufte Patente für Technologien im Bereich Carbon Capture. Das Fraunhofer-Institut IKTS am Standort Hermsdorf in Thüringen ist unter anderem auf dem Gebiet der Membranentwicklung für die Wasseraufbereitung, Luftreinigung und Gastrennung tätig. MUW forscht ebenfalls an Membranreaktoren, welche mit Systemen zur Abscheidung und Speicherung von CO<sub>2</sub> bzw. Methanol kombiniert werden können.

#### Ausblick:

Auch in der Kreislaufwirtschaft sind die Wachstumsaussichten gut. Im Zuge des Wandels hin zur Elektromobilität wird etwa das Recycling von in Autobatterien enthaltenen wertvollen Rohstoffen wie Lithium oder Kobalt immer dringender. Beim Thema Wasseraufbereitung sind die Wachstumsaussichten in den Industrieländern vergleichsweise gering, doch in den Schwellenländern besteht großer Nachholbedarf. Laut Angaben der UN werden aktuell nur etwa 20% des gesamten Abwassers weltweit behandelt. Unbehandeltes Abwasser, das in die Umwelt freigesetzt wird, erzeugt einen Treibhausgas-Fußabdruck, der etwa dreimal so hoch ist, wie wenn das Abwasser in einer Kläranlage behandelt wird. Hier besteht somit großes Wachstumspotenzial für die Anbieter von Lösungen zur Wasseraufbereitung. Auch Carbon Capture könnte zukünftig eine

<sup>67</sup> Anhand der Patentanmeldungen lässt sich nicht genau nachvollziehen, welches der verschiedenen Fraunhofer-Institute in Thüringen die Patente im Bereich Carbon Capture angemeldet hat. Aufgrund der Forschungsschwerpunkte der Institute ist jedoch davon auszugehen, dass das Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS für die Patentanmeldungen verantwortlich ist.

wichtige Rolle bei der Reduktion von Treibhausgasemissionen spielen. Allerdings sind noch weitere Fortschritte notwendig, um die Kosten ausreichend zu senken, damit Carbon Capture in Kraftwerken oder der Industrie eingesetzt werden kann.

Die Zahl der Kreislaufwirtschafts-Patente aus Thüringen ist zwar relativ klein, doch gerade im Bereich Carbon Capture gibt es Weltklassepatente. Setzt sich Carbon Capture zukünftig durch, könnten Thüringer Unternehmen als Zulieferer von Materialien und technologischen Lösungen profitieren.

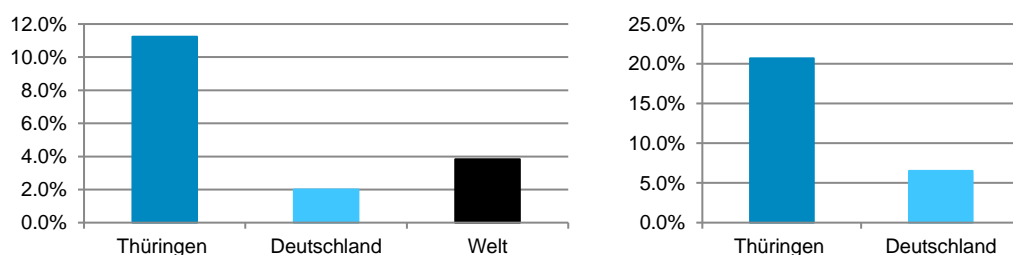
### 2.7.1.6 Wasserstoff/Brennstoffzelle

Der Green Tech Bereich Wasserstoff/Brennstoffzelle umfasst Patente, welche Technologien zur Erzeugung von Wasserstoff sowie zur Herstellung und zum Einsatz von Brennstoffzellen abdecken. Weltweit ist der aktive Patentbestand in diesem Bereich von rund 15 Tsd. Patenten im Jahr 2010 auf etwa 22.5 Tsd. Patente im Jahr 2020 gestiegen (+3,8% p.a.).

In Deutschland ist der Patentbestand im gleichen Zeitraum lediglich um 2,0% gewachsen. In Thüringen hat sich der aktive Patentbestand dagegen seit 2010 fast verdreifacht (von 10 auf 29 Patente). Jena Batteries, die Fraunhofer-Gesellschaft, die Universität Jena, Bosch, BASF und SCHOTT verfügen jeweils über mehrere Patente. SCHOTT entwickelt beispielsweise Spezialgläser, die als Dichtungsmaterialien für Brennstoffzellen verwendet können. Zudem forscht das Unternehmen am Einsatz von Wasserstoff im Glasschmelzprozess.

Trotz des hohen Wachstums lag der Anteil Thüringens an den gesamten deutschen Wasserstoff/Brennstoffzellen-Patenten jedoch 2020 nur bei 1,1%. Das hohe Wachstum erfolgte somit von einer niedrigen Basis aus.

**Abb. 33 Wachstum des Patentbestandes Wasserstoff/Brennstoffzelle 2010–2020 p.a. (links) und Anteil Weltklassepatente an allen Patenten (rechts)**



Anmerkung: Per Definition werden die weltweit 10% am besten bewerteten Patente als Weltklassepatente eingestuft (siehe Methodik im Anhang).

Quelle: BAK Economics, IGE, OECD Regpat

Bemerkenswert ist die hohe Qualität der Wasserstoff/Brennstoffzellen-Patente aus Thüringen. Mehr als jedes fünfte Patent ist als Weltklasse eingestuft. Damit schneidet Thüringen bei der Forschungseffizienz wesentlich besser ab als Deutschland.

#### Ausblick:

Der Einsatz von „grünem“ und „blauem“ Wasserstoff wird zukünftig eine wichtige Rolle bei der angestrebten Reduktion von Treibhausgasemissionen spielen. Dies gilt insbesondere für energieintensive Sektoren wie Stahl- oder Zementproduktion, Luftfahrt und Schifffahrt, bei denen eine Elektrifizierung kaum möglich ist. Ein weiteres aussichtsreiches Einsatzgebiet ist die Verwendung von Wasserstoff als Speicher, der zur Integration von schwankenden erneuerbaren Energiearten genutzt werden kann. Die größte Herausforderung bei allen Einsatzmöglichkeiten sind die derzeit noch hohen Kosten bei

der Gewinnung von „blauem“ und „grünem“ Wasserstoff. Mit steigenden Mengen und effizienteren Elektrolyseuren dürften die Produktionskosten jedoch sinken.

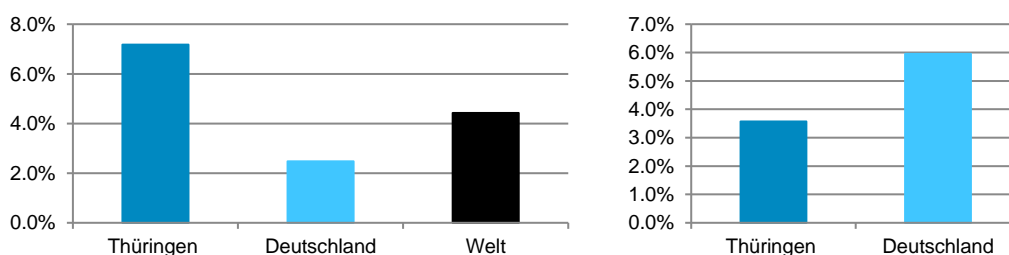
Die Technologieanalyse zeigt, dass die absolute Zahl an Wasserstoff/Brennstoffzellen-Patente aus Thüringen zwar noch relativ klein ist. Doch der hohe Anteil an Weltklassepatenten ist ein Indiz für die hohe Forschungsqualität. Einzelne Thüringer Unternehmen scheinen somit gut aufgestellt, um vom zunehmenden Bedarf nach Wasserstoff/Brennstoffzellen-Technologien zu profitieren.

### 2.7.1.7 Energieeffiziente Gebäude

Der Green Tech Bereich Energieeffiziente Gebäude beinhaltet Patente für Dämmungsmaterialien und -lösungen sowie zu Wärmepumpen. Gemessen an den Patentzahlen ist dieser Bereich der kleinste der analysierten Green Tech Felder. Zwischen 2010 und 2020 sind die globalen Patente von rund 5.5 Tsd. Patenten auf knapp 9 Tsd. Patente gewachsen (Wachstum von 4,4% pro Jahr).

In Deutschland war das Patentwachstum nur etwa halb so hoch wie im globalen Schnitt, in Thüringen dagegen deutlich höher (+7,2% p.a.). Allerdings war die Zahl der aktiven Patente in Thüringen 2020 trotz des hohen Wachstums immer noch gering (28 aktive Patente). Fast alle dieser 28 Patente entfallen auf den Teilbereich Dämmung. Die Liaver GmbH, ein Hersteller von Blähglasgranulat, verfügt über mehrere Patente. Der Anteil an Weltklassepatenten im Bereich Energieeffiziente Gebäude ist sehr gering in Thüringen.

**Abb. 34 Wachstum des Patentbestandes Energieeffiziente Gebäude 2010–2020 p.a. (links) und Anteil Weltklassepatente an allen Patenten (rechts)**



Anmerkung: Per Definition werden die weltweit 10% am besten bewerteten Patente als Weltklassepatente eingestuft (siehe Methodik im Anhang).

Quelle: BAK Economics, IGE, OECD Regpat

#### Ausblick:

Etwa 14% der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland stammen aus dem Gebäudesektor (Stand 2018). Weitere Emissionen entstehen bei der Herstellung von Strom für Gebäude oder von Baustoffen. Es besteht daher eine große Notwendigkeit, Gebäude energetisch zu sanieren sowie alte Gas- und Ölheizungen auszutauschen. Das Wachstumspotenzial in diesen Bereichen ist somit hoch.

Zumindest in technologischer Hinsicht ist Thüringen allerdings in keiner guten Position, um von der Dekarbonisierung im Gebäudesektor zu profitieren. Die Zahl an Patenten ist noch immer gering, zudem gibt es fast keine als Weltklasse eingestuft Patente. Dies ist ein Indiz, dass das technologische Know-how in diesem Bereich in Thüringen gering ausgeprägt ist.

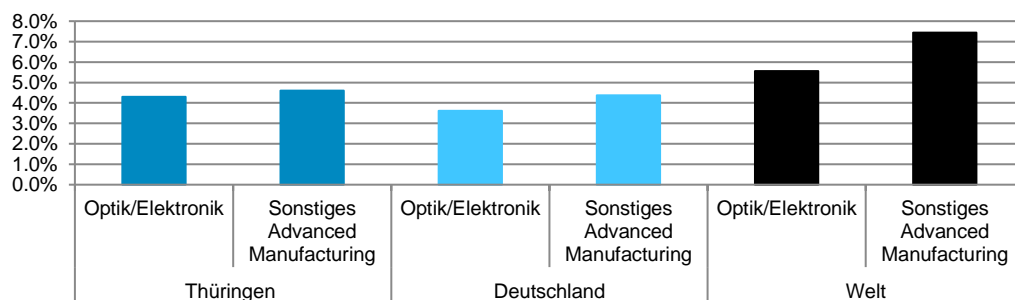
### 2.7.1.8 Advanced Manufacturing

Die Industrie ist für einen großen Teil des gesamten Energieverbrauchs verantwortlich. Neben den bislang analysierten klassischen Green Tech Technologien spielen daher auch Technologien im Bereich des Advanced Manufacturing (häufig auch als Industrie 4.0 bezeichnet) eine wichtige Rolle bei der Dekarbonisierung. Die Digitalisierung der Fertigung durch die Nutzung von Technologien wie Sensoren, Optik, Prozessautomatisierung, Mikro-/Nanotech, 3D-Druck oder Robotern ermöglicht es, vernetzte „Smart Factories“ zu bauen, welche die Produktivität erhöhen und den Material- und Energieverbrauch senken können. Beispielsweise können in der vernetzten Produktion Verschleißerscheinungen von Maschinen rechtzeitig erkannt und behoben werden (Stichwort: Predictive Maintenance), bevor Ausfallzeiten entstehen. Dadurch kann auch der Materialeinsatz reduziert werden.

Für Thüringen sind vor allem die Technologien Sensorik und Optik/Photonics von hoher Bedeutung. Der Einsatz von Sensoren und Laser-Technologien spielt in vielen Green Tech Feldern bereits eine wichtige Rolle. Laser werden etwa in verschiedensten Bereichen eingesetzt wie beispielsweise in der Produktion von Solarzellen sowie Batterien, bei energieeffizienter Beleuchtung (LEDs) oder bei Recycling-Prozessen. Sensoren und Laser stellen jedoch auch für viele andere Industriebereiche Schlüsseltechnologien dar, welche dazu beitragen können, die Produktivität und Ressourcen-Effizienz in der Produktion zu erhöhen.

Weltweit sind die Optik/Elektronik-Patente zwischen 2010 und 2020 um 5,6% pro Jahr gestiegen. Bei den restlichen Advanced Manufacturing Technologien (Robotics, 3D-Druck, Predictive Maintenance, Mikro-/Nanotech, Process Automation) war das Wachstum mit 7,4% pro Jahr noch etwas höher. In Thüringen und Deutschland lagen die Wachstumsraten im gleichen Zeitraum etwas tiefer. Bemerkenswert ist der hohe Anteil Thüringens an den gesamtdeutschen Patenten im Bereich Optik/Elektronik. Dieser lag 2020 bei hohen 4.6%. Dies unterstreicht die Forschungsstärke Thüringens in Optischen Technologien und der Sensorik. Bei den restlichen Advanced Manufacturing-Technologien lag Thüringens Anteil 2020 bei 1,7%.

**Abb. 35 Wachstum des Patentbestandes Advanced Manufacturing, 2010–2020 p.a.**

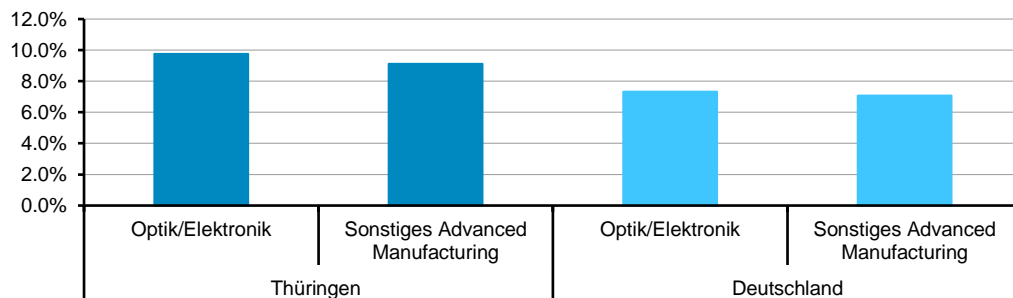


Quelle: BAK Economics, IGE, OECD Regpat

Gemessen an den Patenten sind die Top Forschungsakteure in Thüringen in der Optik/Sensorik die Unternehmen Carl Zeiss, Jenoptik und Bosch sowie die Fraunhofer-Gesellschaft und die Universität Jena. Jenoptik entwickelt beispielsweise Prüf- und Messsysteme, die dabei helfen, Produktionsmaschinen effizienter zu nutzen. Zudem bietet das Unternehmen intelligente Verkehrsmanagementsysteme an, die dazu beitragen, Staus und Unfälle zu reduzieren, wodurch Abgasemissionen eingespart werden. In den restlichen Advanced Manufacturing Technologien gibt es vor allem im Robotics-Bereich zahlreiche Patente aus Thüringen. Die Unternehmen Bosch und X-Fab verfügen hier über viele Patente. Die hohe Forschungsqualität Thüringens zeigt sich auch beim Anteil an

Weltklassepatenten. Sowohl bei den Optik/Sensorik-Patenten als auch bei den restlichen Advanced Manufacturing-Technologien liegt der Weltklasse-Anteil höher als der deutsche Schnitt. Insbesondere Carl Zeiss und die Fraunhofer-Gesellschaft verfügen über viele in Thüringen entwickelte und als Weltklasse eingestufte Patente.

**Abb. 36 Anteil Weltklassepatente Advanced Manufacturing an allen Patenten**



Anmerkung: Per Definition werden die weltweit 10% am besten bewerteten Patente als Weltklassepatente eingestuft (siehe Methodik im Anhang).

Quelle: BAK Economics, IGE, OECD Regpat

#### **Ausblick:**

Die Vernetzung von Produktionsanlagen und der Einsatz von Advanced Manufacturing Technologien wird immer wichtiger für die Wettbewerbsfähigkeit von produzierenden Unternehmen. Insbesondere Sensoren und Photonics sind bereits heute Schlüsseltechnologien für viele Industriebereiche, gerade auch im Green Tech Sektor. Aufgrund globaler Trends wie dem Internet der Dinge (IoT) oder der Dekarbonisierung wird der Bedarf an Sensoren und optischen Lösungen in den kommenden Jahren deutlich steigen.

Thüringen ist in technologischer Hinsicht in einer sehr guten Position im Bereich Optik/Sensorik. Das Bundesland verfügt sowohl über hervorragende Forschungsinstitutionen als auch über innovative Unternehmen, die über zahlreiche Weltklassepatente verfügen. Thüringens Wirtschaft dürfte daher stark von der zunehmenden Nachfrage nach Sensoren und optischen Technologien profitieren.

### **2.7.1.9 Digitale Durchdringung der Patente**

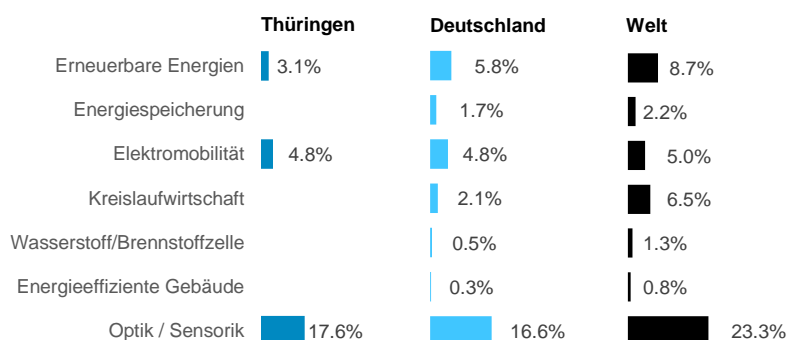
Wie im vorangegangenen Kapitel beschrieben, nimmt auch in Green Tech Segmenten die Bedeutung digitaler Technologien immer mehr zu. Mit der BAK-Patentdatenbank kann die Bedeutung der Digitalisierung in der Green Tech Forschung aufgezeigt werden. Hierbei kann die Eigenschaft genutzt werden, dass viele Patente nicht nur einer, sondern mehreren Technologien zugeordnet sind. Zum Beispiel wird ein Patent für eine KI-Lösung zur Abfallerkennung in der Patentdatenbank den beiden Technologien Machine learning und Recycling zugewiesen. Um die Bedeutung der Digitalisierung in der Green Tech Forschung zu messen, wird daher geprüft, wie viele Green Tech Patente zugleich digitale Elemente beinhalten. Für die Erfassung der digitalen Elemente wird auf die Technologiedefinitionen „Computer Technology“ sowie „Digital Communication“ der World Intellectual Property Organisation (WIPO) sowie weitere BAK Zukunftstechnologien aus dem Themenbereich „Digital“ (z.B. Machine Learning) zurückgegriffen. Somit kann der Stand der digitalen Durchdringung in der Green Tech Forschung in Thüringen mit dem deutschen bzw. globalen Niveau verglichen werden.



Die Auswertungen zeigen, dass der digitale Durchdringungsgrad der Green Tech Patente in Thüringen noch sehr gering ist. Nur in den Bereichen Erneuerbare Energien (3,1%) sowie Elektromobilität (4,8%) gibt es bereits einen kleinen Anteil an Patenten, die digitale Elemente aufweisen. Damit ist der Anteil in diesen beiden Technologien zwar seit 2010 gestiegen, doch im nationalen bzw. globalen Vergleich schneidet Thüringen unterdurchschnittlich ab (vgl. Abb. 40). Weltweit liegt beispielsweise der digitale Durchdringungsgrad im Bereich Erneuerbare Energien (8,7%) und im Bereich Kreislaufwirtschaft (6,5%) deutlich höher. Auch im deutschen Schnitt liegen die Anteile in fast allen Green Tech Bereichen etwas höher.

Wesentlich höher ist im Vergleich dazu der digitale Durchdringungsgrad in der Thüringer Schlüsseltechnologie Optik / Sensorik. Hier ist der Anteil von 11,8% im Jahr 2010 auf 17,6% im Jahr 2020 gewachsen. Mehr als jedes sechste Optik/Sensorik-Patent ist daher zugleich auch einer der digitalen WIPO oder BAK Technologien zugeteilt. Damit liegt Thüringen in dieser Technologie leicht über dem deutschen Durchschnitt (16,6%), allerdings unter dem globalen Schnitt (23,3%).

**Abb. 37 Digitale Durchdringung der Green Tech Patente in %**



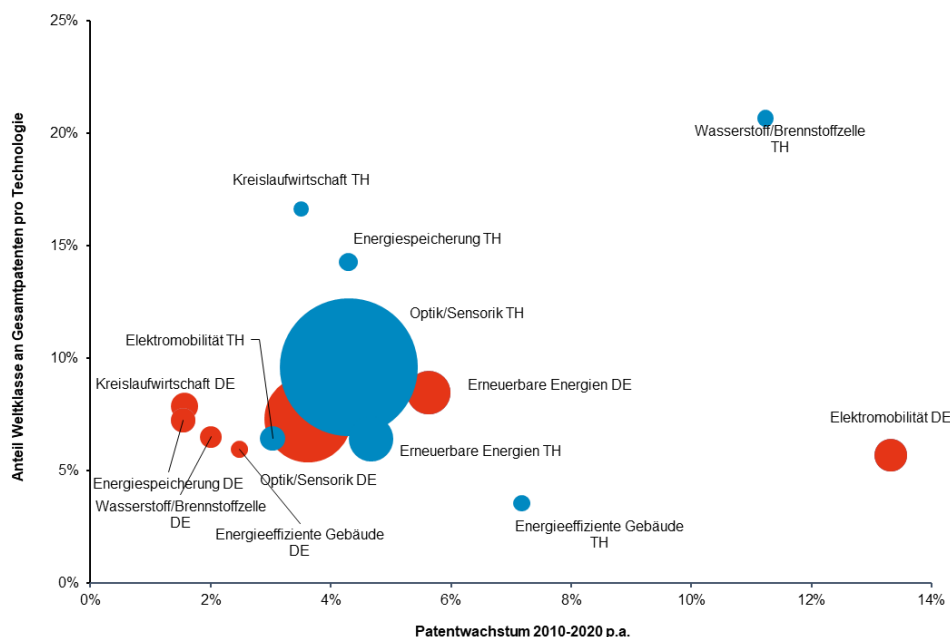
Quelle: BAK Economics, IGE, OECD Regpat

### 2.7.1.10 Fazit Technologieanalyse

Die Nachfrage nach Technologien und Produkten, die zur Klimaneutralität beitragen oder selbst klimaneutral sind, ist weltweit steigend. Das BMU schätzt, dass das globale „grüne“ Marktvolumen von 2020 bis 2030 von 4,6 Bio. EUR auf 9,4 Bio. EUR wächst.<sup>68</sup> Als „grün“ wird dabei der Markt für Technologien, die zur Klimaneutralität beitragen, definiert. Das stärkste Wachstum wird in den Märkten für Produkte im Bereich Energieeffizienz, erneuerbarer Energieversorgung und Nachhaltige Mobilität erwartet.

<sup>68</sup> BMU (2021): GreenTech made in Germany.

Abb. 38 Technologieprofil Green Tech: Thüringen vs. Deutschland



Das Technologieprofil gibt einen Überblick über die wichtigsten Green Tech Felder in Thüringen und ermöglicht einen Vergleich mit der Green Tech Struktur Deutschlands. Y-Achse: Anteil Weltklassepatente an den gesamten Patenten in einer Technologie im Jahr 2020. X-Achse: Wachstum des aktiven Patentbestands pro Technologie im Zeitraum 2010-2020 (pro Jahr in %). Kugel-Größe: Anteil Patentbestand einer Technologie am gesamten Patentbestand in Thüringen bzw. Deutschland im Jahr 2020.

Quelle: BAK Economics, IGE, OECD Regpat

Die Technologieanalyse belegt, dass Thüringen in verschiedenen Green Tech Bereichen über viel Know-how verfügt. Innerhalb der „Erneuerbare Energien“ gilt dies vor allem für die Solarenergie. Zulieferer wie X-Fab oder SCHOTT verfügen teils über Weltklassepatente und sollten vom zukünftigen Photovoltaik-Ausbau profitieren. Trotz des Nachfragepotenzials des Markts für Erneuerbare Energien besteht in diesem Bereich aber ein starker internationaler Wettbewerb und ein hoher Kostendruck. Daher sind die Chancen für ein substantielles Wertschöpfungspotenzial in Thüringen als gering anzusehen.

Ob das hohe Nachfragepotenzial im Bereich „nachhaltige Mobilität“ ausgeschöpft werden kann, hängt von der Transformationsfähigkeit der Thüringer Automobilindustrie ab. In der Elektromobilität gibt es Forschungsaktivitäten in Thüringen. Das Technologieprofil zeigt jedoch, dass das Patentwachstum zwischen 2010 und 2020 im Vergleich zum deutschen Schnitt klar unterdurchschnittlich ausgefallen ist. Das neue Batterieproduktionswerk von CATL könnte aber auch im Forschungssektor für Rückenwind sorgen.

In den Feldern Kreislaufwirtschaft, Energiespeicherung und Wasserstoff/Brennstoffzellen sind die Patentzahlen in Thüringen insgesamt noch recht klein. Der Anteil an Weltklassepatenten ist jedoch in diesen drei Green Tech Kategorien deutlich höher als im deutschen Schnitt. Bei den Wasserstoff/Brennstoffzellen-Patenten war in den letzten Jahren zudem die Patentdynamik sehr hoch. Zwischen 2010 und 2020 hat sich der Patentbestand fast verdreifacht. Thüringen verfügt in der Batterietechnik sowie bei Wasserstoff/Brennstoffzellen unter anderem dank der Universität Jena und Jena Batteries über Spitzenforschung, während das Fraunhofer-Institut IKTS sowie die Unternehmen Schott und MUW im Bereich Carbon Capture vielversprechende Patente besitzen.

Ein Bereich, in dem noch Verbesserungsbedarf in Thüringen besteht, ist die Digitalisierung in der Green Tech Forschung. Die digitale Durchdringung der Green Tech Patente ist in

Thüringen noch auf niedrigem Niveau. Sowohl im deutschen als auch im globalen Schnitt liegt der Anteil an Green Tech Patenten mit digitalen Elementen bereits höher.

Die besten Voraussetzungen, um von der Dekarbonisierung zu profitieren, bestehen in der Optik und Sensorik. Diese Schlüsseltechnologien spielen in vielen Green Tech Feldern bereits eine wichtige Rolle und können auch in zahlreichen anderen Industriebereichen zu einer höheren Ressourceneffizienz beitragen. In diesen Technologien gibt es sehr umfangreiche Forschungsaktivitäten in Thüringen. Fast ein Drittel aller in Thüringen entwickelten Patente sind Optik- bzw. Sensorik-Patente. Im Vergleich dazu liegt der Anteil von Optik/Sensorik an den gesamten Patenten in Deutschland lediglich bei 12,4%. Sowohl hervorragende Forschungsinstitutionen als auch innovative Forschungsunternehmen sind in Thüringen ansässig. Zu nennen sind hier unter anderem Carl Zeiss, Jenoptik, Bosch, X-Fab, die Universität Jena oder das Fraunhofer-Institut IOF.

Zu ähnlichen Ergebnissen, wie die eben dargelegte Technologieanalyse, kommt der Umweltbericht Thüringens. Danach verfügt Thüringen über eine gute marktliche Ausgangsbasis, um Technologien, Komponenten oder Produkte zu liefern, die im Rahmen der Dekarbonisierung in Thüringen und weltweit gefragt sind.<sup>69</sup> Die große Stärke liegt dabei im Kompetenzfeld Verfahrens-, Mess-, Steuer- und Regeltechnik sowie der Sensorik und auch in der Materialentwicklung.

Thüringen kann somit vor allem von der durch die Dekarbonisierung weltweit steigenden Nachfrage nach Produkten und Verfahren aus dem Bereich der Optik und Sensorik profitieren. In diesem Kompetenzfeld gilt es die bereits vorhandenen Stärken weiterhin auszubauen und strategisch zu fördern. Diese kann ansetzen im Bereich der Forschungs- und Innovationsförderung, aber auch im Bereich der Wirtschaftsförderung, und zwar sowohl in der Ansiedlungspolitik als auch in der Außenwirtschaftsförderung und -vermarktung. Da es sich bei der Optik und Sensorik um eine Querschnittstechnologie handelt, ist es sinnvoll die Verknüpfung mit anderen „grünen“ Technologien und der entsprechenden Produktion in Thüringen anzukurbeln. Ein Beispiel wäre z.B. das Feld Recycling, das in Thüringen bisher wenig forschungsstark ist, aber hohes Nachfragepotenzial besitzt, stärker mit der Sensorik zu vernetzen, da die Sensorik im Feld Recycling sowieso zu den Schlüsseltechnologien gehört. Dies könnte die „regionale Wertschöpfungskette“ des Innovationspotenzials der Sensorik mit einem konkreten Anwendungsfeld verlängern. Dabei ist sowohl an Forschung und Entwicklung als auch an die Produktion entsprechender Maschinen und Ausrüstung zu denken.

Zudem ist Thüringen in einigen Nischentechnologien sehr stark, insbesondere in Bezug auf Forschungsexzellenz wie z.B. auf dem Feld der Energiespeicherung, des Carbon Capture oder Wasserstoff/Brennzellenbatterien. Zwar sind deren Wirtschaftspotenziale noch nicht vollständig einzuschätzen, sie verfügen aber über das Potenzial für erfolgreiche Weiterentwicklungen.

Insgesamt zeigte sich eine deutlich geringere digitale Durchdringung der „grünen“ Technologien in Thüringen als global. Mit der fortschreitenden Digitalisierung wird diese Durchdringung aber weiter zunehmen. Um hier nicht abgehängt zu werden, sollte dies gestärkt werden. Beispielsweise könnte es sinnvoll sein, durch überregionale Kooperation das Forschungs- und Innovationsnetzwerke zu erweitern, z.B. mit Regionen mit starker IT-Basis wie z.B. Berlin.

---

<sup>69</sup> Vgl. Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (2019), Umweltwirtschaft in Thüringen. Leitmärkte, Zahlen und Fakten, Erfurt.

## 2.7.2 Aussagen der Expertinnen und Experten



Auch in den Expertengesprächen wurde auf das große Potenzial Thüringens auf dem Gebiet des Maschinen- und Anlagenbaus hingewiesen. Thüringen liefert hier hoch effiziente Komponenten aus dem Gebiet der Sensorik, der Optik und Lasertechnik (z.B. UKP). Thüringen verfügt in diesen Bereichen über eine sehr gute Marktposition. Die Sensortechnik trägt wesentlich zur Energie- und Ressourceneffizienz im Maschinen- und Anlagenbau bei. Sie ermöglicht eine effizientere Gestaltung von Produktions- und Wartungsprozessen sowie des gesamten Lebenszyklus von Maschinen. Sie ist eine wesentliche Technologie zur Dekarbonisierung von Fertigungsprozessen und verfügt deshalb über ein hohes Potenzial, zur industriellen Dekarbonisierung beizutragen und davon zu profitieren. Die Sensorik wird auch die zentrale Technologie sein, um in Zukunft ganzheitlich den CO<sub>2</sub>-Abdruck eines Produktes nachweisen zu können. Hohes Potenzial besteht auch im Bereich der Lasertechnik, in dem Thüringen ebenfalls über Know-how und eine starke Marktposition verfügt.

Neben diesem Schwerpunkt gibt es über die verschiedenen Branchen hinweg Innovationsaktivitäten, Produkte und Dienstleistungen, die sich mit dem Thema Dekarbonisierung und umweltgerechten Wirtschaften beschäftigen. So sind einige thüringische Unternehmen im Bereich der Gebäudetechnik Anbieter von Technologien. Zudem gibt es Unternehmen, die sich mit der IT für intelligente Anwendungen für die Steuerung von Energie- und Stromverbrauchen befassen. Außerdem gibt es in Thüringen Ansätze im Fachgebiet der Baumaterialien, um dort einen Beitrag zur Senkung von CO<sub>2</sub>-Emissionen zu leisten (z.B. alternative Materialien im Betonbau, die weniger CO<sub>2</sub> verbrauchen (Stichworte: Leichtbetonbau, additive Fertigung, optimierte Strukturen, etc.))? Auch gibt es Unternehmen, die auf dem Gebiet des Leichtbaus tätig sind: Ein Beispiel für einen Vorreiter ist die AE Group im Bereich Leichtmetall.

Es wurde zudem darauf hingewiesen, dass es absolut notwendig sei, die großen Transformationsprozesse Dekarbonisierung und Digitalisierung zusammen anzugehen. Die Digitalisierung müsse einen Beitrag zur Dekarbonisierung leisten. Um Energieeffizienz zu erreichen und andere Energieträger zu benutzen, müssten die Prozesse umgestellt werden. Es gibt in Thüringen auch eine Reihe von Firmen und Netzwerken, die IT und Energieeffizienz verbinden wie z.B. IFE GmbH oder smood „smart neighborhood“. Smood ist ein thüringisches Bündnis von 16 Unternehmen, 4 Forschungseinrichtungen und einem Verein, das sich die „intelligente Nachbarschaft“ mit spezialisierten Lösungen für Planung, Energieversorgung und Betrieb von Bestands-Wohnquartieren zum Ziel gesetzt hat.<sup>70</sup> Insgesamt gibt es in Thüringen eine Reihe von Firmen, die sich mit IT-Lösungen und Dekarbonisierung beschäftigen wie z.B. das Start-up Alpha Analytics<sup>71</sup> oder das Unternehmen DAKO, die intelligente Software-Plattformen für die Logistik entwickeln.

---

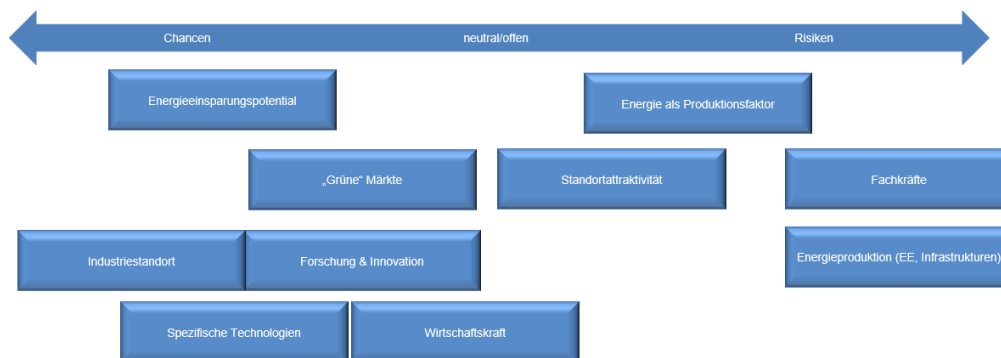
<sup>70</sup> Durch *smood*<sup>®</sup> werden künftig Bestandsquartiere zu einem energetischen Quellen- und Verbraucherverbundsystem mit einem hohen lokalen Selbstversorgungsgrad Erneuerbarer Energien entwickelt. Dies geschieht durch den optimalen Mix von durch die vom *smood*<sup>®</sup>-Team entwickelten Energiebereitstellungs- und Steuerungstechnologien mit geeigneten integrierten Bestandstechnologien (vgl. hierzu <https://www.smood-energy.de/wachstums-kern/konzept/>)

<sup>71</sup> Alpha Analytics ist im industriellen Umfeld tätig und befasst sich mit den Bereichen multivariate Datenanalyse, maschinellem Lernen, und Advanced Analytics. Im Fokus steht dabei die Nutzbarmachung von verschiedenartigen Daten und das Training robuster (Vorhersage-)Modelle basierend auf diesen Daten mit dem Ziel, Erkenntnisse über innere Zusammenhänge zu gewinnen und zukünftiges Verhalten oder Entwicklungen (z.B. Qualität eines Produkts basierend auf Produktionsprozess-Daten) abzuschätzen.

## 2.8 Chancen-Risiko-Profil

Die in Kapitel 2 analysierten Bereiche zeigen die spezifischen Stärken und Schwächen in jedem der Themenfelder auf. Diese lassen sich unter Berücksichtigung der Notwendigkeit der Dekarbonisierung des Wirtschaftsstandortes in ein Chancen-Risiko-Profil überführen. Am rechten Rand sind Bereiche angesiedelt, die für die Dekarbonisierung Engpassfaktoren darstellen könnten. In der linken Hälfte jene Felder, in welchen Thüringen eine gute Ausgangslage besitzt und im Rahmen der Dekarbonisierung Chancen genutzt werden könnten.

Abb. 39 Chancen-Risiko-Profil Thüringen



Quelle: BAK Economics.

Den bedeutendsten Engpassfaktor für den Transformationsprozess stellt **die Verfügbarkeit aus erneuerbaren Energien importierten oder in Thüringen produzierten Stroms und grünen Wasserstoffs für die Unternehmen** dar. Zwar hat die Produktion von Erneuerbaren Energien zugenommen, aber zwei Drittel des Endverbrauches sind immer noch von fossilen Energieträgern abhängig. Um die Dekarbonisierung der thüringischen Industrie zu ermöglichen, benötigt es ausreichend „grünen“ Strom sowie alternative Energieträger (z.B. „grünen“ Wasserstoff) mit entsprechenden Infrastrukturen. Dabei bleibt abzuwägen, wieviel grüner Strom und Wasserstoff in Thüringen selbst produziert (und ggf. exportiert) oder alternativ importiert wird. Thüringen liegt an zahlreichen Transferleitungen, die für eine Transformation genutzt werden könnten. Um einige Produktionsprozesse CO<sub>2</sub>-neutral zu gestalten, werden Carbon Capture Verfahren notwendig werden, die ebenfalls auf entsprechende Infrastrukturen angewiesen sind. Nur wenn es gelingt, die Produktion von Strom aus erneuerbaren Energien in Thüringen und in Deutschland insgesamt massiv zu steigern und benötigte Infrastrukturen bereitzustellen, ist eine erfolgreiche Transformation möglich. Andernfalls drohen ausbleibende Investitionen, Betriebsstilllegungen sowie Verlagerungen von Unternehmen oder Unternehmensteilen (z.B. in osteuropäische Länder mit Atomstrom). Für einen erfolgreichen Transformationsprozess benötigt es daher einen *Ausbau der Erneuerbaren Energien* auch in Thüringen z.B. durch vermehrte Flächenausweisungen. Eng verknüpft ist damit auch die *Beschleunigung von Planungs- und Genehmigungsverfahren*, um den Ausbau der Erneuerbare Energien in Deutschland und Thüringen zu ermöglichen und anzutreiben, aber auch um den notwendigen Ausbau von Infrastrukturen/Netzen zu forcieren. Ebenfalls in Zusammenhang mit dem Ausbau der Erneuerbare Energien steht der *Ausbau des alternativen Energieträgers Wasserstoff*, wobei hier sowohl substitutive Beziehungen – „grüner“ Wasserstoff kann u.U. fehlende regionale EE-Verfügbarkeit kompensieren – als auch komplementäre Beziehungen möglich sind, wenn (zeitweise) „überschüssiger“ EE-Strom, der nicht ins Netz eingespeist werden kann, in Form von „grünem“ Wasserstoff gespeichert wird.

In Thüringen werden fünf Prozent der Bruttowertschöpfung von sehr energieintensiven Branchen erwirtschaftet. Diese Unternehmen sind zum einen gefordert, ihre Produktionsprozesse energieeffizienter oder klimaneutral bzw. klimaschonender zu gestalten (siehe Energieeinsparungspotenzial). Zum anderen sind sie aber auf wettbewerbsfähige Energiepreise und Verfahren angewiesen. Stark steigende Energiepreise (wie durch den Ukraine-Krieg) belasten die energieintensiven Branchen erheblich, vor allem weil kurzfristig teilweise wenig Reaktionsmöglichkeiten bestehen (**Standortfaktor Energie**) und in einigen Branchen eine hohe technische Abhängigkeit von Gas besteht. Dies kann dazu führen, dass Investitionen ausbleiben oder Betriebe stillgelegt werden. Zudem besteht Unsicherheit über die Verfügbarkeit und Struktur der zukünftigen „nicht-fossilen“ Energieversorgung, was die Unternehmen davon abhält, jetzt (Investitions-) Entscheidungen zu fällen. Durch eine solche Verzögerung könnten sie den notwendigen Wandel verpassen und ihre Wettbewerbsfähigkeit aufs Spiel setzen. Neben dem forcierten *Ausbau von Erneuerbaren Energien* auch in Thüringen und dem Aufbau einer Versorgung mit *Wasserstoff* benötigt der anstehende Transformationsprozess aber auch neue Formen der Governance. Damit die Unternehmen auf klimaneutrale bzw. klimaschonende Energie und Produktionsverfahren umstellen können, benötigen sie Planungssicherheit bzgl. der Verfügbarkeit von nicht-fossilen Energieträgern. Aufgrund der vielen Akteure, die in einen solchen Transformationsprozess involviert sind – von Unternehmen, Energieversorger, Netzbetreiber und Behörden – benötigt es einen „strukturierten Dialog“ der Beteiligten und die erforderlichen Aktionen zu priorisieren, abzustimmen und umzusetzen. Da diese Umstellungsprozesse erhebliche *betriebliche Investitionen* benötigen, sind diese teilweise nur mit staatlichen Fördermitteln zu bewerkstelligen. Dabei ist hier darauf zu achten und hinzuwirken, dass Förderprogramme vor allem auch auf mittelständische Unternehmen und sogenannte „Mid-Caps“ zugeschnitten werden.

Die derzeitigen hohen Energiepreise erhöhen den Anreiz für die Umstellung auf treibhausgasärmere Verfahren und generell zur Steigerung der **Energieeffizienz**. Für einige Unternehmen haben die Themen Energieversorgung, -effizienz und Reduktion der Emission von Treibhausgasen (THG) mit der Perspektive einer treibhausgasneutralen Produktion bereits eine hohe Priorität. In der Breite der Unternehmen besteht jedoch noch erhebliches Potenzial in der Energieeinsparung, womit neben einem Beitrag zur Dekarbonisierung über die Reduktion der Kosten auch Wettbewerbsvorteile realisiert werden können. Zudem wird es in Zukunft darum gehen, nebst den direkten Emissionen (Scope 1), und den Emissionen aus bezogener Energie (Scope 2) auch weitere indirekte Emissionen (Scope 3) zu reduzieren, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Derzeit bestehen bereits zahlreiche Förderinstrumente. Die derzeitigen *Förderstrukturen und -politiken* gilt es *weiterzuentwickeln* z.B. durch die Weiterentwicklung der ThEGA, indem Austauschplattformen für Unternehmen zu Thema Dekarbonisierung zur Verfügung gestellt werden.

Thüringen weist eine hohe allgemeine **Standortattraktivität** für Unternehmen auf, allerdings gibt es einige Infrastrukturdefizite (öffentlicher Verkehr und Digitalisierung im ländlichen Raum), die es zu reduzieren oder idealerweise zu beheben gilt. Der Ausbau des öffentlichen Verkehrs trägt sowohl zur Steigerung der Standortattraktivität als auch zur Senkung der Treibhausgasemissionen des Verkehrs bei.

Eine wesentliche Herausforderung für die Transformation – und die Wirtschaft insgesamt – ist der **Fachkräftemangel**. Der in Deutschland insgesamt feststellbare Fachkräftemangel ist in Thüringen aufgrund der durch lange Zeit negative Wanderungssalden verstärkten demographischen Entwicklung besonders ausgeprägt und betrifft bereits alle Qualifikationsstufen.<sup>72</sup> Die Situation und auch die Auswirkungen auf die Wirtschafts-

---

<sup>72</sup> TMWWDG (2021): Digitalisierung. Dekarbonisierung. Demografie. Wandel gestalten. Thüringer Mittelstandsbericht, Erfurt, Abschnitt Arbeitsmarkt und Fachkräfte. S. 53.

entwicklung seit dem Jahr 2015 werden in dem im Auftrag des TMWWDG erstellten Mittelstandsbericht für den Zeitraum 2015-2020 ausführlich analysiert.<sup>73</sup> Die Herausforderung, Fachkräfte zu halten und anzuziehen, ist zentral für alle Bereiche der Thüringer Wirtschaft<sup>74</sup>. Mit Blick auf die Dekarbonisierung wird es zu einer zusätzlichen Nachfrage nach Fachkräften mit spezifischen Qualifikationen komme.<sup>75</sup> Das Gelingen der Transformation wird wesentlich von der Verfügbarkeit entsprechender Fachkräfte abhängen. Die Bewältigung des Strukturwandels ist gerade auch für das System der beruflichen Aus- und Weiterbildung eine große Herausforderung<sup>76</sup>. Für Thüringen gilt im Besonderen, dass Thüringen seine Attraktivität als Ort zum Arbeiten und zum Leben für Fachkräfte aus dem In- und Ausland auch in der Außenwahrnehmung steigern muss. Vor dem Hintergrund der Zielsetzung dieser Studie, vorliegender Analysen insbesondere im oben bereits erwähnten Mittelstandsbericht sowie dort auch formulierter Handlungsempfehlungen wird das Thema hier nicht weiter vertieft.

Der Mangel an Arbeitskräften macht sich bereits in einer rückläufigen Beschäftigung bemerkbar und führt zu einer unterdurchschnittlichen Wachstumsperformance der Thüringer Wirtschaft insgesamt (**Wirtschaftskraft**). Die Wirtschaftskraft Thüringens liegt unterhalb des deutschen und westeuropäischen Durchschnitts und auch die Arbeitsproduktivität ist unterdurchschnittlich. Gegenüber den osteuropäischen EU-Ländern besteht allerdings ein deutlicher Vorsprung in Bezug auf Wirtschaftskraft und Produktivität. Insgesamt lässt sich eine deutliche Zunahme der Arbeitsproduktivität in Thüringen feststellen.

Thüringen ist ein diversifizierter **Industriestandort**, der auch in Hochtechnologiebranchen wie der Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, optischen und sensorischen Geräten spezialisiert ist. Außerdem sind zahlreiche Fahrzeughersteller, vor allem Automobilzulieferer, in Thüringen angesiedelt. Diese sind zwar von der Umstellung auf Elektromobilität stark gefordert, aber es gibt auch Branchen im Bereich der Metall- (Aluminium) oder Kunststoffindustrie, die ebenfalls Zulieferer im Automobilbereich sind. Sie könnten gegebenenfalls von der Umstellung profitieren, da die Nachfrage nach ihren Materialien eher zunehmen wird.<sup>77</sup> Die starke Industriebasis Thüringen bildet insgesamt ein solides Fundament, um von den Chancen, die die Dekarbonisierung bietet, zu profitieren.

Eine breit aufgestellte Hochschul- und Forschungslandschaft bildet eine solide Basis für **Forschung und Innovation** im Freistaat. Hervorzuheben ist dabei die gute Übereinstimmung der wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Schwerpunkte, auch in Hinblick auf die in der Dekarbonisierung relevanten Themenfelder. Herausfordernd ist allerdings die Unternehmensstruktur, da viele Unternehmen aufgrund ihrer geringen Größe nur eine kleine oder keine eigenen Forschungsabteilungen bzw. -budgets haben, größere Unternehmen oft Produktionsstätten sind und es Großunternehmen, die in Thüringen zentrale Funktionen wie auch FuE lokalisiert haben, nur in vergleichsweise kleiner Zahl gibt. Dies stellt ein ernst zu nehmendes Hindernis für eine Steigerung der Innovationsaktivitäten im Unternehmenssektor und insbesondere die Umsetzung von Innovationserfolgen in der Breite der Produktion dar. Hier gilt es vorhandene Stärken und den Wissenstransfer weiter auszubauen sowie die *Vernetzung und das gegenseitige Wissen über Stärken und Möglichkeiten zu festigen*.

---

<sup>73</sup> TMWWDG (2021): Digitalisierung. Dekarbonisierung. Demografie. Wandel gestalten. Thüringer Mittelstandsbericht, Erfurt, Abschnitt Arbeitsmarkt und Fachkräfte, S. 52-53.

<sup>74</sup> TMWWDG (2021): Digitalisierung. Dekarbonisierung. Demografie. Wandel gestalten. Thüringer Mittelstandsbericht, Erfurt, Abschnitt Mittelstandspolitische Paritäten, S. 106.

<sup>75</sup> TMWWDG (2021): Digitalisierung. Dekarbonisierung. Demografie. Wandel gestalten. Thüringer Mittelstandsbericht, Erfurt, Abschnitt Mittelstandspolitische Paritäten, S. 109

<sup>76</sup> TMWWDG (2021): Digitalisierung. Dekarbonisierung. Demografie. Wandel gestalten. Thüringer Mittelstandsbericht, Erfurt, Abschnitt Mittelstandspolitische Paritäten, S. 108

<sup>77</sup> TMWWDG (2018): Wege zur Zukunftsfähigkeit der Automobilzuliefererindustrie in Thüringen.



Eine bedeutende exportorientierte Umweltwirtschaft ist in Thüringen vertreten. Der Freistaat besitzt umfangreiches Know-how in der Sensorik, Optik, Lasertechnik mit breiter Forschungsbasis. Vor allem im Bereich Anlagen- und Maschinenbau ist Thüringen als Lieferant von Komponenten für energie- und ressourceneffiziente Produktionsverfahren sehr gut positioniert. Diese Investitionsgüter/Technologien werden im Zuge der Dekarbonisierung weltweit nachgefragt. Thüringen hat damit gute Chancen vom weltweit notwendigen Transformationsprozess hin zu „grünere“ Produkten zu profitieren (**„grüne“ Märkte**). Zudem gibt es über verschiedene Branchen hinweg Know-how, Produkte und Dienstleistungen, die zur Dekarbonisierung in Thüringen und weltweit beitragen können.

Aufgrund nicht bzw. nur teilweise bepreister Klimakosten bestehen derzeit Wettbewerbsverzerrungen zwischen klimaneutralen bzw. klimaschonenden und nicht dekarbonisierten Produkten. Allerdings besteht eine Nachfrage nach klimaschonenden Produkten und auch teilweise eine höhere Zahlungsbereitschaft. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, die Thüringer Unternehmen dabei zu unterstützen voranzugehen, um First-Mover-Vorteile nutzen zu können. Dies kann beispielsweise über die *Innovationsförderung über Förderung von betrieblichen Investitionen bis hin zu Projekten zu Labelling oder Produktzertifizierungen* geschehen.

Im Bereich **„grüne“ Technologien** gibt es in Thüringen bereits viel Know-how und Forschungsexzellenz (Solarenergie, Carbon Capture, Teilen der Batterieforschung). In den Feldern Kreislaufwirtschaft, Energiespeicherung und Wasserstoff/Brennstoffzellen sind die Patenzahlen in Thüringen insgesamt zwar recht klein. Der Anteil an Weltklassepatenten ist jedoch in diesen drei Green Tech Kategorien deutlich höher als im deutschen Durchschnitt. Die besten Voraussetzungen, um von der Dekarbonisierung zu profitieren, bestehen jedoch in der Optik und Sensorik. Neben dem direkten Potenzial dieser Industrie spielen Optik und Sensorik als Schlüsselkompetenzen in vielen weiteren Green Tech Feldern eine wichtige Rolle. So kann diese Stärke in Thüringen in zahlreichen anderen Industriebereichen eingesetzt werden, entweder um zu einer höheren Energie- und Ressourceneffizienz beizutragen und die Produkte damit fit für „grüne“ Märkte zu machen oder aber, um anderenorts Produkte zu ermöglichen, welche zur Energie- und Ressourceneffizienz beitragen (beispielsweise im Maschinen- oder im Fahrzeugbau). Die Voraussetzungen in Thüringen zur Bildung bzw. Stärkung „grüner“ Technologien/Produkte sind grundsätzlich vorhanden – von einer breiten Basis im Bereich Umweltwirtschaft, Optik und Sensorik als Schlüsseltechnologien sowie einer dazu passenden Hochschul- und Forschungslandschaft bis zu einer ausgeprägten Förderlandschaft über RIS Thüringen, Unternehmenscluster (OptoNet, oder SpectroNet) hin zur Exportförderung. Thüringen kann hier auf den *bestehenden Stärken und Instrumenten aufbauen und diese weiterentwickeln* sowie *vereinzelte Lücken* schließen.

## 3 Szenarioanalysen

### 3.1 Ausgangssituation und Vorgehen

Die bisherigen Analysen zeigen umfassend auf, in welcher Lage sich die Thüringer Wirtschaft befindet und welche Chancen, aber auch Risiken sich durch die Dekarbonisierung ergeben. Bereits die Dekarbonisierung selbst ist ein ausgesprochen dynamischer Prozess, der mit hohen Unsicherheiten behaftet ist. Dies zeigt sich auch anhand der derzeitigen Veränderungen der geopolitischen Rahmenbedingungen. Mit den vielfältigen wirtschaftlichen Folgen der Dekarbonisierung steigt die Komplexität der zu untersuchenden Zusammenhänge nochmals erheblich an.

Der notwendige Umbau der Wirtschaft bringt hohe Kosten und erhebliche Risiken mit sich, beispielsweise die Gefahren eines Verlusts an Wettbewerbsfähigkeit oder der Deindustrialisierung. Gleichzeitig sind, wie gezeigt wurde, dem Prozess jedoch auch substanzielle Chancen inhärent. So entstehen neue, „grüne“ Märkte, und auf manchen etablierten Märkten nimmt die Nachfrage zu.

Ein solcher regionaler Strukturwandel ist ein komplexer Prozess, der von vielen verschiedenen Faktoren beeinflusst wird. Allein der Transformationsprozess der Dekarbonisierung ist von zahlreichen Einflüssen abhängig wie z.B.

- Verfügbarkeit von „nicht-fossilen“ Energieträgern und geopolitisches Umfeld  
Die Dekarbonisierung und ihre Folgen in der Wirtschaft werden stark von der Verfügbarkeit und den Kosten alternativer Energieformen angetrieben. Diese hängen wiederum auch stark von geopolitischen Entwicklungen und globalen Entscheidungen ab.
- Technischer Fortschritt  
Welche Folgen die Dekarbonisierung hat, hängt vom technischen Fortschritt ab. Er bestimmt Verfügbarkeit und Preis alternativer Energiequellen mit, steuert die Anpassungsfähigkeit der Unternehmen über Energieeffizienz und neue Produktionsprozesse und ermöglicht die Nutzung von Marktchancen mit neuen Lösungen und Produkten.
- Politische Rahmenbedingungen  
Die Politik beeinflusst den Strukturwandel stark über den regulatorischen Rahmen, aber auch über die Auswahl von Förderinstrumenten genauso wie durch die Gestaltung der allgemeinen Standortbedingungen (z.B. Bildung, Forschungslandschaft, Attraktivität für Fachkräfte).
- Konkurrenten  
Der Strukturwandel wird im Ergebnis auch maßgeblich durch die Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft angetrieben und bestimmt. Für Investitionsentscheidungen und Absatzchancen sind auch Entwicklungen in den Konkurrenzstandorten relevant.
- Unternehmensentscheidungen  
Der Strukturwandel ist letztlich der aggregierte Effekt von zahlreichen Unternehmensentscheidungen.

Was bedeutet der Prozess der Dekarbonisierung für die wirtschaftliche Entwicklung und den Strukturwandel in Thüringen? Dieser wird in den kommenden Jahren maßgeblich von der Dekarbonisierung, der Bewältigung der damit verbundenen Herausforderungen sowie der Ergreifung der daraus resultierenden Chancen abhängen. In diesem Kapitel wird illustrativ der Frage nachgegangen, wie der entsprechende Strukturwandel aussehen könnte und welche Konsequenzen unterschiedliche Entwicklungspfade in der Dekarbonisierung für Thüringen haben könnten.

Wie bereits die kurze, nicht abschliessende Auflistung oben zeigt, handelt es sich bei dem durch die Dekarbonisierung ausgelösten Strukturwandel um einen komplexen und vielfältig beeinflussten Prozess. Es ist im Rahmen der vorliegenden Analyse nicht möglich, alle diese Faktoren umfassend und abschliessend zu untersuchen. Ziel dieses Abschnitts ist es vielmehr, qualitativ und quantitativ zu illustrieren, mit welchen strukturellen Veränderungen in der Thüringer Wirtschaft im Zuge der Dekarbonisierung gerechnet werden könnte und wie sich unterschiedliche Entwicklungen im Rahmen der Dekarbonisierung auf den Strukturwandel in Thüringen auswirken könnten. Damit wird verdeutlicht, wie stark die Folgen der Dekarbonisierung je nach Rahmenbedingungen variieren können. Hierfür wird die Methodik der Szenarioanalyse verwendet: Es werden die Auswirkungen exogen vorgegebener Schocks auf die Wirtschaft Thüringens berechnet, wobei für alle andere Faktoren die *ceteris paribus* Annahme gilt – alle weiteren Faktoren wie beispielsweise das weltwirtschaftliche Umfeld oder die politischen Rahmenbedingungen bleiben unverändert. Es wird konditional mittels der Annahmen des jeweiligen Szenarios aufgezeigt, wie sich die Wirtschaftsstrukturen in Thüringen im Rahmen der Dekarbonisierung bis ca. 2035 wandeln könnten.

Dabei konzentriert sich die Analyse auf einen der im Zuge der Dekarbonisierung zentralen Faktor, die Entwicklung der Energiepreise. Die verschiedenen Entwicklungen der Energiepreise stellen den zentralen Unterschied zwischen den Szenarien dar. Für die unterschiedlichen Entwicklungen der Energiepreise werden dabei plausible, in der aktuellen Literatur abgestützte Vorgaben getroffen, welche letztendlich für die Simulationsrechnung jedoch reine Annahmen darstellen und als exogene Schocks fungieren.

Grundsätzlich ließen sich auch andere Einflussfaktoren zwischen den Szenarien variieren, hiervon wird jedoch abgesehen. Einerseits würden zu viele Variationen zwischen den Szenarien das Verständnis und die Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse nur erschweren und somit den Erkenntnisgewinn eher reduzieren als erhöhen. Andererseits ist es – anders als im Bereich der Energiepreise – bei vielen der übrigen Faktoren nur schwer möglich, plausible und auf die Forschung abgestützte Annahmen zu unterschiedlichen Entwicklungen und ihren quantitativen Auswirkungen auf die Entwicklung einzelner Wirtschaftsbereiche bzw. Branchen herzuleiten. Letztendlich stellen die Energiepreise einen Faktor dar, in dem sich viele verschiedene Einflüsse, die im Rahmen der Dekarbonisierung auftreten, kumulieren.

Die Ergebnisse sind demzufolge nicht als Prognosen für die Entwicklung bis 2035 zu interpretieren.<sup>78</sup> Für die Berechnungen werden zahlreiche Annahmen<sup>79</sup> getroffen. Andere Faktoren und Veränderungen, die mit der Dekarbonisierung verbunden sind, bleiben jedoch unberücksichtigt bzw. unverändert. Die Szenarioresultate sollten als eine Illustration der möglichen Entwicklungsachsen verstanden werden, und nicht als Punktprognosen für den Zustand im Jahr 2035 (siehe dazu Exkurs S. 79).

Für diese Szenarioanalyse werden zunächst im nachfolgenden Abschnitt 3.2 drei mögliche Entwicklungspfade für die Energiepreise diskutiert, welche dann als grundlegende Annahme für die weitere Analyse dienen. Welche Konsequenzen sich daraus für die Wirtschaft Thüringens ergeben, wird anschließend dargestellt. Die für die quantitative Einordnung der Folgen angewandte Modellierung konzentriert sich dabei auf die beiden wichtigsten Faktoren: Einerseits auf die Reaktionen der Unternehmen in Thüringen auf die Energiepreisentwicklung und die damit verbundenen Veränderungen ihrer Wettbewerbsposition. Dies wird anhand der entsprechenden Elastizitäten modelliert.

---

<sup>78</sup> Dies gilt obwohl als Ausgangsbasis für die Szenariorechnungen eine konkrete Prognose verwendet wurde (siehe Modellbeschreibung in Kap. 3.3/Anhang 5.4).

<sup>79</sup> Diese sind nachfolgend in der Modellbeschreibung und im zugehörigen Anhang 5.4 zum Simulationsmodell dokumentiert.

Andererseits werden die Konsequenzen für die innerhalb Thüringens bestehenden Lieferketten mit einbezogen: Ein verändertes Aktivitätsniveau einer Branche kann Konsequenzen auch für zahlreiche andere (Zuliefer-) Branchen haben. Diese Analyse stützt sich auf die Input-Output-Betrachtung ab. Das Vorgehen und die dabei notwendigen Annahmen werden kurz in Abschnitt 3.3 vorgestellt. Abschnitt 3.4 zeigt auf, welche strukturellen Verschiebungen sich in der Thüringer Wirtschaft ergeben könnten, und diskutiert deren Folgen.

---

### Exkurs: Interpretation von Szenarien vs. Prognosen

Die Szenarien dürfen nicht als Prognosen verstanden werden. Die jeweilige Ausgangslage eines Szenarios ist keine Prognose für die zukünftige Entwicklung, sondern „nur“ ein plausibler Zukunftspfad unter bestimmten Rahmenbedingungen und Annahmen. Es ist nicht das Ziel einer Szenarioanalyse, eine exakte Prognose für die Ausgangslage zu erstellen. Vielmehr soll sie mögliche Entwicklungspfade im Sinn eines „was wäre, wenn“ verdeutlichen – was könnten die Folgen sein, wenn die getroffenen Annahmen zur Entwicklung der Energiepreise eintreten würden. Solange die dabei unterstellten Preisentwicklungen einen möglichen und plausiblen zukünftigen Entwicklungspfad reflektieren, verdeutlicht die Szenarioanalyse die Folgen dieses Entwicklungspfad für die Thüringer Wirtschaft. Dies dient zur Illustration der Folgen, die unter bestimmten Annahmen eintreten würden, und um die Konsequenzen bestimmter Entscheidungen und Entwicklungen besser verständlich zu machen, auch im Sinn von kausalen Abhängigkeiten.

Die Szenarioanalyse wurde hier gewählt, um quantitativ fundiert die möglichen unterschiedlichen Entwicklungspfade für die Thüringer Wirtschaft gegenüberzustellen. Bei der Interpretation sind daher die Differenzen zwischen den Szenarien, in Abhängigkeit der angenommenen Unterschiede in der Energiepreisentwicklung, besonders wichtig. Die jeweiligen Niveaus in den einzelnen Szenarien sind zwar ebenfalls von Interesse, müssen jedoch mit einer gewissen Vorsicht interpretiert werden.

---

## 3.2 Szenarien zur Energiepreisentwicklung

Die zukünftige Entwicklung der Energiepreise wird seit Jahren ausführlich diskutiert und es liegen zahlreiche Analysen, Projektionen und Szenarioberechnungen vor. Allerdings hat die Entwicklung der letzten zwei Jahre und insbesondere seit dem 24. Februar 2022 viele dieser Analysen zumindest in quantitativer Hinsicht obsolet gemacht. Der massive Anstieg der Energiepreise und die nun absehbaren Veränderungen und insbesondere die Beschleunigung der zukünftigen Anpassung der Energieversorgung lassen ältere Analysen als wenig geeignete Grundlage erscheinen, um aktuelle Szenarien zu definieren. Wir fokussieren bei der Herleitung der Szenarien daher auf zwei besonders aktuelle Quellen. Dies ist zum einen eine detaillierte Analyse des Energiewirtschaftlichen Instituts an der Universität Köln (ewi) zu „Szenarien für die Preisentwicklung von Energieträgern“ vom August 2022.<sup>80</sup> Zum anderen werden die monatlich aktualisierten Prognosen im

---

<sup>80</sup> Die „Szenarien für die Preisentwicklung von Energieträgern“ wurde in kurzem Zeitrahmen nach den aktuellen Entwicklungen im Frühjahr 2022 bis im August 2022 erstellt. Dies bedeutet, dass nicht alle inzwischen sichtbaren Entwicklungen bereits vollständig einfließen konnten. Auch waren bei den Berechnungen zahlreiche Annahmen und eine Reihe von methodischen Vereinfachungen notwendig. So stellt sich an gewissen Punkten auch die Frage der politischen Durchsetzbarkeit der dort modellierten Szenarien mit teils erheblichen Preisunterschieden zwischen den Energieträgern. Dennoch erscheint uns dies die am besten geeignete Quelle, um die exogenen Vorgaben der Energiepreisentwicklung in Thüringen bis 2035 in den verschiedenen Szenarien zu bestimmen. So ist die ewi-Studie die einzige umfassende Quelle mit Energiepreisszenarien für Deutschland, welche die aktuellen Entwicklungen im Jahr 2022 bereits mit aufgreift. Zum andern kommt dem Vorgehen in Simulationsrechnungen entgegen, dass die Energiepreise zwischen den Szenarien und auch zwischen den Energieträgern stark variieren – so können die Szenarioresultate in ihrer Spannweite aufzeigen, welche

Rahmen des Weltmodells von BAK Economics mit dem Partnerinstitut Oxford Economics (OE), welches auch energiewirtschaftliche Variablen wie Energiekosten enthält, herangezogen.

Für die Szenarien entwickeln wir ausgehend von der heutigen Situation und basierend auf den oben genannten Quellen zunächst einen möglichen Entwicklungspfad, der sowohl die Energiepreise wie auch darauf abgestimmt die Entwicklung der Thüringer Wirtschaft umfasst. Dieser Entwicklungspfad bildet das Szenario 1 ab: das sogenannte Basisszenario. Anschließend wird in zwei weiteren Szenarien untersucht, welche Auswirkungen mögliche Abweichungen vom Entwicklungspfad des Basisszenarios auf die Thüringer Wirtschaft haben könnten. Der Analysezeitraum umfasst dabei gut 10 Jahre, das heißt die Entwicklung bis 2035.

Aus heutiger Sicht (Herbst 2022) lassen sich einige Erwartungen an die weitere Entwicklung ableiten. So haben die Entwicklungen des Jahres 2022 die Geschwindigkeit der zu erwartenden Energiewende klar beschleunigt. Dies gilt in besonderem Maße für die Seite der Energienachfrage: Im Vergleich mit der Situation noch vor 12 Monaten ist mit einer deutlich schnelleren Elektrifizierung zu rechnen, gerade auch in der Produktion. Hierzu tragen nicht nur die Energiewende und die Dekarbonisierung bei, sondern auch die aus geopolitischen Gründen stark gestiegenen Energiekosten für fossile Energieträger. Auch wenn somit die Ursache nicht oder nicht nur in dem Ziel der Dekarbonisierung liegt, werden die höheren Preise die Umsetzung der Dekarbonisierung mitbestimmen bzw. beschleunigt sichtbar machen.

Gleichzeitig sinkt durch die geopolitische Situation das Angebot des Energieträgers Gas. Es ist davon auszugehen, dass Deutschland und Europa auf längere Sicht aus Russland kein Erdgas mehr erhalten bzw. beziehen werden. Das effektiv zur Verfügung stehende Angebot geht entsprechend zurück, was – je nach Entwicklung der Nachfrage – gerade die Preise für Erdgas hochhalten wird. Flankiert werden diese Haupttrends von einem anhaltenden technischen Fortschritt, der unter anderem auch die Elektrifizierung in verschiedenen Themenfeldern erlaubt. Der technische Fortschritt unterstützt aber auch die Nutzung von Energieeffizienzpotenzialen und den Ausbau der Erneuerbaren Energien. Gerade letzteres, der Ausbau der Erneuerbaren Energien, wird durch die regulatorischen Rahmenbedingungen jedoch auch wieder limitiert.

---

unterschiedlichen wirtschaftlichen Entwicklungspfade im Strukturwandel in der Thüringer Wirtschaft möglich sind, je nach Entwicklung der Energiepreise bzw. mit Umsetzung der Dekarbonisierung. Dabei ist es explizit nicht der Anspruch, dass alle Szenarien gleich plausibel oder wahrscheinlich sind. Abschließend sei auch nochmals darauf verwiesen, dass die Energiepreise für das Simulationsmodell exogene Annahmen darstellen. Die Simulationsergebnisse sagen etwas darüber aus, wie sich die Thüringer Wirtschaft verändern könnte, wenn diese Annahmen zutreffen.

Das **Basisszenario** ist somit zusammenfassend geprägt durch:

- Ein durch Energieknappheit und Bewusstseinswandel beschleunigter Trend zur Elektrifizierung und einer dadurch sinkenden Erdgasnachfrage;
- Keine Erdgaslieferungen aus Russland;
- Einem anhaltenden technischen Fortschritt;
- Ein anhaltender, aber nicht beschleunigter Ausbau der Produktionskapazitäten mit Erneuerbaren Energien;
- Der Ausbau der Erneuerbaren Energien reicht nicht aus, um die zusätzliche Nachfrage durch die Elektrifizierung vollständig zu decken.

Infolge der sich aus diesen Annahmen ergebenden Diskrepanz zwischen Nachfrage- und Angebotsentwicklung auf dem Energiemarkt ist mit einem anhaltenden Druck nach oben auf die Preise zu rechnen. Dies gilt namentlich für den nachfolgend verwendeten Energiepreisindex, der die Preise der verschiedenen Energieträger gemäß dem Mix ihres Einsatzes kombiniert. Haupttreiber der Preisentwicklung innerhalb dieses Energiepreisindex ist dabei der Strompreis, welcher durch die beschleunigte Elektrifizierung, und damit einhergehend steigende Nachfrage, unter Druck kommt. Die damit einhergehend steigende Nachfrage kann durch den (zu) langsamen Ausbau der Produktionskapazitäten insbesondere der Erneuerbaren Energien nur unvollständig kompensiert werden. Gleichzeitig ergibt sich jedoch eine weniger angespannte Situation für die separat betrachteten Gaspreise: Mit der beschleunigten Elektrifizierung geht die Nachfrage nach Gas zurück, wodurch das sinkende Gasangebot durch das Ausbleiben russischer Lieferungen ausgeglichen wird. Dieses Basisszenario ließe sich als Entwicklung gekennzeichnet durch **„zügige Elektrifizierung mit allmählichem EE-Ausbau“** bezeichnen.

Für die beiden alternativen Szenarien wird je in einer zentralen Annahme vom Basisszenario „zügige Elektrifizierung mit allmählichen EE-Ausbau“ abgewichen. Für ein Szenario wird angenommen, dass nach Abklingen der aktuellen Preisspitzen das Verhalten bezüglich der Elektrifizierung in die Muster von vor der Krise zurückfällt. Der Trend zur Elektrifizierung würde zwar ebenfalls anhalten, aber langsamer voranschreiten als im Fall des Basisszenarios. Als Folge sinkt der nachfragebedingte Preisdruck auf die Strompreise. Gleichzeitig steigt jedoch relativ die Nachfrage nach Gas bzw. die Nachfrage nach Gas geht weniger schnell zurück. Der Gaspreis bleibt daher auf einem hohen Niveau. Dieses Szenario 2 könnte durch **„allmähliche Elektrifizierung mit anhaltend hoher Erdgasnachfrage“** charakterisiert werden.

Das dritte Szenario weicht in den Annahmen zum Ausbau der Erneuerbaren Energien vom Basisszenario ab, und wird als **„zügige Elektrifizierung mit forciertem EE-Ausbau“** charakterisiert. Hier wird angenommen, dass abweichend vom Basisszenario der Ausbau der Erneuerbaren Energien beschleunigt vonstattengeht, so dass das Angebot an Strom mit der durch die Elektrifizierung steigenden Nachfrage mithalten kann. Da wir bei den Folgen für die Wirtschaft Thüringens auf die Wirkungen der Energiepreise fokussieren, spielt es für das Szenario keine Rolle, warum oder wo die Erneuerbaren Energien stärker ausgebaut werden, solange die Energie in Thüringen zur Verfügung steht. Es wäre hier also sowohl ein Ausbau in Thüringen als auch eine Importlösung denkbar bzw. in ihren Auswirkungen identisch.

Für die drei Szenarien liegen die Preisentwicklungen für die verschiedenen Energieträger von 2022 bis 2035 vor (siehe Exkurs sowie Anhang 5.4 für die Details der Herleitung/Berechnung). Um die weitere Analyse nicht unnötig komplex zu gestalten,<sup>81</sup> werden diese auf zwei Preisentwicklungen verdichtet. Zum einen wird ein Gesamtenergiepreis berechnet, der sich aus den Preisen der wichtigsten Energieträger zusammensetzt (Strom, Öl, Kohle, unter Berücksichtigung des Energiemix in Thüringen). Zum andern wird separat der Preis für Erdgas berücksichtigt. Dies ist zum einen angezeigt, da der Gaspreis besonders stark zwischen den Szenarien variiert. Zum anderen wurde der Gaspreis auch deswegen herausgegriffen, da zumindest in einem Teil der Produktionsprozess Gas (noch) nicht oder nur schwer zu ersetzen ist, während die meisten anderen Energieträger stärker substituierbar sind.

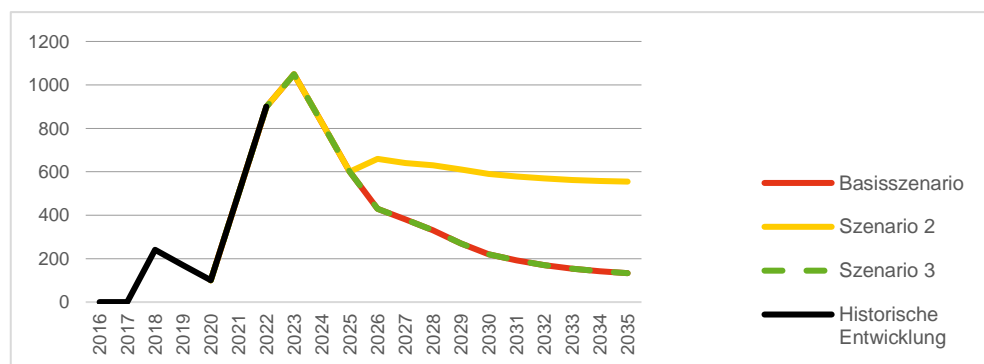
Die nachfolgenden Grafiken zeigen die resultierenden Preisentwicklungen für die beiden betrachteten Energieformen, Gesamtenergiemix und Erdgas, auf.

**Abb. 40 Entwicklung Energiepreismix (Index) in den verschiedenen Szenarien**



Indexiert auf 2020 = 100, basierend auf Jahresmittelwerten von Strom- (Großhandel), Öl- und Kohlepreisen sowie dem Mix Primärenergieverbrauch in Thüringen nach Energieträgern  
Quelle: BAK Economics, ewi, Thüringer Landesamt für Statistik (2022)

**Abb. 41 Entwicklung Gaspreise in den verschiedenen Szenarien**



Indexiert auf 2020 = 100, Jahresmittelwerte  
Quelle: BAK Economics, ewi

<sup>81</sup> Die verfügbaren Daten und Studien erlauben eine noch weitergehende Ausdifferenzierung der verschiedenen Energiekosten mit ihren Wirkungen auf die wirtschaftliche Entwicklung der Branchen nicht, zumal dann auch zahlreiche weitere Informationen bzw. Annahmen zu den Substituierungsmöglichkeiten nötig wären.



---

## Exkurs: Herleitung der Szenarien Energiepreise aus zwei aktuellen Quellen

Zur Quantifizierung stützen wir uns auf die detailliert hergeleiteten Szenarien der ewi-Studie „Szenarien für die Preisentwicklung von Energieträgern“. Ein Szenario mit Bezeichnung hEL-oRU-mEE reflektiert die oben skizzierten Annahmen des Basisszenarios „zügige Elektrifizierung mit allmählichem EE-Ausbau“ sehr gut. Für dieses Szenario zeigt die ewi-Studie eine unter diesen Annahmen plausible Preisentwicklung in Deutschland für verschiedene Energieträger für die Jahre 2026 bis 2030 auf. Auch für die beiden anderen Szenarien gibt es geeignete Anknüpfungspunkte in den Berechnungen der ewi-Studie: Das Szenario mEL-oRU-mEE widerspiegelt das Szenario 2 mit einer „allmählichen Elektrifizierung mit anhaltend hoher Erdgasnachfrage“. Szenario 3 mit „zügiger Elektrifizierung mit forciertem EE-Ausbau“ wird hingegen durch hEL-oRU-hEE abgebildet.

Die ewi-Studie stellt in ihren Szenarien jedoch nur die Energiekosten für die Jahre 2026 bis 2030 zur Verfügung. Wir verwenden daher die Daten und Prognosen unseres Welt-Makromodells, welches auch detaillierte Variablen zu den Energiepreisen enthält, um die Zeitreihen zu ergänzen. Ziel ist die Abbildung des Strukturwandels in Thüringen bis 2035. Wir nutzen die Prognosen des Makromodells, um die Zeitreihe von der aktuellen Situation Herbst 2022 bis ins Jahr 2025 zu ergänzen. Dabei gehen wir davon aus, dass zwischen den drei Szenarien noch keine Unterschiede bestehen und die Entwicklung der Energiepreise in allen drei untersuchten Fällen gleich verläuft. Ebenfalls nutzen wir die verfügbaren Prognosen zu den Preisentwicklungen von 2030 bis 2035, um die Zeitreihen zu vervollständigen. Dabei werden zusätzlich zu den Prognosen jedoch die durch die drei Szenarien unterschiedlich gesetzten Trends auch für die weitere Entwicklung berücksichtigt. Die für die drei Szenarien unterstellten Entwicklungen der Energiepreise unterscheiden sich also auch von 2030 bis 2035 sowohl in Niveau als auch in ihrer Dynamik.

---

### 3.3 Simulationsmodell

Für die Durchführung der Simulationsanalysen wurde ein Modell entwickelt. Dieses stützt sich auf die detaillierten Wirtschaftsstrukturen Thüringens ab und reflektiert die Reaktionen der Wirtschaft auf Preisänderungen bei Energieträgern. Zusätzlich wird berücksichtigt, dass die Wirtschaft innerhalb Thüringens über zahlreiche Wertschöpfungsketten verflochten ist. Über diese beiden Grundmechanismen ist es möglich, die wichtigsten Veränderungen in der Thüringer Wirtschaft aufgrund von Energiepreisschocks abzubilden.

Ausgangslage für die Modellierung bildet eine vollständige Darstellung der Thüringer Wirtschaft. Dabei wird vor allem darauf Wert gelegt, die Branchenstrukturen Thüringens detailliert zu erfassen. Dies gilt insbesondere innerhalb der Industrie, für welche die Energiepreise eine besonders große Rolle spielen. Die notwendigen Daten werden basierend auf den zwei Quellen Regional Economic Database<sup>82</sup> von BAK Economics und den regionalen und branchenspezifischen Prognosen von BAK Economics/Oxford Economics berechnet.<sup>83</sup> Im Ergebnis resultiert daraus eine Basisannahme für die wirtschaftliche Entwicklung Thüringens bis 2035, welche auf einer detaillierten branchenspezifischen Betrachtung beruht (ISIC-Zweisteller<sup>84</sup> beziehungsweise im Bereich der Industrie ISIC-Dreisteller).<sup>85</sup> Es werden dabei sowohl Wertschöpfung als auch Beschäftigung abgebildet.

---

<sup>82</sup> <https://rea.bak-economics.com/regional-economic-database>

<sup>83</sup> Siehe Anhang 5.4 für die genaue Herleitung der Daten.

<sup>84</sup> ISIC: International Standard Industrial Classification, siehe <https://unstats.un.org/unsd/classifications/Econ/isic>

<sup>85</sup> Dieses Vorgehen führt dazu, dass die im Resultat der Simulationsanalyse ausgewiesenen Niveaus (Wertschöpfung und Beschäftigung) sowie auch die angegebenen durchschnittlichen Wachstumsraten im Betrachtungszeitraum erheblich von den aktuellen Prognosen von BAK Economics/Oxford Economics für die

Kernpunkt der Simulationsanalyse sind die Auswirkungen von Energiepreisänderungen. Auf solche Änderungen reagieren die Unternehmen und passen ihr Verhalten entsprechend an. Diese Anpassung kann sich in sehr unterschiedlichen Formen zeigen, beispielsweise in einer Standortverlagerung, einer Erhöhung oder Verringerung der Investitionen oder auch in der Wettbewerbsfähigkeit und somit den Marktchancen. Alle diese Reaktionsmuster führen letzten Endes jedoch zu einer Anpassung des Umfangs der wirtschaftlichen Aktivitäten. Das Ausmaß dieser Anpassungen auf eine bestimmte Preisänderung wird anhand von Elastizitäten gemessen. Um also die Reaktion der Thüringer Wirtschaft auf die Energiepreisänderungen in den Simulationsrechnungen bestimmen zu können, müssen diese Elastizitäten bestimmt werden. Die Elastizitäten nehmen dabei für jede einzelne Branche einen spezifischen Wert an.<sup>86</sup>

Die Elastizitäten werden auf Basis der verfügbaren Studien geschätzt. Die quantitative Literatur zur Reaktion von Unternehmen auf Energiepreisänderungen ist jedoch spärlich und sehr heterogen. Es zeigt sich zwar klar das erwartete Muster, dass energieintensive Branchen höhere (negative) Elastizitäten aufweisen als weniger energieintensive Teile der Industrie (Dienstleistungen werden so gut wie nie in branchenspezifischen Untersuchungen einbezogen). Auch deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die Bedeutung der Energiekosten im Laufe der Zeit abgenommen hat, neuere Schätzungen der Elastizität weisen tiefere Werte auf als ältere Schätzungen. Darüber hinaus sind die Studien aber zu divers, insbesondere auch bezüglich der Definition und Abdeckung von Branchen, um aus einer einzelnen Studie oder mehreren Studien kombiniert die individuellen Elastizitäten für alle Branchen zu ermitteln, wie sie hier benötigt werden.

Es wurde daher eine andere Vorgehensweise zur Bestimmung der branchenspezifischen Elastizitäten gewählt. Basierend auf der Literatur wurde zunächst ein Ausgangswert für die Elastizität in einer besonders energieintensiven Branche festgelegt:

- Elastizität Energiekosten besonders energieintensiver Branche: -0,75

Die angenommene Elastizität bedeutet, dass ein Anstieg der Energiekosten um 1 Prozent zu einer Verringerung der wirtschaftlichen Aktivitäten um 0,75 Prozent in dieser besonders energieintensiven Branche führt.

Des Weiteren wird eine Elastizität für eine durchschnittlich energieintensive Branche festgelegt. Dabei ist zu beachten, dass sich die durchschnittliche Energieintensität hier auf die Gesamtwirtschaft bezieht, während die meisten Studien nur innerhalb der Industrie durchgeführt wurden.

- Elastizität Energiekosten durchschnittlich energieintensive Branche: -0,2

Die Erhöhung der Energiekosten um ein Prozent führt somit in einer durchschnittlich energieintensiven Branche zu einem Rückgang der Wertschöpfung um 0,2 Prozent.

Anhand der effektiven Energieintensität der einzelnen Branchen wurden mit diesen Eckwerten und unter Annahme eines linearen Zusammenhangs die Elastizitäten pro Branche bestimmt, wie sie in Tabelle 12 wiedergegeben sind.<sup>87</sup> Die quantitative Abstützung dieser geschätzten individuellen Elastizitäten ist vergleichsweise schwach, und es ist eine Reihe von nicht empirisch ermittelten Annahmen z.B. zur Verteilung der Werte nötig. Im Ergebnis sind die verwendeten Elastizitäten jedoch kompatibel mit dem aktuellen Stand der Literatur und plausibel nachvollziehbar.

---

Thüringer Wirtschaft beeinflusst sind. Dies gilt jedoch nicht für die Differenzen zwischen den Szenarien – diese können unabhängig von der zugrundeliegenden Prognose interpretiert werden.

<sup>86</sup> Die Elastizitäten werden auf der tiefst möglichen Ebene bestimmt. Ideal wären hier sogar unternehmensspezifische Elastizitäten, solche stehen jedoch nicht zur Verfügung. Die Datenlage erlaubt tatsächlich nur die Schätzung individueller Elastizitäten auf der ISIC-Zweistellerebene der Branchen in der Industrie und eine Betrachtung der übrigen Sektoren auf noch stärker aggregierter Ebene.

<sup>87</sup> Die genaue Berechnung benötigt noch eine Reihe weiterer Annahmen und ist im Anhang 5.4 dokumentiert.

Eine weitere Annahme betrifft die Elastizitäten pro Energieträger. Es wird angenommen, dass die Elastizität pro Branchen unabhängig vom verwendeten Energieträger ist.<sup>88</sup>

**Tab. 12 Energiekostenelastizitäten nach Branchen**

Branche	Branchenbezeichnung (ausführlich)	Elastizität Energiekosten
Landwirtschaft	Land- und Forstwirtschaft,	-0.30%
Nahrungsmittel	Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	-0.22%
	Getränkeherstellung	-0.37%
	Tabakverarbeitung	-0.30%
Textilien, Bekleidung, etc.	Herstellung von Textilien	-0.27%
	Herstellung von Bekleidung	-0.30%
	Herstellung von Leder, Lederwaren und Schuhen	-0.33%
Holz	Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel)	-0.57%
Papier & Druck	Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus	-1.56%
	Herstellung von Druckerzeugnissen; Vervielfältigung von bespielten Ton-, Bild- und Datenträgern	-0.29%
Kokerei Mineralöl	Kokerei und Mineralölverarbeitung	-0.65%
Chemie	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	-0.65%
Pharma	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	-0.20%
Gummi & Kunststoff	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	-0.24%
Glas, Keramik	Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	-0.89%
Metalle	Metallerzeugung und -bearbeitung	-0.56%
Metallerzeugnisse	Herstellung von Metallerzeugnissen	-0.21%
Optik, etc.	Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen	-0.17%
Elektr. Ausrüstung	Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	-0.16%
Maschinenbau	Maschinenbau	-0.17%
Fahrzeugbau	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	-0.22%
	Sonstiger Fahrzeugbau	-0.15%
Möbel & Sonstiges	Herstellung von Möbeln	-0.19%
	Herstellung von sonstigen Waren	-0.16%
	Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen	-0.16%
DL	Dienstleistungen und alle übrigen Branchen	0.0 bis -0.2%

Die Angabe in der Spalte „Branche“ entspricht den Angaben in den Abbildungen der Ergebnisse der Szenarioanalyse. Teilweise sind dort der Übersichtlichkeit halber oder aus Modellierungsgründen Branchen zusammengefasst, für welche individuelle Elastizitäten verfügbar waren. Dies wird durch die Angaben in der Spalte „Branchenbezeichnung (ausführlich)“ deutlich. In den Berechnungen wurden jeweils die detaillierteren Branchen verwendet und erst für die Ergebnistabellen und -darstellungen aggregiert.

Quelle: BAK Economics

<sup>88</sup> Dies ist eine vereinfachende Annahme. Aufgrund von Prozessabhängigkeiten von bestimmten Energieträgern oder wegen der (weiteren) Nutzung bereits getätigter Investitionen ist denkbar, dass einzelne Branchen zumindest kurz- und mittelfristig unterschiedliche Elastizitäten für die verschiedenen Energieträger aufweisen. Dies könnte zum Beispiel auch dann der Fall sein, wenn die Möglichkeiten zur Energieeinsparung und damit Kostenreduktion durch eine Anpassung der Produktionsprozesse bei unterschiedlichen Energieträgern unterschiedlich stark ausgeprägt sind. Dies ist zum Beispiel denkbar, wenn Erdgas für das Erreichen bestimmter Temperaturen im Produktionsprozess zwingend benötigt wird. Von einer solchen Differenzierung der Elastizitäten muss hier jedoch abgesehen werden. Dies reduziert die Modellkomplexität erheblich. Hauptgrund ist jedoch, dass zu den Unterschieden der Elastizität pro Energieträger und Branche keine gesicherten Informationen vorliegen, allenfalls einzelne anekdotische Erzählungen. Es wären daher umfassende Annahmen ohne gesicherte Basis nötig gewesen. Daher wurde die Annahme von gleichen Elastizitäten für den gesamten Energiemix wie auch für Erdgas in allen Branchen getroffen.

Somit liegen nun verschiedene Informationen als Ausgangsbasis für die Simulationsrechnungen vor:

- Wirtschaftsstrukturen und -entwicklung in Thüringen bis 2035
- (Unterschiedliche) Pfade der Energiepreisentwicklungen für die einzelnen Szenarien für den Gesamtenergiepreisindex und Gaspreise
- Elastizitäten für die Reaktionen der Unternehmen für Energiepreise (Gesamtenergieindex und Gas)

In der Kombination der verfügbaren Informationen lässt sich die zu erwartende Entwicklung der Thüringer Wirtschaft bis 2035 in den verschiedenen Szenarien berechnen. All dies erfolgt auf der jeweils tiefsten möglichen Branchengliederungsebene, um den strukturellen Unterschieden so fein wie möglich Rechnung zu tragen (siehe Tabelle 12, Spalte „Branchenbezeichnung (ausführlich)“). Technisch erfolgt diese Modellierung rollierend auf einer jährlichen Basis. Bei der Darlegung der Ergebnisse wird sich jedoch auf die Situation im Jahr 2035 und durchschnittliche Wachstumstrends konzentriert.<sup>89</sup>

In den Elastizitäten ist nicht berücksichtigt, dass die verschiedenen Branchen Thüringens über Vorleistungsverflechtungen miteinander verknüpft sind. Dies wird in einem nächsten Modellierungsschritt aufgenommen. Hierfür wird eine Modellierung auf Basis der Input/Output-Matrix eingesetzt, welche die Lieferbeziehung zwischen den Branchen abbildet, und es erlaubt, Wertschöpfungsmultiplikatoren herzuleiten (I/O-Modell).<sup>90</sup> Diese geben an, wie sich die nachfragegetriebene Wertschöpfung für jede einzelne Branche verändert, wenn in einer Branche zusätzliche Aktivitäten stattfinden. Auf Basis dieses I/O-Modells werden die Folgen der energiepreisbedingten Veränderungen in jeder der Branchen mit ihren Folgen über die Lieferbeziehungen mit wiederum allen Branchen berechnet.

Im Ergebnis liefert das Modell Informationen zur Wertschöpfung pro Branche in Thüringen unter den verschiedenen Szenarioannahmen. Ebenso wird die Beschäftigung berechnet, jeweils unter Verwendung der spezifisch gültigen Produktivität. Hieraus lässt sich auch die gesamtwirtschaftliche Entwicklung ableiten und Aussagen zum Strukturwandel sowie der De- oder Reindustrialisierung machen.

### 3.4 Folgen für die Thüringer Wirtschaftsstruktur

Energie gehört zumindest für die meisten wirtschaftlichen Aktivitäten nicht zu den wichtigsten Kostenfaktoren. Insbesondere in den Dienstleistungsbranchen, welche heute den überwiegenden Anteil der Wirtschaft ausmachen (Anteil in Thüringen 2019: 66%, vgl. Tab. 2), spielt Energie als Kostenfaktor eine untergeordnete Rolle. Eine größere Bedeutung haben die Energiepreise in der Industrie. So liegt der Energieverbrauch pro 1.000 EURO Umsatz im Verarbeitenden Gewerbe in Thüringen im Durchschnitt bei knapp 2 Gigajoule.<sup>91</sup> Da die Industrie die Exportbasis der Thüringer Wirtschaft darstellt und über

---

<sup>89</sup> Sämtliche in der Diskussion der Simulationsergebnisse angegebenen Wachstumsraten beziehen sich auf die Entwicklung von 2024 bis 2035 und sind in Prozent pro Jahr angegeben, sofern nicht explizit etwas anders angegeben wird. Das Jahr 2024 wurde als Startpunkt für die Wachstumsberechnung gewählt, um mögliche Verwerfungen mit der bzw. im Nachgang der Corona-Krise oder anderer konjunkturelle Effekte auszuschließen. Auch setzen die Szenarien erst im Jahr 2025 mit einer unterschiedlichen Preisentwicklung für Energie an, weshalb für den Vergleich der Szenarien untereinander die Entwicklung vor 2024 irrelevant ist.

<sup>90</sup> Die wichtigsten Modelleigenschaften sind im Anhang 5.4 dokumentiert.

<sup>91</sup> Thüringer Landesamt für Statistik – Energieverbrauch im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe in Thüringen 2019-2020.

ihre Nachfrage nach Dienstleistungen sowie indirekt über die generierten Einkommen auch den Rest der Wirtschaft beeinflusst, spielt die Entwicklung der Energiepreise für die Wirtschaft Thüringens doch eine wichtige Rolle, wie die nachfolgend dargestellten Ergebnisse des Simulationsmodells zeigen.

Die Industrie ist dabei kein homogener Block. In einzelnen Industriebranchen liegt der Wert des Energieverbrauchs pro produzierte Einheit fünfmal so hoch wie im Schnitt der Industrie, womit die Energiekosten für diese Aktivitäten zu einem entscheidenden Kostenfaktor und somit für die preisliche Wettbewerbsfähigkeit dieser Branchen werden.

Hinzu kommen die starken Schwankungen der Energiepreise, womit die Bedeutung dieses Standortfaktors für die weitere Entwicklung nochmals steigt. Starke Schwankungen waren aktuell in den Jahren 2021/2022 beobachtbar (vgl. hierzu Kap. 2.5), aber sie werden nicht auf diese Ausnahmejahre beschränkt bleiben. Wie die Diskussion der Szenarien zeigt, ist weiterhin mit erheblichen Preisveränderungen bei den Energiepreisen zu rechnen und je nach Entwicklung mit stark unterschiedlichen Energiepreisen. Die drei Szenarien reflektieren diese Varianz in einer Perspektive bis 2035. So betragen beispielsweise die Preise für Erdgas 2035 im hier ungünstigsten Szenario 2 „allmähliche Elektrifizierung mit anhaltend hoher Erdgasnachfrage“ rund das Dreifache des Preises, welcher im Basisszenario „zügige Elektrifizierung mit allmählichem EE-Ausbau“ unterstellt ist.

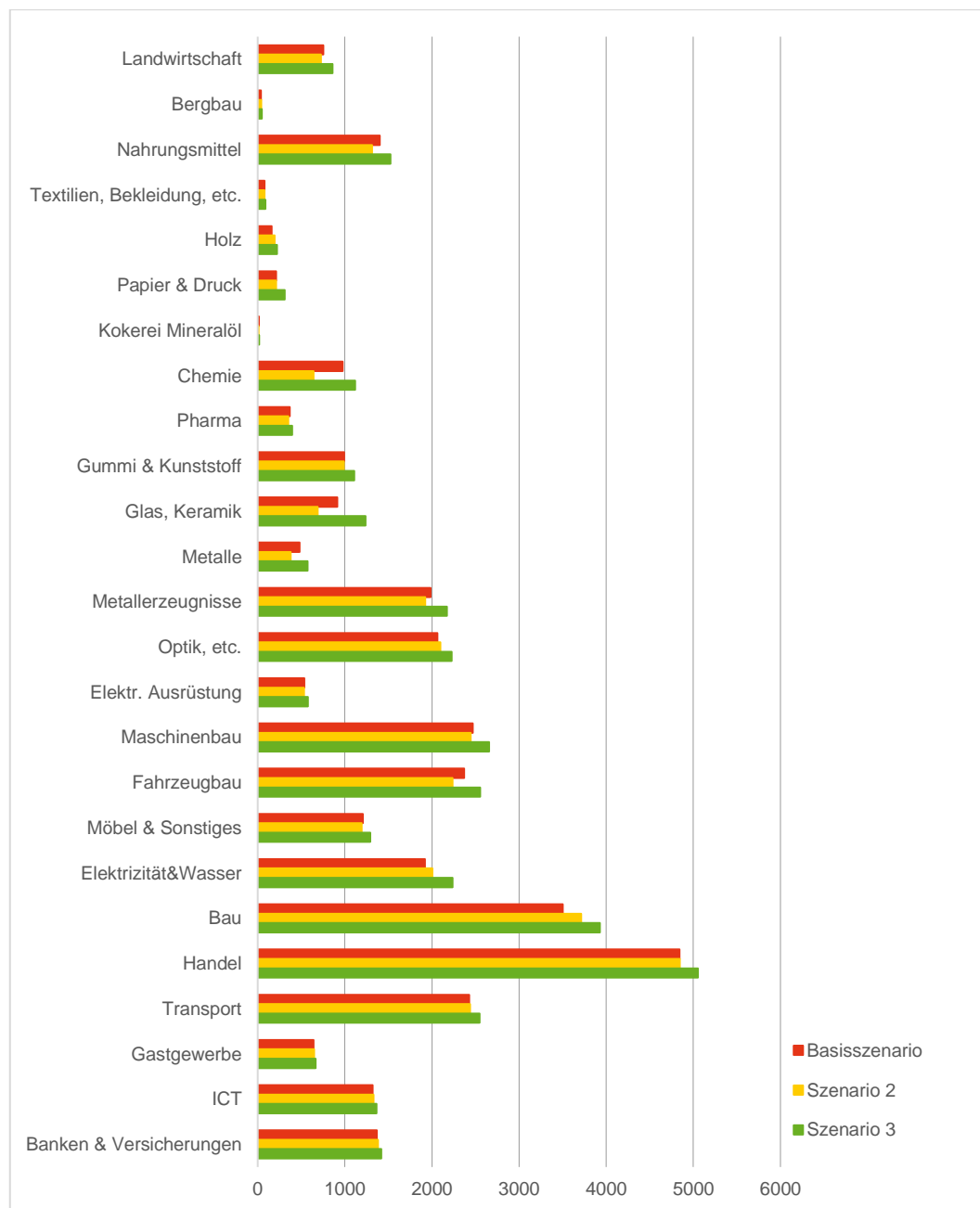
Die Simulationsrechnungen verdeutlichen, dass die Zukunft der Industrie in Thüringen ganz entscheidend davon mitgeprägt werden wird, welches Energiepreisszenario der zukünftigen Entwicklung am nächsten kommt. Abb. 42 zeigt den Umfang der Wertschöpfung an, der bei den verschiedenen Energiepreisentwicklungen im Jahr 2035 erwartet werden kann, differenziert für die einzelnen Branchen.<sup>92</sup> Zunächst fällt auf, dass sich das Wertschöpfungsniveau in einzelnen Branchen 2035 zwar zwischen den Szenarien deutlich sichtbar unterscheidet, jedoch nicht in einem Ausmaß, welches die Wirtschaftsstruktur Thüringens fundamental verändern würde. Branchen, welche im Basisszenario einen hohen Anteil zur Wertschöpfung in Thüringen beitragen, tun dies auch in den beiden anderen Szenarien. Dies gilt sowohl mit Blick auf die Gesamtwirtschaft wie auch innerhalb der Industrie. Die grundlegende Wirtschaftsstruktur verändert sich nicht je nach Energiepreisentwicklungen – eine solche grundlegende Veränderung wäre bei dem für Strukturveränderungen relativ kurzen Betrachtungszeitraum von einem Jahrzehnt auch überraschend gewesen. Aber auch wenn die grundlegenden Strukturen erhalten bleiben, gibt es jedoch für eine ganze Reihe von Branchen erhebliche Unterschiede in der Entwicklung zwischen den Szenarien. Dies gilt in besonderem Maß für energieintensiven Teile der Industrie und wird bereits in der Niveaubetrachtung von Abb. 42 sichtbar.

Noch klarer erkennbar wird dies bei der Betrachtung des Wachstums über den Simulationszeitraum (vgl. hierzu Abb. 43). Diese Sichtweise ist besser geeignet, die Entwicklung einzelner Branchen individuell zu analysieren und ihre Betroffenheit von den mit den Szenarien einhergehenden Herausforderungen zu beleuchten. So entscheidet sich für eine ganze Reihe von Industriebranchen, ob sie bis 2035 wachsen oder schrumpfen – je nachdem, welche Energiepreisentwicklung realisiert wird.

---

<sup>92</sup> Auf die Darstellung der Gesamtwirtschaft und des sehr grossen Blocks «Rest DL» wird in dieser Form der Abbildung verzichtet, da ein Einbezug die Sichtbarkeit der Resultate für die übrigen Branchen und insbesondere den vorrangig interessierenden Vergleich zwischen den Szenarien stark einschränken würde.

Abb. 42 Wertschöpfung der Branchen in den verschiedenen Szenarien

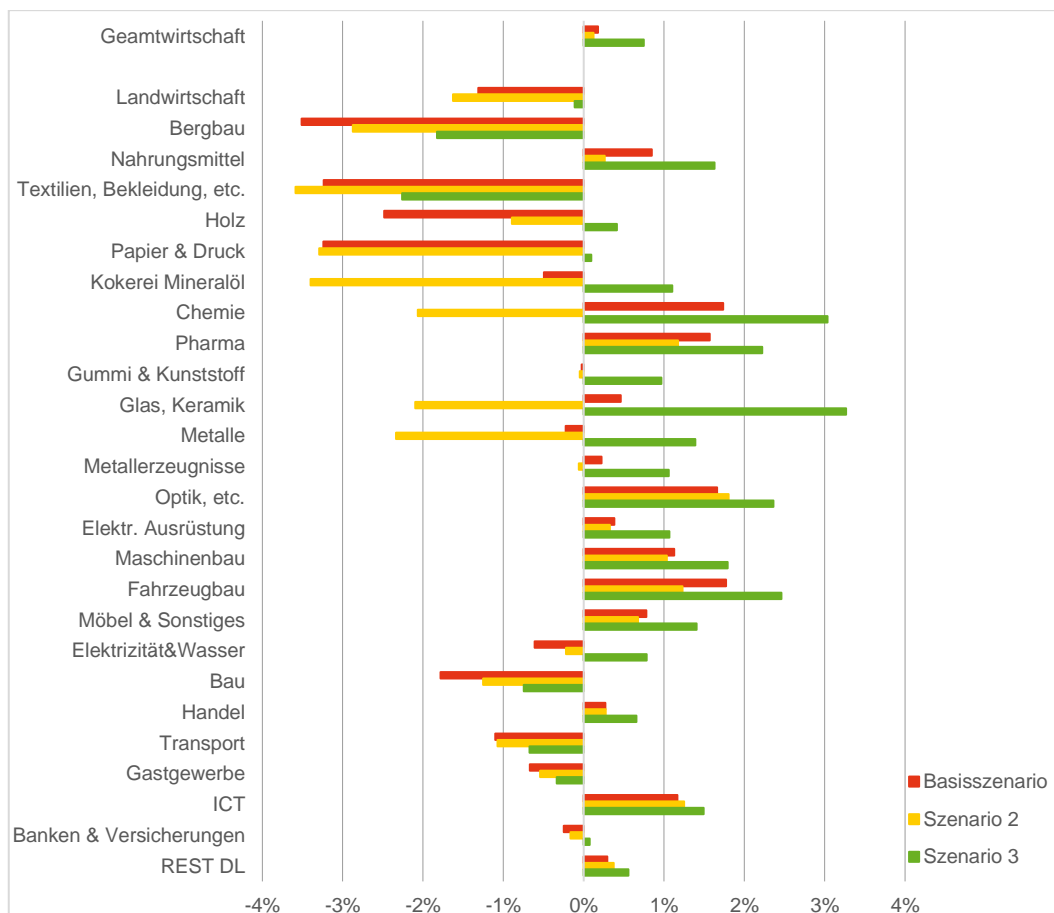


In Mio. EURO; Wert je Szenario in 2035 ausgedrückt in EURO des Jahres 2021

Lese-/Interpretationshinweis: Die Darstellung der Wertschöpfung in EURO erlaubt eine Einschätzung der bis dahin entstandenen Unterschiede zwischen den Szenarien für jede Branche. Gleichzeitig wird die Bedeutung der Branche in der Gesamtwirtschaft und die Bedeutung der Unterschiede zwischen den Szenarien für die Gesamtwirtschaft deutlich.

Quelle: BAK Economics

Abb. 43 Wertschöpfungswachstum 2024-2035 der Branchen, verschiedene Szenarien



Durchschnittliches jährliches Wachstum 2024 bis 2035 in %, real

Lesen-/Interpretationshinweis: Mit der Darstellung in Wachstumsraten werden die Folgen der verschiedenen Szenarien für die einzelnen Branchen besonders gut sichtbar. Sie eignet sich neben der Betrachtung für eine einzelne Branche außerdem, um die Schwere der Betroffenheit der Branchen von den unterschiedlichen Energiepreisszenarien zu vergleichen.

Quelle: BAK Economics

Besonders stark davon betroffen sind wenig überraschend die energieintensiven Branchen wie Papier, Chemie und Glas. Wichtig ist jedoch auch, wie stark eine Branche von Gas abhängig ist, da hier die Preisausschläge zwischen den Szenarien noch wesentlich größer sind als beim ansonsten verwendeten Energiemix. Die Chemie weist hier die höchste Abhängigkeit auf, aber auch der Druckbereich als Teil der Branche Papier und Druck sowie der – insgesamt nicht besonders energieintensive – Fahrzeugbau haben einen hohen Gasanteil in ihrem Energiemix.

Ein hoher Anteil an Gas im Energiemix schlägt im Szenario 2 mit einer „allmählichen Elektrifizierung mit anhaltend hoher Erdgasnachfrage“ durch, in welchem der Gaspreis eben wegen der anhaltenden Nachfrage hoch bleibt, während er in den anderen beiden Szenarien mit der sinkenden Nachfrage zurückgeht. Wie groß die Auswirkungen sein können, verdeutlicht wiederum die Chemie: Während sie im Basisszenario von den sinkenden Gaspreisen profitiert und die Wertschöpfung der Branche im Mittel von 2024 bis 2035 jährlich um rund 1,7% wächst, schrumpft sie im Szenario 2 um gut 2% pro Jahr (vgl. Abb. 43).<sup>93</sup> Diese Wachstumsdifferenz hat massive strukturelle Folgen für die

<sup>93</sup> Die hier und nachfolgend angegebenen Wachstumsraten beziehen sich auf die Entwicklung von 2024 bis 2035 und sind in Prozent pro Jahr angegeben. So sind die Wachstumsraten nicht durch die aktuelle konjunkturelle Lage beeinflusst; vgl. dazu auch Fußnote 85.



Chemieindustrie. Unter den Bedingungen des Basisszenarios kann die Chemieindustrie 2035 1,5% zur Wertschöpfung der Wirtschaft Thüringens beitragen, beim Rückfall in die Entwicklung von Szenario 2 beträgt dieser Anteil an der Gesamtwirtschaft Thüringens 2035 nur 1,0%, also ein Drittel weniger.

Auch wenn die Chemieindustrie ein Extrembeispiel ist, so zeigen sich auch in einer Reihe weiterer Industriebranchen erhebliche Wachstumsunterschiede zwischen den Szenarien. So weisen neben der Chemie die Branchen Holz, Papier & Druck, Kokerei & Mineralöl, Glas & Keramik sowie Metalle eine Differenz in der jährlichen Wachstumsrate von mehr als 2 Prozentpunkten zwischen den Szenarien auf. Allerdings handelt es sich bei diesen besonders stark betroffenen Branchen um Branchen mit einem eher kleinen Anteil an der Gesamtwirtschaft. Selbst innerhalb der Industrie ist deren Gewicht unterdurchschnittlich, wobei die Chemie und Glas & Keramik noch die höchsten Anteile aufweisen (2019: je rund ein Prozent an der Gesamtwirtschaft). Daraus folgt, dass, obwohl die Wachstumsdifferenzen zwischen den Szenarien in diesen Branchen substantiell sind, dies auf das gesamtwirtschaftliche Wachstum nur in beschränktem Umfang Rückwirkungen zeigt. Die von ihrem Anteil her wichtigeren Industriebranchen in Thüringen, namentlich Metallserzeugnisse, Optik, Maschinenbau und der Fahrzeugbau mit einem Anteil von je um die 3 Prozent in der Gesamtwirtschaft, weisen Wachstumsdifferenzen zwischen den Szenarien von höchstens einem Prozentpunkt pro Jahr auf. Am größten ist dies noch im Fahrzeugbau mit einer Wachstumsdifferenz von 1,2 Prozentpunkten zwischen dem Szenario 2 „allmähliche Elektrifizierung mit anhaltend hoher Erdgasnachfrage“ und dem Szenario 3 „zügige Elektrifizierung mit forciertem EE-Ausbau“. Dies resultiert aus der bereits erwähnten vergleichsweise starken Abhängigkeit dieser Branche von Erdgas. Die Wachstumsdifferenzen im Fahrzeugbau sind damit aber immer noch um einen Faktor von drei bis vier kleiner als in der Chemieindustrie. Nichtsdestotrotz resultieren auch für diese vier besonders bedeutenden Industriebranchen immer noch erhebliche Wachstumsdifferenzen, aber doch substantiell weniger als bei den oben zuerst genannten besonders energieintensiven Branchen.

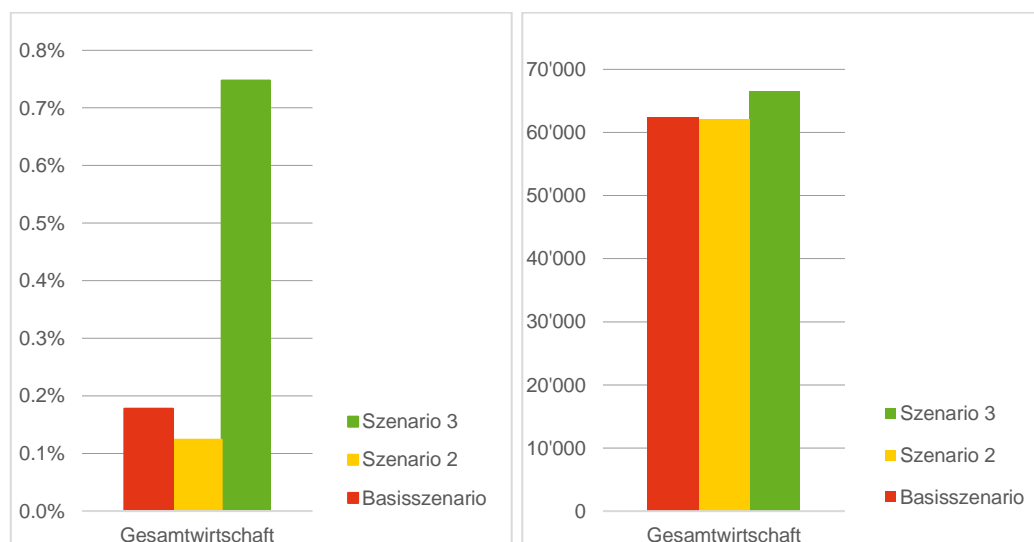
Ein anderes Bild ergibt sich bei den Dienstleistungen, welche mit einem Anteil von rund zwei Dritteln an der gesamten Wertschöpfung in Thüringen wesentlich für die Entwicklung der Gesamtwirtschaft sind. Diese weisen kaum Wachstumsdifferenzen zwischen den Szenarien auf. Die Unterschiede zwischen den Szenarien betragen selten mehr als 0,4 Prozentpunkte pro Jahr. Sie sind also um einen Faktor von 10 kleiner als in der Chemieindustrie.

Dabei sind die Unterschiede der Entwicklung in den Dienstleistungsbranchen je nach Szenario erheblich durch die Vorleistungsverflechtungen geprägt. Das heißt, ein stärkeres oder schwächeres Wachstum in den Dienstleistungsbranchen wird nicht überwiegend durch die Energiekosten innerhalb der Branche getrieben, sondern dadurch ausgelöst, dass andere Branchen, insbesondere die Industrie, aufgrund des veränderten Aktivitätsniveaus mehr oder weniger Dienstleistungen nachfragen. Gerade im Vergleich des Szenarios 2 mit dem Basisszenario zeigt sich dies deutlich. Eigentlich profitieren die Dienstleistungsbranchen im Fall des Szenarios 2 von den im Vergleich zum Basisszenario etwas tieferen Gesamtenergiekosten, wodurch ihr wirtschaftliches Aktivitätsniveau steigen sollte. Im Ergebnis wachsen die Dienstleistungen in diesem Szenario jedoch weniger stark, da sich – bedingt durch die höheren Gaspreise – die Industrie schwächer entwickelt und somit weniger Dienstleistungen nachfragt. Der positive Impuls der Energiekosten wird hierdurch überkompensiert.

Die hohe Bedeutung der Dienstleistungen in der Gesamtwirtschaft, welche im Vergleich mit der Industrie nur wenig durch die unterschiedlichen Energiekosten tangiert werden, trägt dazu bei, dass die Wachstumsunterschiede auf Ebene der Gesamtwirtschaft weniger dramatisch ausfallen. Da es zudem zwischen dem Basisszenario und Szenario 2 auf

Ebene der einzelnen Branchen gegenläufige Effekte gibt, unterscheidet sich die gesamtwirtschaftliche Entwicklung in diesen beiden Szenarien bis 2035 nur wenig.<sup>94</sup> Konkret liegt die Wachstumsdifferenz bei 0,1 Prozentpunkten pro Jahr für den Zeitraum 2024 bis 2035 (im Basisszenario wird ein Wachstum des BIP von 0,2% pro Jahr erwartet, im Szenario 2 von 0,1%). Etwas stärker fällt die Wachstumsdifferenz zum Szenario 3 „zügige Elektrifizierung mit forciertem EE-Ausbau“ aus: Im Fall des Szenarios 3 ergibt die Simulationsrechnung ein jährliches Wachstum des BIP von 0,8%, über einen halben Prozentpunkt pro Jahr mehr als im Basisszenario. Diese Wachstumsdifferenz zwischen dem Basisszenario und Szenario 3 kumuliert sich im Laufe der Jahre, sodass sich das Niveau des BIP im Jahr 2035 zwischen den beiden Szenarien um über 6% unterscheidet (vgl. Abb. 44). Somit deuten die Simulationsergebnisse darauf hin, dass mit der Entwicklung der Energiepreise wie im Szenario 3 der Wohlstand Thüringens 2035 um gut 6 Prozent höher liegen könnte als dies im Fall des Basisszenarios erreichbar wäre. Im Fall einer Preisentwicklung wie im Szenario 2 läge der Wohlstand 2035 durch die über die Jahre kumulierte Wachstumsdifferenz hingegen „nur“ rund 0,5 Prozent tiefer als im Basisszenario.

**Abb. 44 BIP-Wachstum 2024-2035 (links) und BIP-Niveau 2035 (rechts), verschiedene Szenarien**



Durchschnittliches jährliches Wachstum 2024 bis 2035 in %, real; Niveau 2035 in Mio. EURO (ausgedrückt in EURO des Jahres 2021)

Quelle: BAK Economics

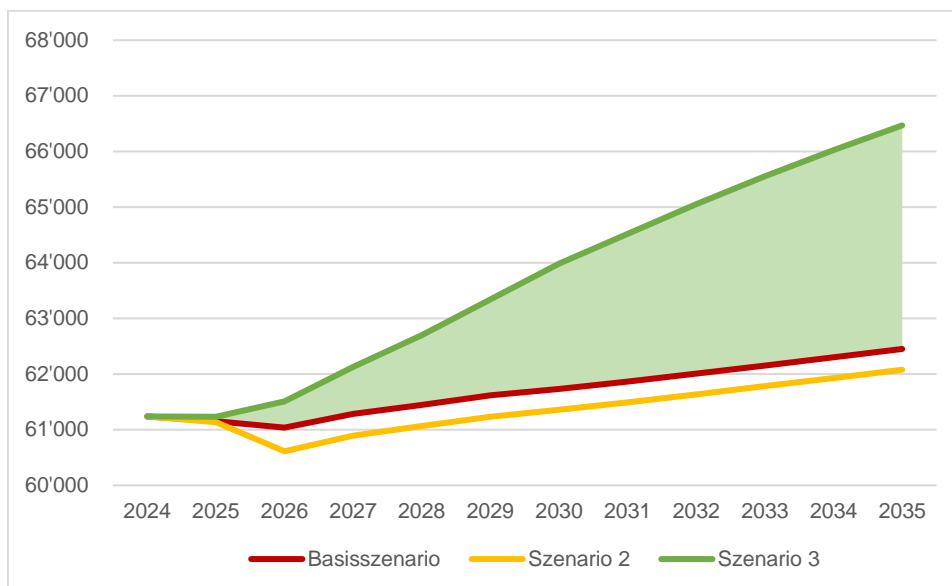
Betrachtet man die Entwicklung über die Zeit, zeigen sich gewisse Unterschiede in einzelnen Jahren (vgl. Abb. 45). Szenario 2 unterscheidet sich vom Basisszenario am stärksten in den ersten Jahren ab 2024. In diesen Jahren unterscheiden sich auch die Energiepreisentwicklungen zwischen den beiden Szenarien am stärksten. Dazu kommt, dass in den späteren Jahren gegenläufige Effekte in Szenario 2 wirksam sind, weswegen sich das Wachstum nur noch wenig vom Basisszenario unterscheidet. Anders im Szenario 3. Hier erhält die Thüringer Wirtschaft durch die tieferen Energiekosten einen mehr oder minder gleichmäßigen Wachstumsimpuls über den gesamten Zeitraum gegenüber den anderen beiden Szenarien. Daraus ergibt sich auch ein insgesamt

<sup>94</sup> Im Simulationsmodell wird angenommen, dass sich die Summe der Wertschöpfungen aller Branchen, also die gesamtwirtschaftliche Wertschöpfung, und das Bruttoinlandsprodukt (BIP) als wichtige volkswirtschaftliche Kennzahlen parallel entwickeln. Diese Annahme ist gerade für die Betrachtung im Quervergleich zwischen den Szenarien unproblematisch.

BIP bzw. BIP pro Kopf wird in der volkswirtschaftlichen Analyse häufig als Indikator für das Wohlstandsniveau interpretiert. Da annahmegemäß die Bevölkerung zwischen den Szenarien nicht variiert, können Unterschiede zwischen den Szenarien im BIP auch als Indikator für unterschiedliche Wohlstandsniveaus interpretiert werden.

erheblicher Unterschied zwischen dem Basisszenario und dem Szenario 3 im betrachteten Zeitraum 2024 bis 2035: Kumuliert erzeugt die Thüringer Wirtschaft in diesem Zeitraum zusätzliche Wertschöpfung von fast 23,5 Milliarden Euro (markiert Fläche in Abb. 45).

**Abb. 45 Jährliches BIP-Wachstum 2024-2035, verschiedene Szenarien**



Durchschnittliches jährliches Wachstum 2024 bis 2035 in %, real; Niveau 2035 in Mio. EURO (ausgedrückt in EURO des Jahres 2021)

Quelle: BAK Economics

Mit den zwischen den Szenarien unterschiedlichen Niveaus wirtschaftlicher Aktivitäten geht auch ein unterschiedlicher Bedarf der Wirtschaft an Arbeitskräften einher. Die dem Simulationsmodell zugrundeliegenden Prognosen bis 2035 gehen davon aus, dass die Zahl der Beschäftigten in Thüringen schrumpfen wird. Dies gilt für alle Szenarien: Das Simulationsmodell weist folglich für jedes Szenario einen Rückgang der Beschäftigung bis 2035 aus (vgl. Abb. 46).<sup>95</sup> Das Ausmaß dieses Rückgangs und somit auch die Zahl der Beschäftigten im Jahr 2035 unterscheiden sich jedoch zwischen den Szenarien.

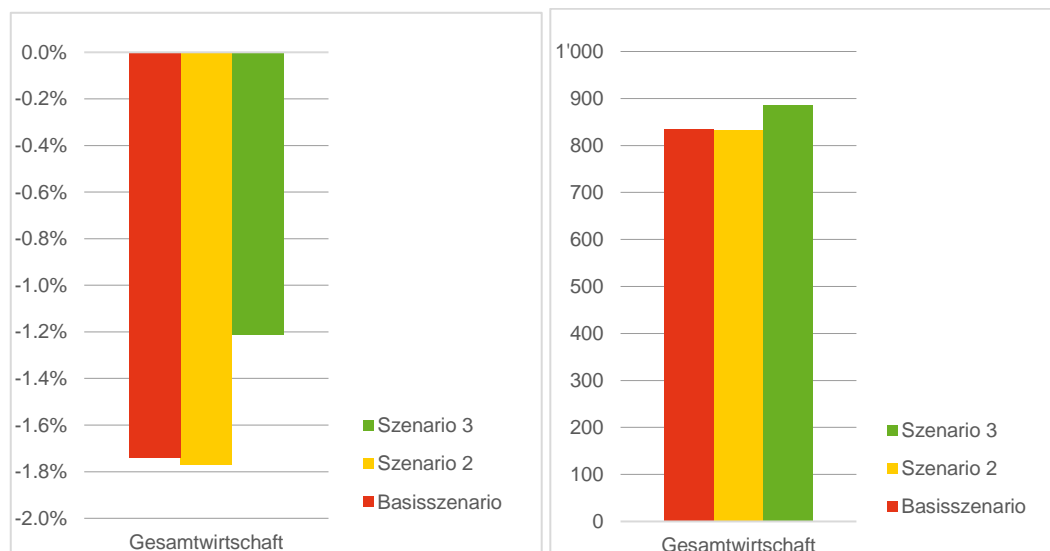
Am höchsten ist der Bedarf an Arbeitskräften im Szenario 3, welches auch die höchste wirtschaftliche Aktivität aufweist.<sup>96</sup> Hier liegt die Beschäftigung 2035 um gut 50.000 Personen höher als im Basisszenario. Im Szenario 2 liegt die Beschäftigung nur minim unter dem Basisszenario (ca. 3.000 Personen weniger). Insgesamt fällt damit prozentual betrachtet die Veränderung der Beschäftigung in den Szenarien nur geringfügig kleiner aus als die vergleichbare Größe bei der Wertschöpfung.<sup>97</sup>

<sup>95</sup> Es sei an dieser Stelle nochmals darauf verwiesen, dass es sich bei dem Simulationsmodell nicht um ein vollständiges volkswirtschaftliches Kreislaufmodell handelt. So ist beispielsweise die Angebotsseite auf dem Arbeitsmarkt nicht endogen modelliert. Das Simulationsmodell zeigt konkret auf, welchen Mehr- oder Minderbedarf an Arbeitskräften die Wirtschaft in einem Szenario gegenüber dem Basisszenario hat, ausgehend von der jeweiligen Veränderung bei der Wertschöpfung. Nachfolgend wird vereinfachend davon gesprochen, dass diese Resultate der Entwicklung der Beschäftigung entsprechen, was jedoch nur bei einem vollständig elastischem Arbeitsangebot der Fall wäre.

<sup>96</sup> Der Arbeitskräftebedarf wird mit der Annahme einer pro Branche stabilen Produktivität zwischen den Szenarien hergeleitet; siehe Anhang 5.4 für Details.

<sup>97</sup> Die relative Steigerung der Wertschöpfung im Szenario 3 gegenüber dem Basisszenario beträgt 6,43% des Niveaus im Basisszenario, für die Beschäftigten ergibt sich die gleiche Differenz mit 6,07%. Für den Vergleich von Szenario 2 mit dem Basisszenario ergeben sich Werte von -0,59% für die Wertschöpfung und -0,37% für die Beschäftigung.

**Abb. 46 Beschäftigte, Wachstum 2024-2035 (links) und Niveau 2035 (rechts), verschiedene Szenarien**

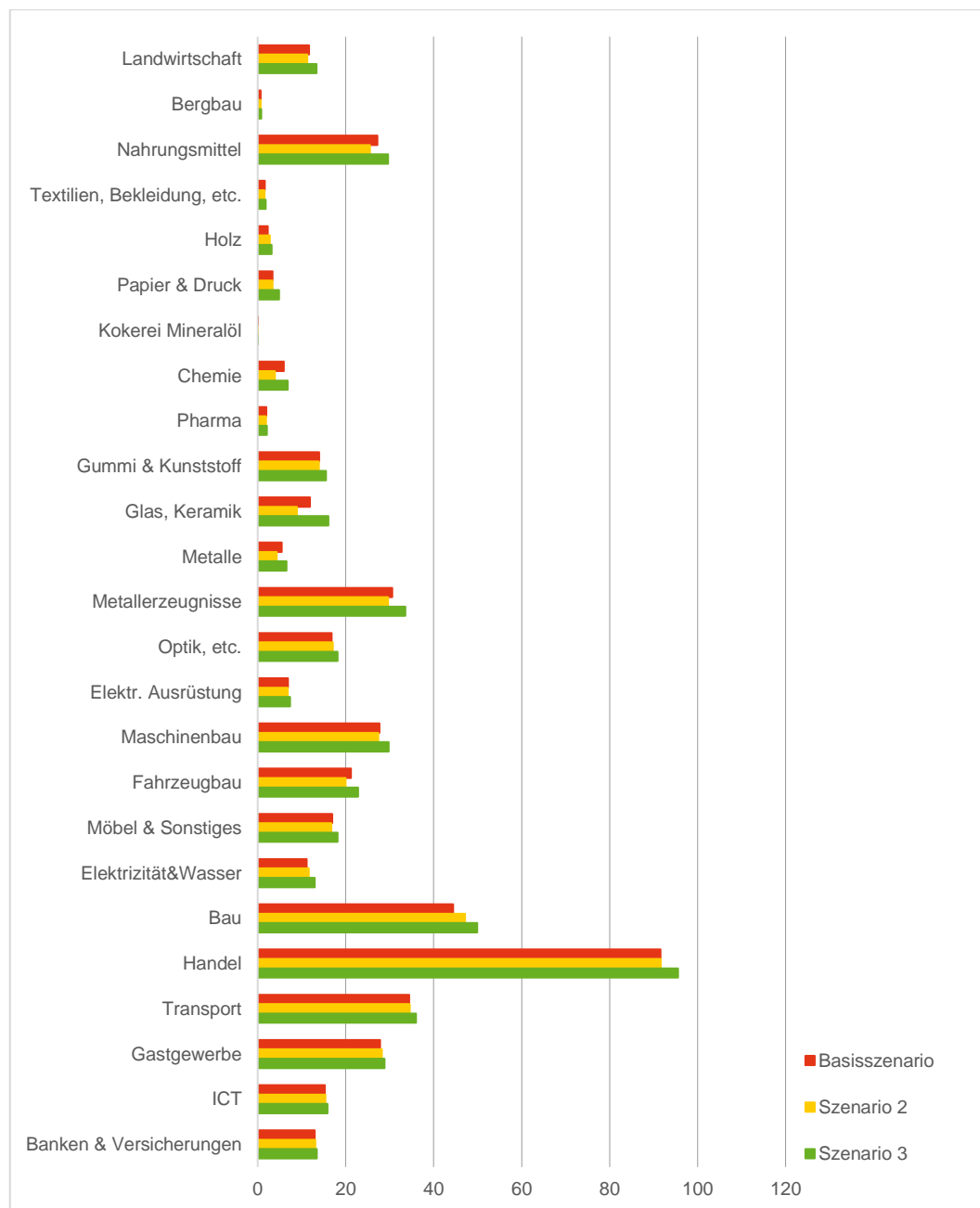


Durchschnittliches jährliches Wachstum 2024 bis 2035 in %; in 1.000 Personen 2035

Quelle: BAK Economics

Die unterschiedlichen relativen Veränderungen von Wertschöpfung und Beschäftigung zwischen den Szenarien liegen darin begründet, dass die Branchen unterschiedliche Arbeitsintensitäten aufweisen. Bei der Betrachtung des Arbeitskräftebedarfs gewinnen die arbeitsintensiven Dienstleistungen relativ an Gewicht gegenüber der im Schnitt weniger arbeitsintensiven Industrie (vgl. Abb. 47 und 48). Bei der Aggregation der branchenspezifischen Effekte auf die gesamtwirtschaftliche Ebene fällt damit verstärkt ins Gewicht, dass die wirtschaftlichen Aktivitäten der Dienstleistungen zwischen den Szenarien weniger stark variieren als in der Industrie. Dies verdeutlicht auch nochmals, dass die Berücksichtigung der indirekten Effekte über die Vorleistungsverflechtungen in einer derartigen Betrachtung wichtig ist: Für die Entwicklung der Beschäftigung sind die arbeitsintensiven Dienstleistungen bedeutend, welche in erheblichen Maß indirekt durch die Energiepreise und ihre Veränderungen betroffen sind.

Abb. 47 Beschäftigte nach Branchen in 2035 in den verschiedenen Szenarien

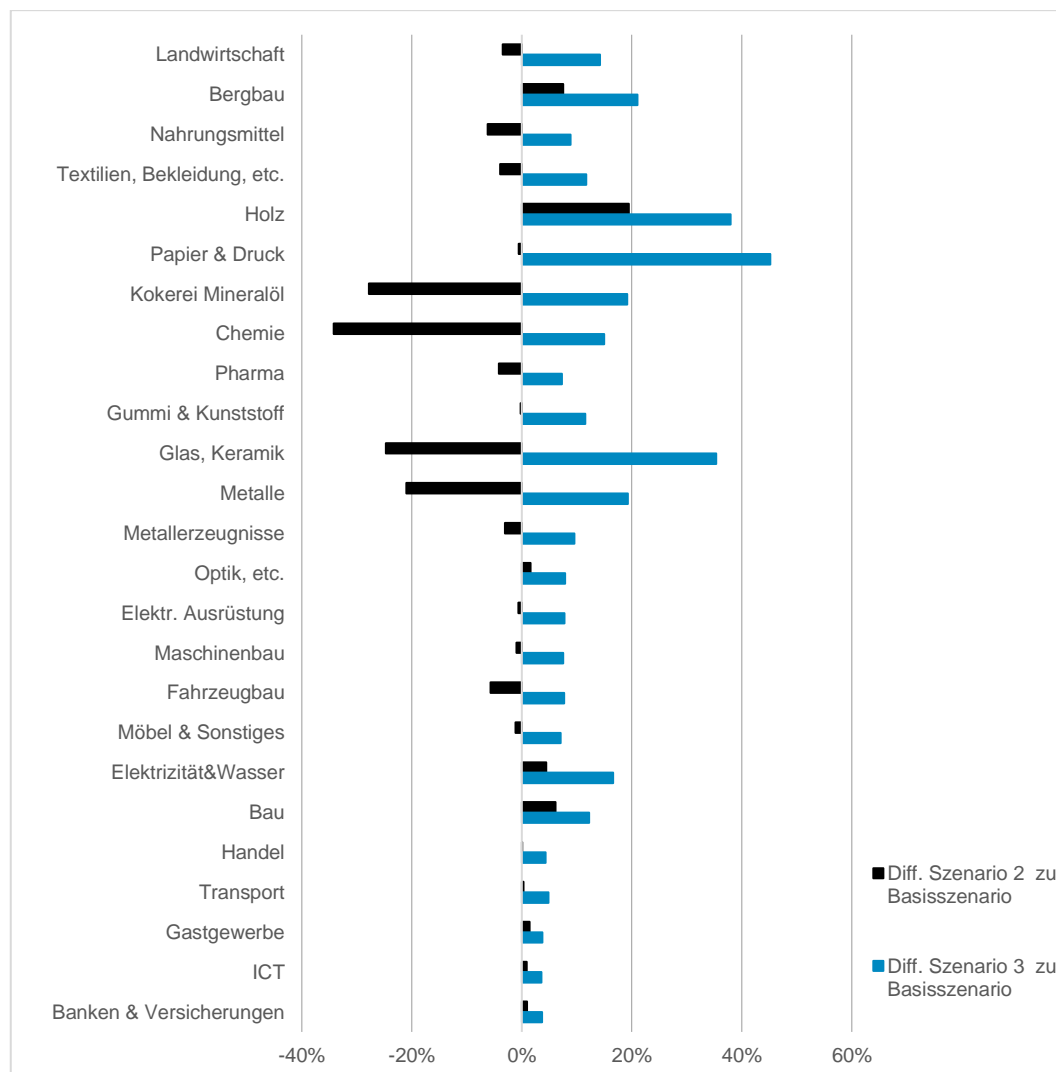


In 1.000 Personen in 2035

Quelle: BAK Economics

Dass die gesamtwirtschaftlichen Effekte zwar substanziell, aber eben angesichts der teils in den Branchen starken Unterschiede zwischen den Szenarien doch nicht größer ausfallen, liegt auch daran, dass die Branchen teils gegenläufige Entwicklungen aufweisen. Dies gilt für Beschäftigung wie für Wertschöpfung in sehr ähnlichen Maß, wie in den Abb. 48 (Beschäftigung) und 49 (Wertschöpfung) nochmals besonders deutlich wird. Diese Abbildungen fokussieren auf die Differenz zwischen dem Basisszenario und den beiden Alternativszenarien.

Abb. 48 Differenz der Beschäftigung in 2035 zwischen den Szenarien

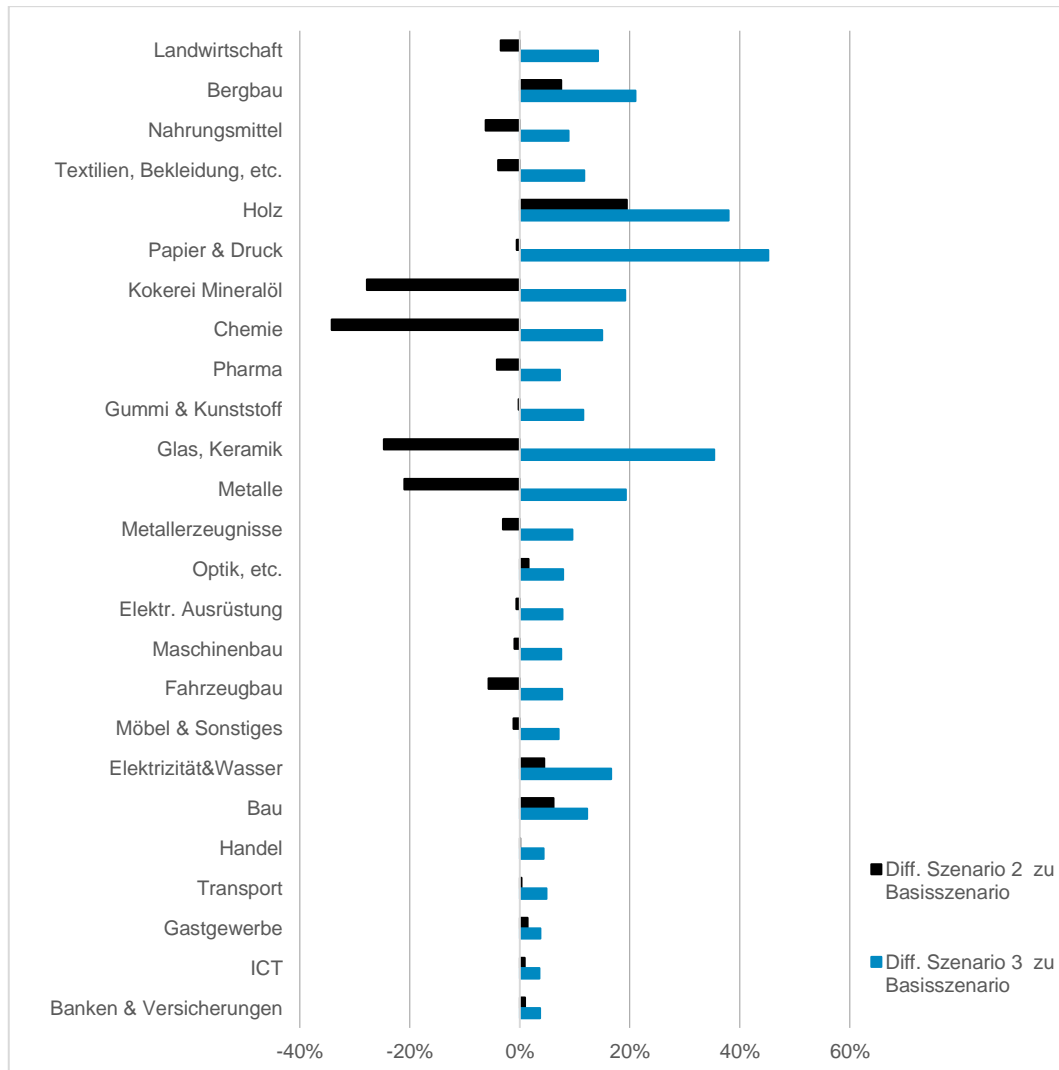


Differenz des jeweiligen Szenarios zum Basisszenario im Jahr 2035, angegeben in % des Niveaus im Basisszenario 2035

Quelle: BAK Economics

Für das Szenario 3 gilt dabei, dass alle Branchen durchgehend von den hier niedrigeren Gesamtenergiekosten profitieren, die durch die höhere Verfügbarkeit von erneuerbarem Strom ausgelöst werden (zur Erinnerung: der Gaspreis hat hier den gleichen Verlauf wie im Basisszenario). Die Stärke des Effekts hängt dabei vor allem von der Energieintensität der Branche ab, aber auch davon, in welchem Umfang sie von zusätzlichen Nachfrageimpulsen durch die Lieferung in andere Branchen profitieren kann.

Abb. 49 Differenz der Wertschöpfung in 2035 zwischen den Szenarien



Differenz des jeweiligen Szenarios zum Basisszenario im Jahr 2035, angegeben in % des Niveaus im Basisszenario 2035

Quelle: BAK Economics

Im Fall des Szenarios 2 ist das Vorzeichen der Veränderung der Branchen gegenüber dem Basisszenario jedoch nicht in allen Branchen gleich. Der in diesem Szenario viel höhere Gaspreis mindert in zahlreichen Industriebranchen deren Wachstumschancen erheblich. Gleichzeitig ist der Verlauf des Preisindexes für die Gesamtenergie tiefer als im Basisszenario. Hiervon können einige Branchen profitieren, ganz besonders diejenigen mit einem hohen Energiebedarf bei gleichzeitig geringem Anteil von Gas an den Energieträgern. Die Holzverarbeitende Industrie ist dafür das beste Beispiel, deren Energieintensität das Zweieinhalbfache des Durchschnitts des Industriesektors beträgt. Sie ist aber bereits heute so gut wie vollständig unabhängig von Gas.



### 3.5 Zentrale Erkenntnisse aus der Szenarioanalyse

Die Auswertung der Szenarioanalyse führt eindrücklich vor Augen, wie wichtig die Dekarbonisierung und ihr erfolgreiches Management für die Zukunft der Thüringer Wirtschaft ist. Obwohl in den Szenarien rein auf den Effekt unterschiedlicher Energiepreise fokussiert wurde, und somit weitere wichtige Aspekte wie der technische Fortschritt oder die Ausnutzung neuer, „grüner“ Marktchancen gar nicht erst betrachtet werden, unterscheidet sich die Thüringer Wirtschaft 2035 substanziell zwischen den Szenarien. So kann die Wertschöpfung – und damit letztendlich der Wohlstand – gut sechs Prozent höher oder tiefer liegen, je nachdem, welches Szenario sich letztendlich als realistisch erweist. Diese Spannweite bedeutet den Unterschied zwischen einem Jahrzehnt Stagnation ab Mitte der 2020er Jahre oder einem Trendwachstum von 0,8% pro Jahr.

Eine höhere wirtschaftliche Dynamik würde sich auch auf den Arbeitsmarkt auswirken: Mit höherer Wertschöpfung steigt auch die Nachfrage nach Arbeitskräften und damit gemäß Annahme die Beschäftigung. Bei den verstärkten Aktivitäten handelt es sich vor allem um Aktivitäten im Industriebereich, in welchem mit höherer Arbeitsproduktivität häufig auch bessere Löhne bezahlt werden können.

Es sei an dieser Stelle jedoch auch nochmals darauf verwiesen, dass es sich bei dem Simulationsmodell nicht um ein umfassendes makroökonomisches Gesamtmodell handelt und bei den Ergebnissen nicht um Prognosen. So kann das Modell verschiedene volkswirtschaftliche Rückwirkungsmechanismen nicht berücksichtigen, und dies ist auch gar nicht der Anspruch der Analyse. Im Beispiel des Arbeitsmarkts ist eben nicht gesagt, dass eine höhere Nachfrage nach Arbeitskräften, wie sie im Szenario 3 „zügige Elektrifizierung mit forciertem EE-Ausbau“ auftritt, auch vollständig befriedigt werden kann und in einer gleich hohen Zunahme der Beschäftigung resultiert. So kann sich dies auch in anderen volkswirtschaftlichen Anpassungsprozessen niederschlagen, beispielsweise in einem steigenden Lohnniveau oder indem der Fachkräftemangel die gestiegene wirtschaftliche Dynamik wieder abbremst.

Die Szenarioresultate zeigen beeindruckend, wie und in welchem Umfang die Energiepreise die Wirtschaftsdynamik und den Strukturwandel in Thüringen in dem Jahrzehnt von Mitte der 20er bis Mitte der 30er Jahre dieses Jahrhunderts prägen können. Je nach Szenario sind die Aussichten für die zukünftige Entwicklung in Thüringen recht unterschiedlich – die Größenordnung der Differenzen ist relevant und für Wirtschaft wie Bevölkerung als deutlich spürbar anzusehen. Die einzelnen Branchen, insbesondere in der Industrie, sind dabei je nach ihrem Energiebedarf und den verwendeten Energieträgern sehr unterschiedlich betroffen. Durch indirekte Effekte, welche über Vorleistungen und regionale Wertschöpfungsketten entstehen, werden aber die durch die Energiepreise auch direkt weniger stark betroffenen Branchen beeinflusst. Dies gilt besonders für den Dienstleistungssektor.

Die unterschiedlichen Entwicklungen haben dabei auch prägenden Einfluss auf die zukünftige Wirtschaftsstruktur Thüringens. Im Basisszenario „zügige Elektrifizierung mit allmählichem EE-Ausbau“ resultiert 2035 ein Anteil der Industrie in der Thüringer Wirtschaft von 26,0%, welcher sich aus einer Kombination von noch intakten Wachstumsaussichten in wichtigen Schlüsselbereichen wie Optik, Maschinen- und Fahrzeugbau mit einer Energiepreisentwicklung ergibt, welche die besonders energieintensiven Industrien stark belastet. Im Szenario 2 „allmähliche Elektrifizierung mit anhaltend hoher Erdgasnachfrage“, in welchem vor allem höhere Preise für Erdgas hemmend wirken, würde sich der Anteil der Industrie im Jahr 2035 auf nur 24,6% belaufen. Zwar bleiben auch in diesem Szenario für einige wichtigsten Industriebranchen Wachstumsaussichten erhalten, diese werden jedoch durch Rückgänge in anderen Bereichen wie Chemie, Glas und der Metallerzeugung konterkariert. Auch der Beitrag des Fahrzeugbaus, welcher noch

besonders stark von Erdgas abhängig ist, fällt deutlich kleiner aus als in den anderen beiden Szenarien. Anders im Szenario 3 „zügige Elektrifizierung mit forciertem EE-Ausbau“: Hier können gerade die besonders energieintensiven Branchen wie Chemie, Glas und die Metallherzeugung stärker zum Industrieanteil in der Thüringer Wirtschaft 2035 beitragen: Der Anteil steigt auf 27,2%. Dies ist umso bemerkenswerter, da in diesem Szenario zusätzlich auch die Gesamtwirtschaft insgesamt um über 6 Prozent größer ist als im Basisszenario.

Die Simulationsrechnungen verdeutlichen die Notwendigkeit, den Ausbau der Erneuerbaren Energien schnellstmöglich anzugehen. Zwar stellen die Szenarien keine unveränderliche Prognose für die zukünftige Entwicklung dar. Sie unterstreichen aber, dass die Verfügbarkeit von Erneuerbarer Energie – dies umfasst sowohl Erzeugung als auch Netze – zukünftig zu einem wesentlichen, das Wachstumspotenzial signifikant beeinflussenden Faktor werden wird. Eine hohe Verfügbarkeit aus Erneuerbaren Energien erzeugten Stroms ist insbesondere in der Industrie mit signifikanten Wachstumschancen verbunden, die geeignet erscheinen, die insbesondere aus der Demographie herrührenden Wachstumsschwäche der nächsten Jahre (teilweise) zu kompensieren. Angesichts der bereits bestehenden Herausforderungen in einer zunehmend unsicheren Welt kann sich der Freistaat Thüringen weder ein „weiter wie bisher“ noch einen asymmetrischen Wandel leisten, bei dem der Ausbau Erneuerbarer Energie hinter den Bedarfen der Thüringer Wirtschaft zurückbleibt. Daher sollte Thüringen mit aller Kraft dafür eintreten, dass die gesamtstaatlichen Ziele zum Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland in den kommenden Jahren erreicht werden. Darüber hinaus gilt es aber auch, die sich aus der Dekarbonisierung ergebenden Chancen neuer „grüner“ Märkte für Thüringen zu nutzen, was zusätzliche Impulse für die Thüringer Wirtschaft bringen kann, die über die in diesen Szenarioanalysen hinaus untersuchten Auswirkungen der Energiepreise gehen.

Nachdem hier anhand der Szenarien der große Handlungsbedarf aufgezeigt wurde, fokussiert das nachfolgende Kapitel auf die Handlungsoptionen: Welche Handlungsfelder dabei zentral sind und welche konkreten Maßnahmen unterstützend wirken können.

## **4 Handlungskonzept als Strategieinput zur Unterstützung eines erfolgreichen Transformationsprozesses**

Die Szenarioanalyse hat den großen Handlungsbedarf vor allem in Bezug auf die Verfügbarkeit von Erneuerbarer Energien für einen erfolgreichen Wirtschaftswandel im Rahmen der Dekarbonisierung aufgezeigt. Neben der Verfügbarkeit von Erneuerbaren Energien benötigt es zahlreiche weitere Transformationsprozesse der Thüringer Wirtschaft, um diesen Wandel zu meistern und Chancen nutzen zu können, wie das Chancen-Risiko-Profil der Thüringer Wirtschaft verdeutlicht. Das nachfolgende Kapitel konzentriert sich auf die für einen erfolgreichen Transformationsprozess zentralen Handlungsfelder und welche konkreten Maßnahmen unterstützend wirken können.

### **4.1 Handlungsfeld 1: Verfügbarkeit Erneuerbarer Energien vorantreiben**

Die Verfügbarkeit Erneuerbarer Energien ist die zentrale Voraussetzung für die Dekarbonisierung der Wirtschaft und das Erreichen der Klimaneutralitätsziele. Die Bereitstellung von und der Ausbau der Erzeugungskapazitäten für Erneuerbare Energien bilden einen entscheidenden Baustein für Thüringen, um die Herausforderungen der Dekarbonisierung zu bewältigen. Dabei ist im Rahmen des deutschen und europäischen integrierten Energiesystems keine Autarkie anzustreben. Ein beschleunigter Ausbau der Erneuerbaren Energien innerhalb des Bundeslands verringert jedoch nicht nur die Abhängigkeit von importierten fossilen Energieträgern, sondern stärkt die eigene Versorgungssicherheit, reduziert insgesamt die Abhängigkeit von Importen und trägt zur Verfügbarkeit grüner Energien in Thüringen, Deutschland und Europa zu wettbewerbsfähigen Preisen bei.

Eigene Produktionskapazitäten tragen auch dazu bei, den mit der zunehmenden Elektrifizierung ansteigenden Strombedarf flexibler und zu jeder Zeit decken zu können. So werden die Klimaschutzbestrebungen der Thüringer Industrie mit der Elektrifizierung von Produktions- und Verfahrenstechnologien durch einen entsprechenden Ausbau klimaneutraler (grüner) Stromerzeugungsanlagen flankiert. Nicht zuletzt werden mit dem Ausbau auch die Vorgaben des Bundes (z.B. Vorgaben Flächen Windenergie) erfüllt.

Ungeachtet ebenfalls bestehender Potenziale in den Bereichen Geothermie, Biomasse und Wasserkraft, besitzen Windkraft und Solarenergie die höchsten Potenziale für die EE-Stromproduktion in Thüringen,<sup>98</sup> weswegen der Ausbau dieser Kapazitäten im Vordergrund stehen soll. Dabei sind die beiden Erzeugungstechnologien nicht in Konkurrenz zueinander zu betrachten, sondern ergänzen sich gegenseitig und können bei gleichzeitigem Ausbau einen Beitrag zur Stabilisierung der Energieversorgung leisten.

Als Hindernisse für einen schnelleren Ausbau erweisen sich zum einen die Verfügbarkeit entsprechender Flächen (Flächenausweisung), der Netzzugang bzw. die Netzplanung sowie Hemmnisse im Bereich Bau- und Planungsrecht, insbesondere die langen Verfahrenszeiten. Zum anderen bleiben allerdings teilweise auch vorliegende Genehmigungen für Windkraftanlagen aufgrund fehlender Akzeptanz vor Ort ungenutzt.

---

<sup>98</sup> Gemäß des EEG-Bund-Länder-Kooperationsausschusses sind die Potenziale zur Nutzung von Wind- und solarer Strahlungsenergie in Deutschland groß und noch nicht erschlossen; die Potenziale zur Stromerzeugung aus der Nutzung von Wasserkraft und Biomasse werden hingegen als gering eingeschätzt und Geothermie vorrangig zur Wärmeerzeugung genutzt (Vgl. Bericht des Bund-Länder-Kooperationsausschusses, Berichtsjahr 2022 vom 16. Oktober 2022).

Während letzterer Punkt im Handlungsfeld 2 noch vertieft diskutiert wird, sind die nachfolgenden Maßnahmen in erster Linie dazu geeignet, den Ausbau der Erzeugungskapazitäten für Erneuerbare Energie in Thüringen zu beschleunigen und eine zuverlässige Versorgung mit Erneuerbaren Energien sicherzustellen.

#### **4.1.1 Potenziale der Photovoltaik auf Flächen mit wenig Nutzungskonkurrenz konsequent nutzen**

Das Flächenpotenzial mit wenig Nutzungskonkurrenz ist prioritär und konsequent auszuschöpfen. Dies ist vor allem für Photovoltaik möglich und umfasst Flächen auf Dächern und Fassaden, andere bereits versiegelte Flächen wie zum Beispiel Parklätze oder der öffentlichen Infrastruktur (insb. Fernstraßen, Schienen) sowie teilweise Agrar- und benachteiligte Landwirtschaftsflächen, wenn keine oder nur geringen Nachteile für die landwirtschaftliche Nutzung entstehen.

Um die Ausweitung der Flächenverfügbarkeit zu beschleunigen, ist soweit möglich, rechtlich zulässig und verhältnismäßig eine weitergehende rechtliche Verpflichtung zur Nutzung derjenigen Flächen, welche durch geringe Nutzungskonkurrenz gekennzeichnet sind, anzustreben. Diese Verpflichtung sollte zumindest im Fall von Neu- oder Umbauten greifen, kann zusätzlich aber auch eine Verpflichtung zur Verfügungstellung entsprechender Flächen bei Bestandsobjekten für Drittprojekte umfassen.

Die Nutzung von Flächen mit wenig Nutzungskonkurrenz kann auch dadurch gestärkt werden, dass mit innovativen Lösungsansätzen derzeit vorhandene Nutzungskonflikte verringert werden.<sup>99</sup> Die Förderung und Unterstützung des Freistaats Thüringen für den Ausbau Erneuerbarer Energien sollte gezielt die Suche nach solchen innovativen, die Nutzungskonflikte reduzierenden, Lösungen einbeziehen. Ein Beispiel für solche Lösungen sind Solarzellen, die in Gebäudehüllen und Fassaden eingebunden sind und durch ein entsprechendes Design ins Stadtbild integriert werden.

#### **4.1.2 Ausbau der Windenergie beschleunigen**

Um die Verfügbarkeit von Erneuerbarer Energien zu steigern, bedarf es eines beschleunigten Ausbaus der Windenergie. Hierfür ist die Ausweisung neuer Flächen für Windenergieanlagen unerlässlich. Mit dem Entwurf zur Änderung des Landesentwicklungsprogramms<sup>100</sup> (LEP) ist dieser Prozess bereits aufgegleist. Damit kommt der Freistaat Thüringen außerdem der entsprechenden Verpflichtung durch den Bund nach.<sup>101</sup> Um die mit dem LEP-Entwurf ausgewiesenen Potenziale nutzen zu können,

---

<sup>99</sup> Bisher erfolgte der Ausbau von Photovoltaik in Deutschland vorrangig in Aufdachmontage und Freifläche. Dabei entstehen Nutzungskonflikte wie beispielsweise in der Flächennutzung sowie dem Landschafts- und Stadtbild. Innovative Ansätze sind dadurch charakterisiert, dass sie bisher zwar eine untergeordnete Rolle im Energiesystem spielen, sich aber in den kommenden Jahren aufgrund ihrer technologischen Entwicklung in den Massenmarkt oder als Standardanwendung entwickeln können. Oft sind sie flächenneutral und damit akzeptanzförderlich. Im Photovoltaikbereich betrifft dies insbesondere integrierte Technologien, die Nutzungskonflikte reduzieren oder gar Synergien heben können. Potenziell können landwirtschaftliche Flächen mit Hilfe von Agri-Photovoltaik-Anlagen doppelgenutzt und dadurch sogar die Klimaresilienz von Böden erhöht werden. Weitere Informationen dazu finden sich in dena (2021): Kurzgutachten zur dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität – Innovative Energietechnologien. Abrufbar unter: [https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/211005\\_DLS\\_Gutachten\\_Fraunhofer\\_ISE\\_final](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/211005_DLS_Gutachten_Fraunhofer_ISE_final)

<sup>100</sup> Erster Entwurf zur Änderung des Landesentwicklungsprogramms (LEP) vom 22. November 2022. Der LEP-Entwurf enthält eine Regionalisierung des Flächenbeitragswerts mit konkreten Flächenvorgaben für die Regionalen Planungsgemeinschaften, den sog. regionalen Teilflächenzielen. Das geänderte LEP soll im zweiten Quartal 2024 in Kraft treten.

<sup>101</sup> Nach dem Wind-an-Land-Gesetz des Bundes ist für Thüringen ein Flächenbeitragswert von 2,2% bis 2032 für Windenergiegebiete festgelegt.

bedarf es einer schnellstmöglichen Umsetzung der regionalen Teilflächenziele durch die Regionalen Planungsgemeinschaften in Thüringen.

Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass gerade im Bereich der Windenergieanlagen die Planungs- und Genehmigungsprozesse zu viel Zeit in Anspruch nehmen. Um die mit dieser Maßnahme ermöglichten Potenziale nutzen zu können, ist ergänzend eine Beschleunigung der Prozesse nötig. Im Handlungsfeld 2 „Planungs- und Genehmigungsprozesse beschleunigen“ wird dieser Aspekt ausgeführt.

#### **4.1.3 Synchronisierung des Netzausbaus mit dem Ausbau Erneuerbarer Energien gewährleisten**

Mit der Energiewende verändern sich die Anforderungen an die Übertragungs- und Verteilnetze massiv. Der Wandel von einer zentralen, planbaren Stromerzeugung durch wenige große Kraftwerke hin zu einer dezentralen, angebotsabhängigen Einspeisung Erneuerbarer Energien ist gewaltig. Hinzu kommt die mit der Elektrifizierung steigende Nachfrage nach Strom. Gleichzeitig stellen der Netzanschluss und die Übertragungskapazitäten limitierende Faktoren für den Ausbau der EE-Produktionskapazitäten dar.

Der in §14 Energiewirtschaftsgesetz verankerten Netzausbauplanung kommt vor diesem Hintergrund eine zentrale Bedeutung zu.<sup>102</sup> Die Landesregierung sollte darauf hinwirken, alle relevanten Akteure im Planungsprozess frühzeitig einzubinden, etwa im Rahmen des vorgeschlagenen strukturierten Dialogs (Kap. 4.6.2). Um die integrierte Infrastrukturplanung auf Landesebene voranzutreiben, sollte diese mit der kommunalen Wärmeplanung und der Entwicklung der Wasserstoffinfrastruktur verzahnt werden. Nur bei einer gemeinsamen Betrachtung der lokalen Strom-, Gas und Wasserstoffinfrastrukturen kann ein kohärentes Zukunftsbild des klimaneutralen Verteilnetzes entwickelt werden. Neben der Abstimmung technisch-wirtschaftlicher Zukunftsbilder, sollten auch Möglichkeiten eines begleitenden Dialogprozesses geprüft werden, der für eine breite gesellschaftliche Beteiligung sorgt.

#### **4.1.4 Eigenstromerzeugung attraktiver machen**

Die Eigenstromerzeugung durch dezentrale Erzeugungsanlagen unterstützt den Ausbau Erneuerbarer Energien. Gleichzeitig bietet sie Unternehmen nicht nur die Möglichkeit ihren Energiebedarf klimaneutral zu decken, sondern reduziert auch deren Risiko gegenüber Versorgungsausfällen und Preisschwankungen.

Um die entsprechenden Investitionen attraktiver zu machen, müssen die Genehmigungsverfahren für den Netzanschluss der Anlagen durch die Energienetzbetreiber beschleunigt werden.<sup>103</sup> Dieser Aspekt ist auch bei der Beschleunigung von Genehmigungs- und Planungsverfahren (siehe Kap. 4.2) zu berücksichtigen. Des Weiteren sind regulatorisch bedingte Hemmnisse abzubauen, die sich beim Anschluss der Eigenerzeugungsanlagen ans Verteilnetz ergeben. Ein Beispiel dafür sind die relativ hohen Netzentgelte, wenn private Anbieter ihren Strom einspeisen wollen und Teile des öffentlichen Verteilnetzes dazu benutzen müssen.

---

<sup>102</sup> Bis zum 30.06.23 werden die Strom-Verteilnetzbetreiber (ab 100.000 Kunden) die nach §14d geforderten Regionalszenarien vorlegen und auf VNBdigital.de veröffentlichen.

<sup>103</sup> Vergleiche hierzu die Problematik der Netzplanung (siehe 4.1.3), welche Form der Einspeisung ebenfalls berücksichtigen muss, sowie die unter 4.2 ausgeführten ebenfalls relevanten Maßnahmen zur Verfahrensbeschleunigung.

Eine Form, Eigenstromerzeugung noch attraktiver zu machen bzw. sie u.U. in einer adaptierten Form überhaupt zu ermöglichen, ist die Direktvermarktung von Strom. So können bei größeren Anlagen, welche einen Teil der Produktion in Direktvermarktung abtreten, Effizienzgewinne möglich werden und eine Anlage überhaupt erst rentabel machen. Außerdem gestattet eine Direktvermarktung Unternehmen, welchen selbst aus technischen oder anderen Gründen keine Eigenproduktion möglich ist, über Dritte ebenfalls von den Vorteilen einer Eigenproduktion zu profitieren.

Die Direktvermarktung von Strom aus EE-Erzeugungsanlagen ist zu ermöglichen und voranzutreiben. Ein Instrument hierfür sind sogenannte Power Purchase Agreements (vgl. Exkurs PPAs). Die Landesregierung sollte auf Bundesebene darauf dringen, den rechtlichen Rahmen zügig und verbindlich auszugestalten. Konkret sind auf Bundesebene die Förderrichtlinie zur Strompreiskompensation zu überarbeiten und Fragen zur Grünstromzertifizierung rechtssicher zu klären. Auf Landesebene kann die Regierung durch entsprechende Informationsangebote eine schnelle und breitere Nutzung der Direktvermarktung von EE-Strom fördern und somit zur Erhöhung der Eigenstromproduktion im erweiterten Sinn beitragen.

---

#### Exkurs: Power Purchase Agreements (PPAs)

PPAs sind langfristige, bilaterale Stromlieferverträge zwischen Kraftwerksbetreibern und Stromabnehmern, beispielsweise Industrieunternehmen (Corporate PPA) oder Stromhändlern (Merchant PPA). Klassische Elektrizitätsversorgungsunternehmen, die ihren Strom an der Börse einkaufen, werden dabei „übergangen“. Theoretisch können auch die Netzbetreiber ausgeschlossen werden, sofern ein Inselnetz vorliegt. Üblicherweise wird mit einem PPA, einerseits die Abnahme von Strom und, andererseits die Versorgung mit Strom über einen Zeitraum von 15-20 Jahren vertraglich vereinbart. Bestandteil des Vertrags kann die Zusicherung des Anlagenbetreibers sein, ausschließlich grünen Strom zu liefern. Der Abschluss von PPAs kann für Anlagenbetreiber daher eine attraktive und sichere Finanzierung sowohl für Neuanlagen als auch eine Anschlussfinanzierung für Altanlagen nach Auslauf der EEG-Förderung bedeuten. Dem Großabnehmer dienen PPAs der langfristigen Sicherung von wettbewerbsfähigen Strompreisen.

Durch ihre Preissicherungsfunktion bieten PPAs ein Vermarktungs- bzw. Geschäftsmodell, das die Marktintegration – und damit den beschleunigten Ausbau - von Erneuerbarer Energie vorantreibt. Gleichzeitig unterstützen sie vor allem die energieintensiven Großabnehmer bei der Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen und können sich positiv auf die Akzeptanz für den regionalen Zubau von EE-Anlagen auswirken, wenn lokal ansässige Unternehmen diesen durch PPAs fördern. Seit der Novellierung des EEG in 2021 besteht für Kommunen außerdem die Möglichkeit, sich im Rahmen von PPAs an PV-Freiflächen zu beteiligen. Damit verbunden sind planbare Einnahmen und ebenfalls akzeptanzsteigernde Effekte.

---

Darüber hinaus sollte zur Entlastung des Übertragungsnetzes die Eigenstromerzeugung immer zusammen mit Möglichkeiten der Stromspeicherung gedacht werden. Dadurch können die Netzausbaukosten reduziert und bestehende EE-Kapazitäten effektiver genutzt werden. Insbesondere in größeren Betrieben des verarbeitenden Gewerbes sind hierfür Potenziale vorhanden, seien es Batterie- oder Molekülspeicher. Daneben sind Möglichkeiten zur „smarten“ Produktionssteuerung zu eruieren, indem beispielsweise Vorprodukte oder Betriebsstoffe dann auf Vorrat produziert werden, wenn lokale EE in großen Mengen verfügbar ist.

#### **4.1.5 Gesamtstaatlich Rahmenbedingungen für Versorgungssicherheit schaffen**

Die Transformation hin zu einem klimaneutralen Energiesystem ist eine der größten Herausforderungen der heutigen Zeit. Dabei gilt es nicht nur fossile Energieträger durch erneuerbare und klimaneutrale Alternativen zu ersetzen, sondern auch neue Kraftstoffe und Stromverbraucher in das zukünftige Energiesystem einzubinden. Die zunehmende Elektrifizierung und der Einsatz neuer Kraftstoffe muss sowohl mit dem Um- und Aufbau einer resilienten Infrastruktur als auch einer diversifizierten Beschaffung von Energieträgern und funktionierende Preismechanismen begleitet werden.

Gesamtstaatlich soll mit dem gestarteten Prozess zur Erstellung der „Systementwicklungsstrategie“ (SES) ein übergeordneter Rahmen geschaffen werden, der die Kohärenz der verschiedenen sektor- und energieträgerspezifischen Strategien und Programme gewährleisten soll. Sichergestellt werden soll, dass die Transformation im Sinne eines preisgünstigen, verbraucherfreundlichen, effizienten, umweltverträglichen und klimaneutralen Gesamtsystems vollzogen wird. In einem transparenten und partizipativen Prozess soll so, gemeinsam mit den Ländern und Akteurinnen und Akteuren der Energiewirtschaft, Industrie und Gesellschaft, ein sektorübergreifendes Leitbild und eine robuste Strategie für die Transformation des Energiesystems entwickelt werden. Thüringen sollte die Einbindung in den Prozess nutzen, um die eigenen Belange einzubringen und dafür Sorge zu tragen, dass diese bei der Gesamtrahmensetzung Berücksichtigung finden.

#### **4.2 Handlungsfeld 2: Planungs- und Genehmigungsprozesse beschleunigen**

Die Energiewende und die Dekarbonisierung der Wirtschaft müssen schnellstmöglich im Einklang mit den Klimazielen umgesetzt werden. Damit dies gelingt, ist eine deutliche Beschleunigung der Planungs- und Genehmigungsverfahren<sup>104</sup> sowohl bei Planfeststellungsverfahren als auch bei Anlagenzulassungen und im Bau- und Planungsrecht notwendig.

Als herausfordernd stellt sich bei der Beschleunigung von Planungs- und Genehmigungsprozessen die Komplexität des Vorhabens dar. Zum einen berührt die konkrete Ausgestaltung von Verfahren eine Vielzahl an Rechtsgebieten (z.B. Immissionsschutzrecht, Baurecht, Energierecht, Artenschutzrecht, Verwaltungsrecht, Umweltrecht etc.) und muss stets im Einklang mit europäischen und nationalen Regelungen stehen.

Zum anderen sind in den Verfahren mehrere Verwaltungseinheiten und Interessensträger beteiligt, deren Beiträge im Verfahren inhaltlich und zeitlich abgestimmt werden müssen. Nicht zuletzt hängt die Geschwindigkeit von Planungs- und Genehmigungsprozessen auch von den Verwaltungsstrukturen sowie deren personellen und infrastrukturellen Ausstattung ab und davon wie intensiv digitale Möglichkeiten genutzt werden.

Zudem ist zu beachten, dass die Planungs- und Genehmigungsverfahren dazu dienen, andere Rechtsgüter zu schützen. Bei der Optimierung und Beschleunigung muss daher

---

<sup>104</sup> Derzeit nehmen Planungs- und Genehmigungsverfahren, z.B. für die Errichtung von EE-Anlagen und Modernisierung von Anlagen in Unternehmen viel wertvolle Zeit in Anspruch. Im Jahr 2021 dauerte ein Genehmigungsverfahren für Windkraftanlagen in Deutschland durchschnittlich 24,8 Monate. In Thüringen dauerte es durchschnittlich 18,9 Monate bzw. 14 Monate (wenn alle Unterlagen vollständig vorliegen). Vgl. Bericht des Bund-Länder-Kooperationsausschusses zum Stand des Ausbaus der erneuerbaren Energien sowie zu Flächen, Planungen und Genehmigungen für die Windenergienutzung an Land an die Bundesregierung gemäß § 98 EEG, Berichtsjahr 2022 vom 16. Oktober 2022.



auch gewährleistet werden, dass berechnigte Interessen im Prozess weiterhin gewahrt bleiben.

#### 4.2.1 Hochkarätige ressortübergreifende Task Force etablieren

Für die Konzeption und Umsetzung von Maßnahmen, die zur Verfahrensbeschleunigung notwendig sind, sollte die Thüringer Landesregierung eine ressortübergreifende Task Force einrichten.<sup>105</sup> Damit diese eine hohe Wirksamkeit entwickeln kann, ist die Task Force hochkarätig zu besetzen und beispielweise bei der Staatskanzlei anzusiedeln. Der Task Force sollten die relevanten Fachleute der zuständigen Ministerien<sup>106</sup> angehören. Darüber hinaus sind Vertretungen kommunaler Verbände sowie der Zivilgesellschaft einzubinden. Eine solche Task Force wurde ebenfalls in den Bundesländern Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen eingesetzt.

Der Aufgabenbereich der Task Force lässt sich im Wesentlichen in zwei Arbeitspakete gliedern. Im Zentrum des ersten Arbeitspakets stehen Grundlagen der Verfahrensbeschleunigung. In einem zweiten Arbeitspaket ist eine Roadmap zur Umsetzung von Beschleunigungsmaßnahmen zu konzipieren. Zu berücksichtigen sind auch die Verbindungen zu den übergeordneten Aspekten wie der Digitalisierung (vgl. Kap. 4.2.3), der allgemeinen Modernisierung von Verwaltungsstrukturen (vgl. Kap. 4.2.4) sowie den Kernergebnissen der sog. „AG Beschleunigung“<sup>107</sup> (vgl. Kap. 4.2.2), in der Landesregierung und Landkreise bereits Verfahrenshemmnisse identifiziert haben.

Das erste Arbeitspaket zielt im Wesentlichen darauf ab, eine Beschleunigung durch Vereinfachung, Verschlinkung und Standardisierung zu erreichen. Hierzu gehören beispielsweise:

- Die Prüfung und Priorisierung der Ansätze, die sich im gegebenen Kontext besonders zur Verschlinkung von Genehmigungsverfahren eignen. Beispiele solcher Ansätze sind Sonderverfahrensrechte oder Experimentierklauseln.<sup>108</sup>
- Die Prüfung von Fristen für die Antragsgenehmigungen. Ein Beispiel ist die sogenannte Genehmigungsfiktion, die bereits im Baurecht Anwendung findet.<sup>109</sup> Damit gilt ein Antrag nach einer bestimmten Zeit als erteilt, sofern die Behörde keine Gründe findet, die eine weitere Verzögerung rechtfertigen.
- Die Standardisierung von Antrags- und Genehmigungsprozessen. Standardisierte Prozesse erleichtern einerseits die Antragstellung, andererseits aber auch gleichzeitig deren Prüfung.

---

<sup>105</sup> Die Task Force ist vom Strukturierten Dialog (vgl. Kapitel 4.6.2) insofern abgrenzbar, als dass sich ihre Arbeit auf die Schaffung der verwaltungstechnischen Voraussetzungen konzentriert. Im Strukturierten Dialog sollen hingegen strategische Herausforderungen identifiziert und Lösungsansätze entwickelt werden, die sich unmittelbar aus der Umsetzung von Transformationsbestrebungen ergeben.

<sup>106</sup> Folgende Ministerien sollten beteiligt sein: Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft (TMWWDG), für Umwelt, Energie und Naturschutz (TMUEN), für Infrastruktur und Landwirtschaft (TMLL), für Inneres und Kommunales (TMIK) und für Finanzen (TFM).

<sup>107</sup> Diese Arbeitsgruppe wurde federführend vom TMUEN und unter Beteiligung des TLUBN sowie der Landkreise eingerichtet.

<sup>108</sup> Sonderverfahrensrechte beziehen sich insbesondere auf den Bau von EE-Anlagen. Um diese schneller genehmigen zu können, würden „Abkürzungen“ in die bestehenden Antragsverfahren eingebaut. Experimentierklauseln beziehen sich insbesondere auf den Bau neuartiger Anlagen zur Sektorenkopplung, also beispielsweise den Bau von Power-2-x-Anlagen wie Elektrolyseure. Für diese Projekte existieren bislang keine Genehmigungsverfahren, was deren Bau erschwert. Im Rahmen des Entfesselungspakets hat Nordrhein-Westfalen bereits entsprechende Maßnahmen eingeleitet.

<sup>109</sup> Verwaltungsverfahrensgesetz (Bund), Teil III - Verwaltungsakt, Abschnitt 1 - Zustandekommen des Verwaltungsaktes, § 42a Genehmigungsfiktion, abrufbar unter: <https://dejure.org/gesetze/BVwVfG/42a.html>.

- Die Formulierung von Minimalanforderungen an Antragsunterlagen und Verfahren. Mit der Reduktion formeller als auch materieller Anforderungen wird sowohl die Antragstellung erleichtert als auch der Prüfaufwand verringert.
- Die Formulierung von Rahmenbedingungen einer frühzeitigen Bürgerbeteiligung in Planungsverfahren sowie einer Nutzung von Erkenntnissen aus früheren Beteiligungsverfahren. Die frühzeitige Beteiligung steigert die Akzeptanz und reduziert die Wahrscheinlichkeit von Einwendungen und die Inanspruchnahme von Rechtsmitteln. Wenn es in Verfahren zulässig ist, auf frühere Beteiligungsverfahren in vergleichbaren Kontexten zurückgreifen zu können, kann auf eine erneute Durchführung verzichtet und damit die Verfahrensdauer insgesamt erheblich verringert werden.

Im zweiten Arbeitspaket der Task Force ist eine Roadmap zur Beschleunigung der Planungs- und Genehmigungsverfahren für Thüringen zu entwickeln. Die Roadmap trifft Aussagen darüber, welche konkreten Maßnahmen wie und durch wen zu implementieren sind. Die Roadmap konkretisiert darüber hinaus auch Meilensteine, spezifiziert also messbare (Zwischen-) Ergebnisse auf der Zeitachse, und ermöglicht dadurch die Umsetzungsfortschritte zu monitoren. Insgesamt sollte die Roadmap Mechanismen enthalten, mit denen Neuerungen auf EU- und Bundesebene sowie flankierende Maßnahmen der Landesregierung flexibel und laufend Berücksichtigung finden.

#### **4.2.2 Möglichkeiten zur Verfahrensbeschleunigung konsequent nutzen**

Im Rahmen einer Arbeitsgruppe („Beschleunigung von Genehmigungsverfahren“) haben TMUEN, TLUBN und Landkreise zusammen Faktoren identifiziert, die zu zeitlichen Verzögerungen in Verfahren führen. Die Verringerung bzw. Auflösung dieser Verzögerungen birgt ein großes Potenzial, die Dauer von künftigen Planungs- und Genehmigungsverfahren zu verkürzen.

In erheblichem Maß überschneiden sich diese erkannten Potenziale thematisch sowohl mit den Maßnahmen, die als Aufgaben der Task Force definiert worden sind (vgl. Kap. 4.2.1), als auch mit den Herausforderungen in Zusammenhang mit Digitalisierung und Ausstattung der öffentlichen Verwaltungen (vgl. Kap. 4.2.3 bis Kap. 4.2.5). Es gilt, die Erkenntnisse der Arbeitsgruppe in die verschiedenen Tätigkeiten und Maßnahmen einfließen zu lassen und die erkannten Potenziale – gegebenenfalls auch über die in diesem Gutachten vorgeschlagenen Maßnahmen hinaus – konsequent zu nutzen.

Die Arbeitsgruppe benennt u. a. den Mangel an einer frühzeitigen Kommunikation zwischen den Verfahrensbeteiligten und fehlende Antragskonferenzen bei komplexen Verwaltungsverfahren als bremsende Faktoren. Diese sollten daher im ersten Arbeitspaket der Task Force bei der Formulierung von standardisierten Verfahrensprozessen mitgedacht und einbezogen werden. Darüber hinaus verhindern standardisierte Verfahrensregelungen sowie die Bestimmung von Minimalanforderungen, dass unnötige Verzögerungen wegen der unzureichenden Qualität von Antragsunterlagen und der damit verbundenen Vollständigkeitsprüfung auftreten.

Ein weiterer Mangel besteht in der ungenügenden Akzeptanz bei Bürgerinnen und Bürgern, die wegen Einsprüchen zu langen Verfahren führen. Um die Akzeptanz für Windkraftanlagen vor allem bei Bürgerinnen und Bürger zu verbessern und das Aufkommen von Einwendungen und Rechtsmittel zu vermindern, ist die frühzeitige Einbindung der Zivilgesellschaft notwendig. Daher sollte eine Vertretung der Zivilgesellschaft in der Task Force vorgesehen werden.

#### **4.2.3 Digitalisierung von Verwaltungsverfahren etablieren und Umsetzung vorantreiben**

Die Digitalisierung ist ein wesentlicher Hebel mit dem Planungs- und Genehmigungsverfahren beschleunigt und effizienter ausgestaltet werden können. Die Bemühungen die Verwaltung insgesamt zu digitalisieren, sollten insbesondere bei den Verfahren eine Priorität setzen, die für die Dekarbonisierung der Industrie und dem Ausbau von Erneuerbaren Energien relevant sind. Bei der Konzeption und Implementierung der digitalen Verfahren sollte das „Kompetenzzentrum Verwaltung 4.0“ in Thüringen unterstützend eingebunden werden.

Neben der Digitalisierung einzelner Verfahrensschritte ist ebenso zu prüfen, inwieweit durch die digitale Zusammenführung unterschiedlicher Genehmigungsverfahren die Dauer von Genehmigungen für den Ausbau der Erneuerbaren Energien reduziert.<sup>110</sup> Hier bietet die Digitalisierung auch Möglichkeiten zur parallelen Bearbeitung verschiedener Genehmigungsschritte, wenn die Prozesse entsprechend angepasst werden.

Zahlreiche Erkenntnisse, die potenziell für Planungs- und Genehmigungsverfahren relevant sind, existieren bereits in Gutachten, die beispielsweise durch wissenschaftliche Dienste oder parlamentarische Beratungsdienste erstellt wurden. Thüringen sollte darauf hinwirken, eine digitale Gutachtendatenbank aufzubauen, auf die bei verschiedenen Verfahren zurückgegriffen werden kann, um damit Erkenntnisse schneller verfügbar zu machen.

#### **4.2.4 Moderne, leistungsfähige und effizient strukturierte Landes- und Kommunalverwaltung schaffen**

Die Beschleunigung von Verfahren, vor allem aber auch die Digitalisierung, stellt die Verwaltung vor neue personelle, fachliche und IT-infrastrukturelle Herausforderungen. So ist über alle betroffenen Themenbereiche und Verwaltungsebenen eine angemessene Personalausstattung der Behörden und Ämter zu gewährleisten. Zusätzlich muss die IT-Infrastruktur bereitgestellt werden und das Personal über ein hohes Maß an fachübergreifender Kompetenz verfügen. Es sind erhebliche Anstrengungen notwendig, um bestehende Engpässe abzubauen und keine neuen entstehen zu lassen. Die sich daraus ergebenden Herausforderungen müssen in allen betroffenen Bereichen bewusst, frühzeitig und proaktiv angegangen werden. Es ist daher zwingend notwendig zu evaluieren, mit welchen zusätzlichen Ressourcen Behörden und Ämter ausgestattet sein müssen, um Planungs- und Genehmigungsverfahren kompetent und zeitlich angemessen bearbeiten zu können. Dem Bedarf entsprechend, sind darüber hinaus zeitnah Maßnahmen zu entwickeln, die sowohl den finanziellen Rahmen als auch das Know-how der Verwaltung künftig gewährleisten (z.B. durch Weiterbildung).

Im Bereich der Raumordnung und Landesplanung beispielweise entsprechen die Verwaltungsstrukturen häufig noch der Struktur aus den 90er Jahren. Spätestens mit den Planungs- und Beschleunigungspaketen des Bundes im Jahr 2022 sind die Anforderungen an die Landesplanung erheblich angestiegen. Nur mit einer modernen und effizient strukturierten Landesplanungsverwaltung kann es zukünftig gelingen, mit rechtlichen und gesellschaftlichen Entwicklungen nicht nur Schritt zu halten, sondern diese planerisch zu gestalten. Ziel muss es insbesondere sein, die Dauer des Prozesses zur Änderung der Regionalpläne in Thüringen maßgeblich zu verkürzen.

---

<sup>110</sup> Anwendung findet dies beispielsweise in Nordrhein-Westfalen, wo drei Genehmigungsverfahren für Oberflächennahe- und Tiefen-Geothermie digital zusammengeführt werden.

## **4.3 Handlungsfeld 3: Betriebliche Investitionen zur Dekarbonisierung fördern**

Den Unternehmen Thüringens stehen kurzfristig Maßnahmen zur Verfügung, mit denen insbesondere durch Energieeffizienzsteigerungen der Energieverbrauch und folglich die THG-Emissionen reduziert werden können. Mittel- und langfristig geht es insbesondere für die energieintensiven Unternehmen darum, so weit wie möglich auf den Einsatz fossiler Energieträger zu verzichten. Dies kann durch die Umstellung von Produktionstechnologien und -prozessen erfolgen, wobei einerseits die Elektrifizierung und andererseits die Nutzung von grünem Wasserstoff Handlungsoptionen darstellen. Darüber hinaus stehen Unternehmen vor der Frage, ob sie Investitionen in die Eigenproduktion grüner Energie tätigen oder diese extern beschaffen.

Vor allem die Umsetzung mittel- und langfristiger Transformationsprojekte ist mit erheblichen finanziellen und personellen Ressourcen verbunden. Diese können von kleineren Unternehmen aufgrund ihrer Größe häufig nur schwer aufgebracht werden. Zudem fällt es kleineren Unternehmen schwer, neben ihrem Tagesgeschäft, ausreichend Ressourcen freizusetzen, die es ermöglichen Dekarbonisierungsstrategien zu erarbeiten und/oder Innovationen in ressourcen-schonende Produkte voranzutreiben.

Die großen Investitionssummen für Transformationsprojekte stellen jedoch auch größere Unternehmen vor erhebliche Finanzierungsherausforderungen. Weiterhin unterliegen Dekarbonisierungsinvestitionen durch besondere Unsicherheiten mit Blick auf zukünftige Rahmenbedingungen, durch den Einsatz neuer, in der Praxis kaum erprobter Technologien und auch Neuausrichtungen auf der Produktseite besonderen Risiken. Der Umgang mit solchen Risiken stellt Investoren vor große Herausforderungen.

### **4.3.1 Wirtschaftsförderung stärker auf Nachhaltigkeit und Klimaschutz ausrichten**

Bestehende und künftige Förderprogramme, die sich nicht notwendigerweise speziell auf Dekarbonisierung beziehen, sollten dahingehend weiterentwickelt werden, dass sie Kriterien berücksichtigen, die im Zusammenhang mit Nachhaltigkeit und Klimaschutz stehen. An wichtigen Stellen passiert dies bereits. So werden mittlerweile im Rahmen der Richtlinie zur Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur“ (GRW-Richtlinie Teil I) Nachhaltigkeit und Klimaschutz durch relevante Auswahlkriterien bei der gewerblichen Förderung berücksichtigt. Zudem wurde der GRW-Koordinierungsrahmen mit Wirkung ab 01.01.2023 novelliert und gemeinsam von Bund und Ländern inhaltlich stärker auf Nachhaltigkeit und Dekarbonisierung ausgerichtet. An dieser Neuausrichtung muss sich nun auch die Weiterentwicklung der Thüringer GRW-Richtlinien orientieren. Es ist daher davon auszugehen, dass die Bedeutung der Wirtschaftsförderung und insbesondere auch der regionalen Strukturförderung für die Stärkung grüner Märkte weiter zunehmen wird. Derartige Anpassungen tragen zur Erreichung der Klimaschutzziele bei und stärken gleichzeitig die Wirtschaft in Thüringen. Die Wirtschaftsförderung ist durch die möglichst weitreichende Adaption weiterer Programme auf Nachhaltigkeit und Klimaschutz auszurichten.

Angesichts der mitunter sehr hohen Investitionserfordernisse für den Transformationsprozess sollten Schwerpunktsetzungen im Förderinstrumentarium überprüft werden. Dabei kommt auch eine Ausweitung von Eigenkapitalhilfen in Form stiller Beteiligungen in Betracht.

Um Verfahren aus dem Labormaßstab in eine anwendungsorientierte Dimension (Hochskalierung) zu überführen, sollte Thüringen seine bewährten Förderinstrumente dahingehend überprüfen, inwieweit die Transformation neuer Ansätze in reale Fertigungs- bzw. Umsetzungsprozesse (Demonstratoren/ Reallabore) noch besser gefördert werden kann.

Angesichts der mittelständischen Prägung der Thüringer Wirtschaftsstruktur ist ein besonderes Augenmerk darauf zu legen, dass neue Förderangebote des Bundes und der EU auch für KMU offenstehen und deren Belange Berücksichtigung finden.

#### **4.3.2 Beihilferecht an Fördernotwendigkeiten von Mid-Cap-Unternehmen anpassen**

Das europäische Beihilferecht führt dazu, dass Unternehmen oberhalb der KMU-Schwellen für viele Förderprogramme nicht antragsberechtigt sind und/oder weniger attraktive Rahmenbedingungen (z.B. geringere Fördersätze) als KMU erhalten. Von den rund 100 Förderprogrammen aus dem Bereich Energieeffizienz & Erneuerbare Energien, die es in Deutschland gibt, können nur 42 auch von Unternehmen genutzt werden, die mehr als 250 Personen beschäftigen. Beim BAFA-Förderprogramm Ressourcen- und Energieeffizienz in der Wirtschaft erhalten größere Unternehmen einen um 10 Prozentpunkte niedrigeren Fördersatz.

Thüringen sollte sich vor diesem Hintergrund gemeinsam mit anderen Ländern für eine Erweiterung der beihilferechtlichen Spielräume für mittelgroße Unternehmen mit mehr als 250 und weniger als 1000 Beschäftigten (sog. Mid-Caps) einsetzen, also von Unternehmen, die formal die Schwellenwerte von KMU überschritten haben, aber im Transformationsprozess vergleichbare Problemlagen wie KMU aufweisen.

Für eine wirksame Unterstützung nachhaltiger Investitionen solcher Mid-Caps wäre eine beihilferechtliche Öffnung bei der Novellierung der AGVO in Betracht zu ziehen. Insbesondere sollte eine beihilferechtliche Gleichstellung von KMU und Mid-Caps im Kapitel III, Abschnitt 1 - Regionalbeihilfen der AGVO geprüft werden. Damit würde auf nationaler Ebene einer bereits bestehenden Gleichbehandlung von KMU und Mid-Caps bei ähnlichen Programmen auf europäischer Ebene (z.B. bei Europäischen Fonds für strategische Investitionen, EFSI) entsprochen. Durch diese Öffnung würde zudem der regionalwirtschaftlichen Bedeutung des endogenen Wachstums solcher mittelständischen Unternehmen für strukturschwache Regionen Rechnung getragen.

### 4.3.3 Nutzung bestehender Förderprogramme erleichtern (Förderlotsen)

Neue Förderprogramme insbesondere des Bundes, wie die Klimaschutzverträge (siehe Exkurs CCfD) und das Förderprogramm „Dekarbonisierung der Industrie“ werden immer spezifischer und sind oft mit komplizierten Antragsverfahren verbunden. Dies gilt analog auch für zahlreiche Programme auf EU-Ebene. Damit Thüringer Unternehmen von diesen Programmen profitieren können, sollte der Freistaat seine Angebote ausweiten, über entsprechende Förderungen zu informieren und vor allem KMU bei der Antragstellung zu unterstützen.

Diese Aufgabe können sogenannte „Förderlotsen“ wahrnehmen. Da die meisten bestehenden Förderprogramme neben Dekarbonisierungsaspekten auch noch andere Zielsetzungen verfolgen, ist neben allgemeiner Information vor allem eine zielgerichtete, einzelfallbezogene Beratung der Antragsteller hilfreich. Mit den regionalen Kundencentern der Thüringer Aufbaubank kann hier auf eine etablierte Struktur aufgebaut werden.

Neben der Informationsbündelung sollen die Förderlotsen insbesondere KMUs personell entlasten. Mit deren Unterstützung kann die Beteiligung von KMUs an Vergabeverfahren erhöht werden. Die Förderlotsen sollten ein Pool von Beraterinnen und Beratern darstellen, welcher Beratungsleistungen sowohl bei Antragstellung und als auch begleitend bei der Umsetzung von Projekten erbringt.

---

#### Exkurs: Klimaschutzverträge (Carbon Contracts for Difference, CCfD)

Klimaschutzverträge sind ein kompetitiver Marktmechanismus, der umfangreiche private Investitionen für Klimatechnologien mobilisiert. Konkret handelt es sich bei CCfD um projektbezogene Verträge zwischen Unternehmen und der öffentlichen Hand, mit denen zusätzliche Kosten für den Betrieb emissionsarmer Technologien ausgeglichen werden, sodass ein gesicherter Business Case besteht. Der Mechanismus ist entscheidend, um die Transformation von Industrien mit hohen Treibhausgasemissionen zu beschleunigen und sektorale Klimaziele zu erreichen. Zu den Branchen, in denen CCfD die Verbreitung von Klimatechnologien und damit die Erreichung der Klimaziele ermöglichen können, gehören (i) Stahlerzeugung und -verarbeitung, (ii) Zementproduktion sowie (iii) die Produktion von Grundchemikalien wie grünem Ammoniak und grünem Methanol. CCfD müssen sektorspezifisch ausgeschrieben werden, um den Technologiewettbewerb innerhalb bestimmter Industrien und die daraus resultierende kontinuierliche Innovation zu fördern. Da für die Dekarbonisierung der Zement-, Stahl- und Chemieindustrie unterschiedliche Klimatechnologien mit unterschiedlichen Kostenstrukturen benötigt werden, entfalten CCfD die stärkste Wirkung, wenn sie auf den jeweiligen Sektor maßgeschneidert werden.

Die Bundesregierung hat im Rahmen der Nationalen Wasserstoffstrategie beschlossen, ein Pilotprogramm für Klimaschutzverträge aufzulegen. Die Entwicklung hat unter Federführung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit begonnen. Zunächst fokussiert sich das Pilotprogramm auf die Stahl-, Zement-, Kalk- und Ammoniakindustrie mit prozessbedingten Emissionen. Auf Grundlage eines Eckpunktepapiers, welches bereits veröffentlicht ist, wird derzeit an der Entwicklung eines Förderprogramms gearbeitet.

---

#### **4.3.4 Wirksamkeit von Fördermitteln auf THG-Reduktion monitoren**

Die Wirksamkeit von Fördermitteln ist angesichts endlicher Finanzierungsmittel und knapper Budgets ein wichtiger Baustein einer effektiven Förderlandschaft. Die Evaluierung der Wirksamkeit bedarf jedoch zunächst einer aussagekräftigen Datengrundlage. Die Landesregierung sollte sich dafür einsetzen, dass in der amtlichen Statistik eine Datenbasis geschaffen wird, die Rückschlüsse zulässt, welcher öffentliche Mitteleinsatz (im Zusammenspiel mit privaten Investitionen) zu welchen THG-Reduktionen geführt hat. Die Entwicklung und Implementierung eines darauf aufbauenden Monitorings würde ein zusätzliches Steuerungsinstrument schaffen, das die kontinuierliche Verbesserung und Anpassung der Förderlandschaft begleiten und unterstützen kann.

### **4.4 Handlungsfeld 4: „Grünen“ Wasserstoff und dessen Infrastruktur ausbauen**

(Grüner) Wasserstoff nimmt in Deutschland eine zentrale Rolle bei der Gestaltung eines klimaneutralen Energiesystems sowie bei der Dekarbonisierung im Gasbereich ein. Eine zügige Transformation erfordert eine gezielte Förderung von neuen wasserstoffkompatiblen Technologien auf der Nachfrageseite sowie dem Aufbau von Wasserstoffinfrastrukturen und -versorgungssystemen, ganz besonders in der frühen Phase des Aufbaus. Darüber hinaus muss der Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur komplementär zum möglichst raschen Ausbau der Erzeugungskapazitäten erneuerbarer Energien geplant werden.

#### **4.4.1 Anbindung an die überregionale Wasserstoffinfrastruktur schaffen**

Für Thüringen ist Wasserstoff sowohl beim Ersatz von Erdgas als auch als speicherbarer, flexibler, erneuerbarer Energieträger relevant.<sup>111</sup> Zwar verfügt Thüringen lokal über das Potenzial Wasserstoff aus Erneuerbaren Energien zu erzeugen. Allerdings steht dies einerseits in Nutzungskonkurrenz zur direkten Nutzung als Strom. Andererseits ist das Potenzial als zu gering und zu punktuell einzuschätzen<sup>112,113</sup>, als dass der gesamte zukünftige Bedarf gedeckt werden könnte. Dieser Bedarf ergibt sich aus bereits identifizierten Anwendungsfeldern in Verkehr und Mobilität,<sup>114</sup> aber auch daraus, dass neben den bekannten Großverbrauchern immer mehr mittelständische Unternehmen ebenfalls Bedarfe an einer Versorgung mit Wasserstoff anmelden.

Neben dezentralen Ansätzen sollte daher die Anbindung Thüringens an den deutschen und europäischen Wasserstoff-Backbone fokussiert weiterverfolgt werden. Thüringen sollte intensiver und auch sichtbarer sein vitales Interesse nach Anbindung an diese überregionalen Energieinfrastrukturen äußern. Durch seine Transitlage und vorhandene Gasinfrastrukturen in Ost-West-Richtung sind hier bereits wichtige Voraussetzungen vorhanden.

---

<sup>111</sup> Vgl. dazu auch Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (2021): Thüringer Landesstrategie Wasserstoff.

<sup>112</sup> Vgl. dazu Wasserstoffatlas.de und Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie (2021): H2-Masterplan für Ostdeutschland.

<sup>113</sup> Weimarer Land, Weimar (Hrsg.): Wasserstoffregion Weimarer Land/ Weimar, HyStarter-Konzept der Region Weimarer Land/Weimar. Seite 39.

<sup>114</sup> Vgl. dazu Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie (2021): H2-Masterplan für Ostdeutschland.

#### **4.4.2 Wasserstoffforschung stärken**

Der Freistaat hat durch den Aufbau entsprechender Forschungsinfrastrukturen bereits einen Beitrag dazu geleistet, Thüringen zu einem Ort der innovativen Wasserstoffforschung zu entwickeln. Zum einen wird der „Forschungscampus Erfurter Kreuz“ um einen Wasserstoff-Zweig (WaTTh – Wasserstoff-Technologien Thüringen am Fraunhofer IKTS-BITC) erweitert. Zum anderen wurde der Aufbau des HySON-Instituts für Angewandte Wasserstoff-Forschung Sonneberg GmbH als wirtschaftsnahe Forschungseinrichtung vom Land intensiv unterstützt. Von diesen bereits etablierten Strukturen können wichtige Impulse zum Ausbau der Infrastruktur und zur Weiterentwicklung der Wasserstoff-Technologie ausgehen. Diese Schwerpunktsetzung sollte beibehalten und die vorhandene Forschungsstärke Thüringens weiter ausgebaut werden (siehe auch Maßnahmen in den Handlungsfeldern 3 und 5, die diese Zielsetzung mitberücksichtigen können).

#### **4.4.3 Lokale und regionale Wasserstoffstrategien und -konzepte fördern**

Für die strategische Planung des Infrastrukturaufbaus sind die lokalen und regionalen Angebote und Bedarfe für Wasserstoff entscheidend. Als Nukleus für eine künftige überregionale Vernetzung sind daher Wasserstoffstrategien und -konzepte sowie regionale Machbarkeitsstudien zu fördern und inhaltlich zu begleiten.

Thüringen ist hier bereits unterstützend aktiv und hat erst kürzlich Förderungen im Rahmen des HyPerformer-Antrags für das Wasserstoff-Pilotprojekt „TH2ECO MOBILITY“ beim Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) beantragt. Durch diese Förderung soll am Güterverkehrszentrum in Erfurt ein H<sub>2</sub>-Mobilitätshub entstehen.<sup>115</sup> Auf diesen bestehenden Arbeiten<sup>116</sup> ist aufzubauen und die Unterstützung konsequent weiterzuführen. Es gilt, Kompetenzen, Know-how und Erfahrungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette und im Hinblick auf die Umsetzbarkeit einer integrierten Energiewende (Sektorkopplung) aufzubauen.

Da sich insbesondere die Erdgasverfügbarkeit und Preisentwicklungen seit der Veröffentlichung der Machbarkeitsstudie Wasserstoff-Region Dreiländerdreieck durch den Angriffskrieg Russlands auf die Ukraine grundlegend verändert haben, sollte darüber hinaus eine Neubewertung der HySON-Machbarkeitstudie durchgeführt werden. Die Neubewertung sollte aktuelle und in Szenarien modellierte Energieträgerpreise sowie bisher nicht einbezogene Potenziale, die sich beispielsweise durch Agri-PV und durch die geänderte Gesetzeslage zu Ausbauzielen ergeben, einbeziehen.

Lokale Demonstratoren-Projekte in Unternehmen der öffentlichen Hand sollten weiterhin gefördert werden, wo möglich sind weitere Unternehmen dafür zu gewinnen. Diese dienen einerseits dazu, innovative Ansätze zu erproben, wie sie beispielsweise für eine integrierte

---

<sup>115</sup> Hierzu gehört der Bau einer H<sub>2</sub>-Tankstelle sowie die Errichtung zweier H<sub>2</sub>-Erzeugungsanlagen, der Anschluss an eine Verteilpipeline für Wasserstoff, der Aufbau von wasserstoffbetriebener Intralogistik sowie die Errichtung einer H<sub>2</sub>-Abfüllstation und eines Speicher-Trailers.

<sup>116</sup> Weitere bestehende Arbeiten sind zum Beispiel Projekte wie „HyStarter Wasserstoffregion Weimar, Kreisfreie Stadt Weimar & Landkreis Weimarer Land“, „HyStarter Landkreis Altenburger Land“ und „HyExpert Region Wartburgkreis“.



Wärmewende <sup>117</sup> und den Hochlauf der Kreislaufwirtschaft <sup>118</sup> benötigt werden. Andererseits erhöht dies die Akzeptanz von Energiewendeprojekten, weil die Konzeption oft in Zusammenarbeit mit lokalen Akteurinnen und Akteuren stattfindet und/oder diese direkt davon profitieren.

Welchen Beitrag Biomasse als lokale Energiequelle bei der Wasserstoffproduktion in Thüringen leisten kann, ist noch nicht geklärt. Entsprechende Erkenntnisse sollten in Machbarkeitsstudien und ggf. Demonstratoren-Projekten gewonnen werden.

#### **4.5 Handlungsfeld 5: „Grüne“ Technologien und Absatzmärkte stärken**

Die Entwicklung und Adaption „grüner“ Technologien ist entscheidend, um den Weg der thüringischen Wirtschaft in die Klimaneutralität voranzutreiben. Gleichzeitig können die Thüringer Unternehmen und damit der Industriestandort Thüringen von der weltweit steigenden Nachfrage nach Technologien, Verfahren und Produkten, die zur Dekarbonisierung beitragen, profitieren.

Thüringen verfügt bereits heute über eine bedeutende exportorientierte Umweltwirtschaft und über Know-how in zahlreichen Green-Tech Bereichen. Ein ausgeprägter Schwerpunkt besteht in der Sensorik, Optik und Lasertechnik: Mit einer breiten Forschungsbasis von Weltrang, führenden Unternehmen und einem weit entwickelten Maschinen- und Anlagenbau für die Umsetzung. Daneben gibt es punktuelle Stärken in einer Reihe von relevanten Technologiefeldern wie beispielsweise in der Solarenergie, der Batterie-, Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technik sowie im Bereich Carbon-Capture. Auch wenn dies teils bisher nur kleine Nischenfelder sind, stellen sie potenziell wichtige künftige Innovationsfelder mit steigenden Markchancen dar. Um diese Chancen zu nutzen, gilt es die gute Ausgangslage Thüringens mit entsprechenden Forschungs- und Wirtschaftsschwerpunkten zu nutzen und weiter auszubauen. Dazu ist es notwendig, die vorhandenen Innovationspotenziale der bestehenden Unternehmen zu fördern, weiter Potenzial zu wecken und die Innovationsergebnisse in Marktpotenzial umzusetzen.

Die regionalen Kompetenzen sollten gebündelt und leistungsfähige (Kooperations-) Strukturen unterstützt werden, um damit die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen zu stärken und Wachstumschancen zu generieren. Ferner sollte die Ansiedlungsdynamik insbesondere in den entsprechenden Technologie- und Wirtschaftsbereichen weiter angeregt werden, um die Dekarbonisierung der Thüringer Wirtschaft durch die Ansiedlung von in „grünen“ Technologien führenden Unternehmen weiter voranzutreiben. Gezielte Ansiedlungen können auch dazu beitragen, mögliche Lücken in der regionalen Wertschöpfungskette zu schließen.

Neben der angestrebten Nutzung und Förderung von Marktchancen im engeren Bereich der „grünen“ Technologien ergeben sich mit der Entstehung und Verbreitung „grüner“ Märkte für klimafreundliche und CO<sub>2</sub>-neutrale Produkte und Dienstleistungen auch weitere Möglichkeiten in der ganzen Breite der Thüringer Wirtschaft. Dies zu erkennen und entsprechende Märkte frühzeitig zu besetzen ist Aufgabe der Unternehmen. Seitens des Freistaats gilt es, dies zu ermöglichen und in Form einer Türöffnerfunktion voranzutreiben.

---

<sup>117</sup> Erfurt will ab 2025 Wasserstoff zur Fernwärmebereitstellung nutzen, der durch Wind aus Kirchhailingen gewonnen wird (Kalusa, Thomas, 2022: Grüner Wasserstoff: Fernwärme aus erneuerbaren Energien für Erfurt, Online-Artikel vom 10.07.2022, abrufbar unter: <https://www.mdr.de/nachrichten/thueringen/mitte-thueringen/erfurt/fernwaerme-gruener-wasserstoff-ernergie-erneuerbar-100.html>).

<sup>118</sup> In Wuppertal erzeugt die Wuppertaler Abfallwirtschaftsgesellschaft aus Müll grünen Wasserstoff, mit dem die Stadt anschließend Linienbusse betreibt. Im Projekt „HyExpert Landkreis Havelland“ wird erprobt, wie Wasserstoff aus Abfall erzeugt werden kann.

#### **4.5.1 Bei Forschung und Innovation Schwerpunkte bei Klima- und Ressourcenschonung setzen**

Der Freistaat hat mit der „Thüringer Forschungsstrategie“ und der „Regionalen Innovationsstrategie für intelligente Spezialisierung und wirtschaftlichen Wandel in Thüringen“ (RIS Thüringen) den Rahmen seiner Innovationsförderung bereits jetzt so gesteckt, dass Dekarbonisierungsvorhaben Teil der Schwerpunktsetzung sind. Die Einbindung von Stakeholdern aus Forschung und Industrie in die RIS-Strategiebeiräte sowie offene Foren und Beteiligungsformate gewährleisten darüber hinaus eine kontinuierliche Rückkopplung zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik, um Innovationen im Bereich Dekarbonisierung kontinuierlich fortentwickeln zu können. Diesen Weg gilt es, konsequent weiterzugehen und die Schwerpunktsetzung im Rahmen der RIS Thüringen angesichts aktueller Entwicklungen permanent zu überprüfen und weiterzuentwickeln. Die mit der aktuellen EU-Strukturfondsperiode neu konzipierten Förderinstrumente für Forschung, Technologie und Innovation (FTI-Thüringen) garantieren einen ausreichenden Handlungsspielraum für neue Projekte. Eine gezieltere Unterstützung von erfolversprechenden Ansätzen kann im Rahmen eines Foresight-Prozesses vom Thüringer ClusterManagement erreicht werden.

Im Rahmen der Forschungs- und Innovationsförderung ist es wichtig die schnelle Adaption neuer technologischer Trends zu fördern. Dabei ist bei Forschungsvorhaben und Projekten der Fokus auf „Schnittmengen“ zwischen Dekarbonisierung und Digitalisierung zu legen. Ein Beispiel dafür ist die Entwicklung KI-basierter Mobilitätslösungen, integraler Logistikkonzepte sowie Energiemanagementstrategien im Rahmen des von der Bauhausuniversität Weimar entwickelten und vom BMWK als Reallabor geförderten „BauhausMobility-Lab“ in Erfurt.

#### **4.5.2 Vernetzungsprozesse voranbringen**

Die Hersteller von „grünen“ Technologien, Produkten und Dienstleistungen kommen aus vielen unterschiedlichen Branchen und sind (bisher) häufig nicht über vor- und nachgelagerte Aktivitäten miteinander vernetzt. Der fehlende Austausch zwischen den Unternehmen erschwert den Aufbau von vollständig „grünen“ Wertschöpfungsketten. Ebenfalls wird der für Innovationen wichtige Wissenstransfer behindert. Die regionale Wirtschaftsförderung kann bei der Initiierung von branchenübergreifenden Kooperationen als Kontaktvermittler und Impulsgeber fungieren. Da das Bundesland Thüringen über eine solide Unternehmensbasis im Bereich „grüne“ Wirtschaft verfügt, sollte es im Rahmen der GRW-Fördermöglichkeiten ein unternehmensgetriebenes Innovationscluster aus Herstellen von Technologien, Produkten und Dienstleistungen aus dem Bereich „grüner“ Transformationstechnologien anstoßen. Ein intensiverer Austausch befördert zudem, dass Unternehmen ihre Wertschöpfungsketten stärker regional ausrichten und erweitert damit die regionale wirtschaftliche Basis im Bereich der „grünen“ Wirtschaft.

Das Entstehen solcher lokalen Wertschöpfungsketten bietet Unternehmen die Möglichkeit, effektiver voneinander zu lernen und Synergien zu heben. Gerade auch bei der gegebenen Thüringer Wirtschaftsstruktur können größere mittelständische Unternehmen, die sich bereits gut mit der Thematik auskennen und Klimaschutzkonzepte erarbeitet haben, kleinere Zuliefererbetriebe dabei unterstützen, die von ihnen erstellten Vorprodukte zu dekarbonisieren. Die Vernetzung der Unternehmen kann flankierend durch Austauschformate insbesondere durch die Thüringer Energie- und GreenTech-Agentur (ThEGA) als künftiges „Kompetenzzentrum für Dekarbonisierung“ (siehe Kap. 4.6) sowie durch das Thüringer ClusterManagement im Rahmen der „RIS Thüringen“ unterstützt werden. Beide Einrichtungen sind mit der Thüringer Unternehmens-, Innovations- und Forschungslandschaft im Green-Tech-Bereich wohlvertraut. Sie können Unternehmen in

einer Wertschöpfungskette zusammenzubringen, aber auch die Etablierung cross-sektoraler Kollaborationen fördern. Beispielsweise kann die technologische Stärke in Sensorik genutzt werden, um verstärkt Innovationen in anderen Green-Tech-Bereichen wie in der Kreislaufwirtschaft anzustoßen. So treibt eine vorhandene Stärke Thüringens die Produktentwicklungen in weiteren Wirtschaftsfeldern voran. Die Marktdurchdringung der Thüringer Wirtschaft in den „grünen“ Märkten wird gestärkt und gleichzeitig entstehen „regionale Wertschöpfungsketten“.

### **4.5.3 Akquisitionsstrategie verstärkt auf „grüne“ Märkte ausrichten**

„Grüne“ Märkte kann das Bundesland durch die Ansiedlung von neuen Firmen, die bereits klimaschonend arbeiten, stärken. Das wichtigste Instrument ist in diesem Zusammenhang die Förderung im Rahmen der Richtlinie zur Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur“, (GRW-Richtlinie Teil I). Wie in Kap. 4.3 beschrieben, sind Nachhaltigkeit und Klimaschutz bereits relevante Auswahlkriterien bei der gewerblichen Förderung und sollen weiter gestärkt werden, so dass hier die Bedeutung der Ansiedlungspolitik für die Stärkung grüner Märkte weiter zunehmen wird.<sup>119</sup>

Im Rahmen der Ansiedlungsstrategie des Freistaats sollte geprüft werden, wo es technologische Lücken in den regionalen Wertschöpfungsketten in Thüringen gibt und ob Möglichkeiten bestehen, diese zu schließen. Die Identifikation solcher technologischen Lücken kann von der ThEGA, die im Austausch mit den für solche Entscheidungen relevanten Institutionen des Freistaats steht (siehe Kap 4.6), initialisiert werden. Die Anwerbung des Batterieherstellers CATL ist ein gutes Beispiel für eine Ansiedlung, die die bestehende Forschungs- und Wirtschaftslandschaft ergänzt. Durch die Ergänzung der Thüringer Batterieforschung um ein passendes Unternehmen kann das vorhandene Know-how nun genutzt und gestärkt werden. Technologielücken in anderen forschungsstarken Bereichen könnten auf ähnliche Weise geschlossen werden.

## **4.6 Handlungsfeld 6: Übergreifende Herausforderungen – Akteure zusammenbringen, neue Finanzierungsformen erschließen**

Die Thüringische Wirtschaft ist auf dem Weg zur Treibhausneutralität gefordert ihre Produktionssysteme, Rohstoffbedarfe und Produkte teilweise fundamental zu verändern. Um belastbare Entscheidungen zu treffen, benötigen die Unternehmen Informationen z.B. über klimaneutrale bzw. klimaschonende Prozesse, Verfahren, Verfügbarkeit alternativer Energieträger und Finanzierungsmöglichkeiten. Für eine schnelle und erfolgreiche Transformation brauchen insbesondere KMU einfach zugängliche und niedrigschwellige Informations- und Beratungsangebote in Form eines One-Stop-Shops.

Eine weitere Herausforderung der Transformation hin zu einer dekarbonisierten Energieversorgung und Wirtschaft besteht darin, die unterschiedlichen spezifischen Bedürfnisse und Entscheidungskompetenzen der vielen beteiligten Akteure abzustimmen (Unternehmen, Behörden, Energieversorger, Netzgesellschaften/betreiber, Kommunen). Damit die Wende gelingen kann, benötigt es eine Regelung der übergeordneten Themen wie Netzplanung, regulatorische und rechtliche Rahmenbedingungen, jeweils aber auch unter der Berücksichtigung individueller und unternehmerischer Aspekte. Daraus ergibt sich eine Komplexität, die einen hohen Informations- und Abstimmungsbedarf hervorbringt. Für erfolgreiche Transformation ist deshalb Kompetenzbündelung und enger Austausch der beteiligten Akteure aus Politik, Verwaltung und Wirtschaft auf verschiedenen Ebenen entscheidend.

---

<sup>119</sup> BMWK: Wirtschaft in den Regionen stärken, Online-Artikel, zuletzt abgerufen am 10.11.2022, abrufbar unter: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/regionalpolitik.html>.

#### 4.6.1 ThEGA als Kompetenzzentrum für Dekarbonisierung stärken

Mit der Thüringer Energie- und GreenTech-Agentur (ThEGA) verfügt das Bundesland Thüringen über eine Institution, die bereits heute mit vielfältigen Themen des Klima- und Umweltschutzes betraut ist und die als Kompetenzzentrum für die Dekarbonisierung gestärkt werden sollte. Vor allem sollte es darum gehen, die Bedürfnisse der Unternehmen abzudecken, aber als Schnittstellenfunktion auch andere Akteure, insbesondere die relevanten Behörden, einzubeziehen. Kernfunktionen des Kompetenzzentrums sind einerseits die Bündelung von Fachwissen in allen dekarbonisierungsrelevanten Themen, andererseits aber genauso die Dissemination dieses Wissens zu allen relevanten Akteuren. Dazu gehört, die Akteurinnen und Akteure proaktiv einzubinden und zu vernetzen. Folgende spezifische Aktivitäten sollten von der Kompetenzstelle umgesetzt werden:

- Unternehmen und Unternehmensverbünde für das Thema Dekarbonisierung sensibilisieren und die themenspezifische Vernetzung der Thüringer Unternehmen branchenübergreifend fördern
- Unternehmen und Unternehmensverbünde in allen Fragestellungen in Zusammenhang mit der Dekarbonisierung zu beraten bzw. eine entsprechende Beratung bei einer geeigneten Stelle organisieren. Eine Liste von beratenden Unternehmen, Organisationen, Anlaufstellen für Unternehmen mit spezifischen Beratungsbedarf aufbauen und zur Verfügung stellen. Errichtung und Weiterentwicklung verschiedener Formate des Wissenstransfers (z.B. über Leitfäden, Publikationen, Fachveranstaltungen, Best Practice Beispielen, Online-Tools wie z.B. der bereits bestehende Online-Rechner zur CO<sub>2</sub>-Bilanzierung „ecocockpit“)
- Eine Plattform zur Bildung unternehmerischer Konsortien anbieten und Unternehmen bei der Einwerbung von Fördermitteln auf europäischer und nationaler Ebene unterstützen (siehe auch Förderlotse Kap. 4.3)
- Einrichtung und Organisation eines Fachaustauschs zur gesamtheitlichen Netzplanung (siehe Kap. 4.1.3)

Mit der Einrichtung der Kompetenzstelle „Dekarbonisierung der Wirtschaft“ bei der ThEGA wurde ein wichtiger Schritt in diese Richtung bereits unternommen.

#### 4.6.2 Strukturierten Dialog mit relevanten Akteuren etablieren

Für eine zügige Reduzierung von Treibhausgasemissionen ist ein enges Zusammenspiel der involvierten Akteure matchentscheidend. Zu den Akteuren zählen insbesondere die Behörden, Unternehmen und Unternehmensverbände, Netzbetreiber und die Energieversorger. Der Freistaat sollte den Austausch und Dialog dieser Akteure in Form eines „Strukturierten Dialogs“ sicherstellen und etablieren.

Um dies zu organisieren, benötigt es ein Gremium der relevanten Verantwortlichen. Zu den Aufgaben gehört es, sich ein gemeinsames Bild über die Herausforderungen und Hindernisse zu schaffen sowie die Handlungsoptionen und Planungen der jeweiligen Akteure abzugleichen. Aufbauend auf diesen Austausch sind, je nach Thema von zu bestimmenden Akteuren, Maßnahmen und konkrete Vorschläge zu erarbeiten, um die Transformation voranzutreiben. Zu den zu bearbeitenden Themen gehört u.a. die Netzentwicklung, die Elektrifizierung, der Ersatz fossiler und Bezug alternativer Energie bzw. Rohstoffe.

Die Organisation dieses „Strukturierten Dialogs“ könnte institutionell bei der ThEGA angesiedelt werden, die als Schnittstelle zu allen beteiligten Akteuren fungieren kann. Sie wäre einerseits als Kompetenzstelle für Dekarbonisierung mit den Belangen der Unternehmen vertraut, aber andererseits auch über ihre Organisationsstruktur mit den Landesbehörden vernetzt.

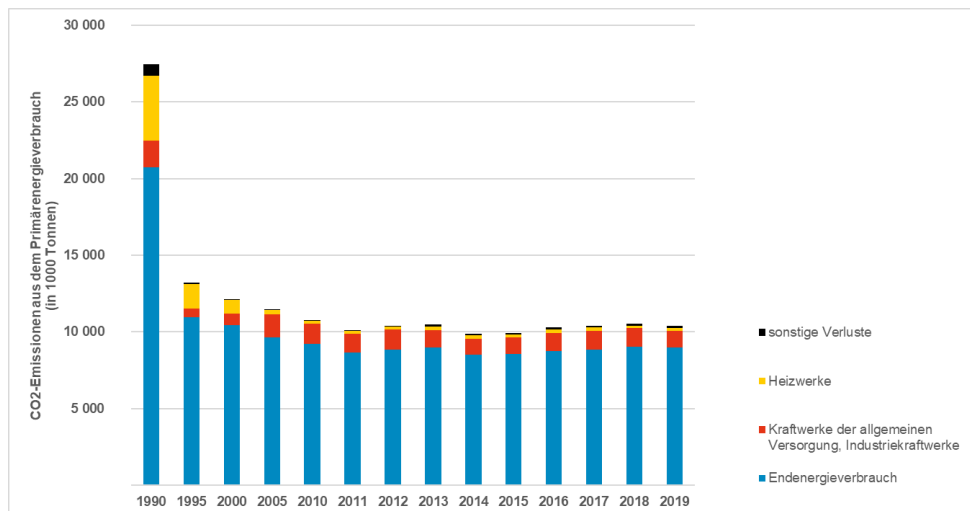
#### **4.6.3 „Grüne“ Anleihen zur Finanzierung des Transformationsprozesses prüfen**

Der Transformationsprozess zur Treibhausgasneutralität ist mit erheblichen Investitionsbedarfen verbunden (Umstellung von Produktionsprozessen in Unternehmen, Auf- und Ausbau sowie Modernisierung von Infrastrukturen, Sanierung von Gebäuden usw.). Hierfür ist zum Teil der Staat gefordert, es muss aber ebenfalls in großem Umfang privates Kapital mobilisiert werden. Als ein Instrument zur Finanzierung dieser Investitionen sollte der Freistaat Thüringen die Ausgabe von „grünen“ Anleihen prüfen, ggf. zur Finanzierung eines langfristigen Sondervermögens. Ein Vorteil solcher Anleihen ist, dass regulatorisch genaue Vorgaben dafür bestehen, welche Art von Projekten finanziert werden dürfen. Angeknüpft werden kann an die Erfahrungen mit nachhaltigen Anleihen z.B. der Bundesländer Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen und Hessen.

## 5 Anhang

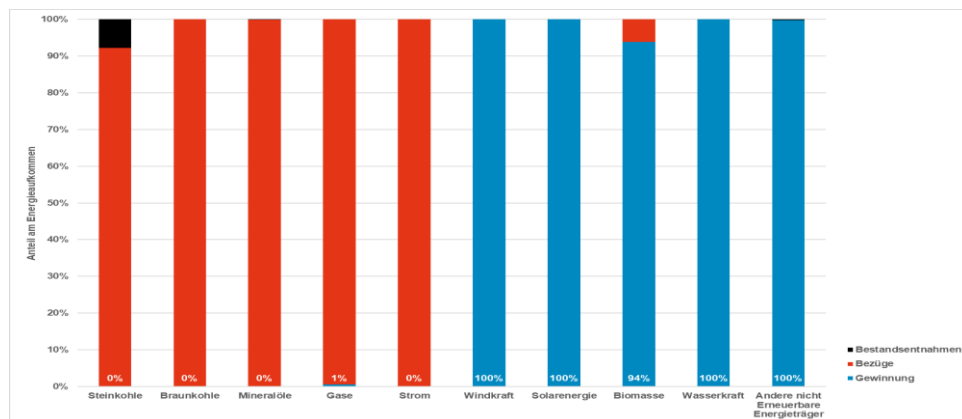
### 5.1 Abbildungs- und Tabellenanhang

Abbildung A-1: CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Emittentensektoren in Thüringen (1990-2019)



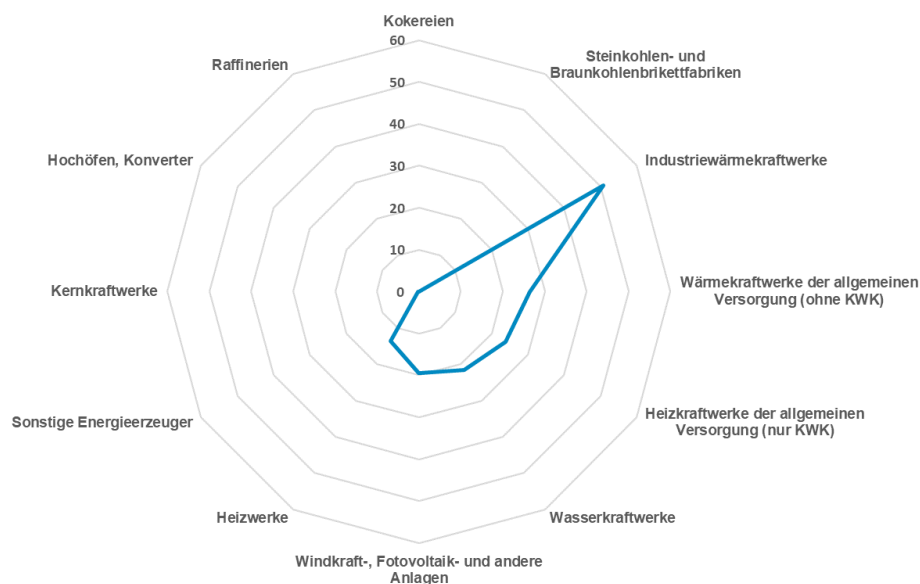
Quelle: Thüringer Landesamt für Statistik, Erfurt, 2022; Energiebilanz und CO<sub>2</sub> - Bilanz Thüringens 2019

Abbildung A-2: Anteil Gewinnung am Energieaufkommen nach Energieträgern Thüringens in 2019



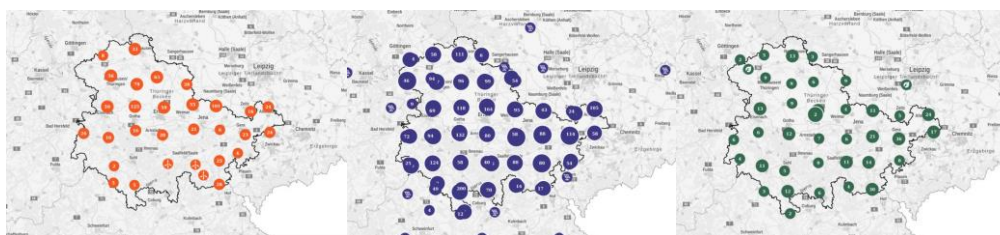
Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen (2022): Energiebilanz Thüringen 2019

**Abbildung A-3: Anteil der Umwandlungsverluste am Umwandlungseinsatz in Prozent (2019)**



Quelle: Thüringer Landesamt für Statistik (2022): Energiebilanz und CO<sub>2</sub> - Bilanz Thüringens 2019

**Abbildung A-4: Lage dezentraler Stromerzeugungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energien in Thüringen (Stand 30.09.2022)**



Anmerkung: von links nach rechts: Windenergieanlagen (orange), Photovoltaikanlagen (blau), Biomasse-KWK-Anlagen (grün).

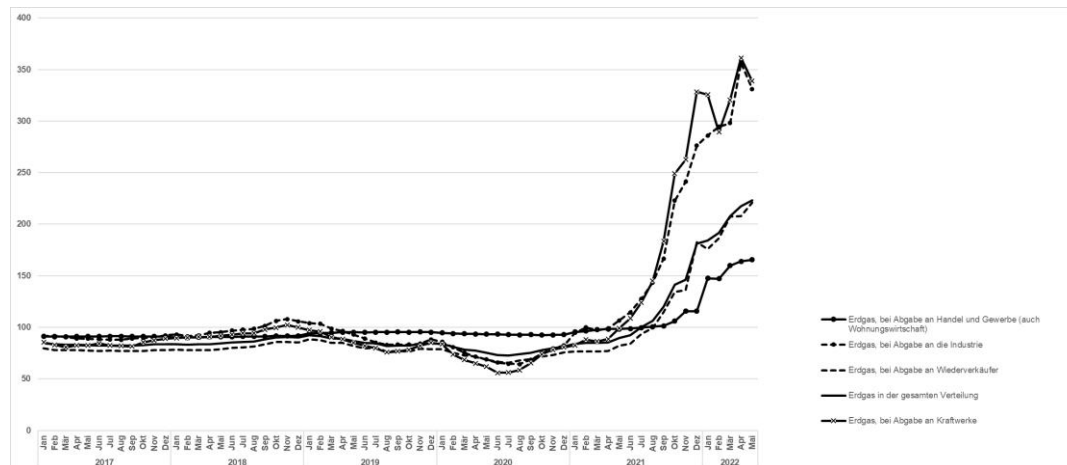
Quelle: Energieatlas Thüringen, abgerufen am 30.09.2022. Bestehende Windenergieanlagen in Thüringen: Die Datenbasis stammt vom Thüringer Landesverwaltungsamt (Stichtag: 31.12.2021). Die Daten werden jährlich nach Freigabe durch das Thüringer Landesverwaltungsamt aktualisiert. Photovoltaikanlagen. Die Datenbasis stammt aus dem Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur (BNetzA). Es handelt sich um Stromerzeugungsanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung größer 30 kW, die mit solarer Strahlungsenergie betrieben werden und zumindest teilweise Zuschlagszahlungen nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz erhalten bzw. erhalten haben. Die Daten werden automatisch über eine definierte Schnittstelle aktualisiert. Weitere Informationen finden Sie unter: <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR>. Biomasse-Großanlagen: Die Datenbasis stammt aus dem Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur (BNetzA). Es handelt sich um Stromerzeugungsanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung größer 30 kW, die mit fester Biomasse (in erster Linie Holz) oder gasförmiger Biomasse (Biogasanlagen) betrieben werden und zumindest teilweise Zuschlagszahlungen nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz erhalten bzw. erhalten haben. Die Daten werden automatisch über eine definierte Schnittstelle aktualisiert. Biomasse-Kleinanlagen: Es handelt sich um Stromerzeugungsanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung bis 30 kW. Aus Datenschutzgründen werden diese Anlagen nicht einzeln am genauen Standort, sondern lediglich kumuliert in der jeweiligen Kommune angezeigt. Die Datenbasis stammt aus dem Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur (BNetzA). Die Anlagen werden mit fester Biomasse (in erster Linie Holz) oder gasförmiger Biomasse (Biogasanlagen) betrieben und erhalten bzw. erhielten zumindest teilweise Zuschlagszahlungen nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz. Die Daten werden automatisch über eine definierte Schnittstelle aktualisiert

**Abbildung A-5: Lage dezentraler Wärmeerzeugungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energien in Thüringen (Stand 30.09.2022)**



Anmerkung: von links nach rechts: Biomasseheizanlagen (braun), Solarthermieranlagen (gelb), Wärmepumpen (grün).  
 Quelle: Energieatlas Thüringen, abgerufen am 30.09.2022. Biomasseheizanlagen: Dieser Datensatz enthält Heizungsanlagen, die mit Scheitholz, Holzhackschnitzeln oder Holzpellets betrieben werden und über das BAfA-Marktanreizprogramm für Erneuerbare Energien im Wärmemarkt gefördert worden sind. Aus Datenschutzgründen werden diese Anlagen nicht einzeln am genauen Standort, sondern lediglich kumuliert in der jeweiligen Kommune angezeigt. Weitere Informationen zum Förderprogramm finden Sie [hier](#). Hinweis: Nichtgeförderte Anlagen sind nicht in dem Datensatz enthalten. Das betrifft alle Wärmeerzeugungsanlagen auf Basis Erneuerbarer Energien, die bis 2019 im Zuge eines Neubaus installiert worden sind. Solarthermieranlagen: Dieser Datensatz enthält solarthermische Anlagen, die zur Warmwasserbereitung sowie zur Heizungsunterstützung genutzt werden und über das BAfA-Marktanreizprogramm für Erneuerbare Energien im Wärmemarkt gefördert worden sind. Aus Datenschutzgründen werden diese Anlagen nicht einzeln am genauen Standort, sondern lediglich kumuliert in der jeweiligen Kommune angezeigt. Weitere Informationen zum Förderprogramm finden Sie [hier](#). Hinweis: Nichtgeförderte Anlagen sind nicht in dem Datensatz enthalten. Das betrifft alle Wärmeerzeugungsanlagen auf Basis Erneuerbarer Energien, die bis 2019 im Zuge eines Neubaus installiert worden sind. Wärmepumpen: Dieser Datensatz enthält elektrisch betriebene Wärmepumpen, die über das BAfA-Marktanreizprogramm für Erneuerbare Energien im Wärmemarkt gefördert worden sind. Aus Datenschutzgründen werden diese Anlagen nicht einzeln am genauen Standort, sondern lediglich kumuliert in der jeweiligen Kommune angezeigt. Weitere Informationen zum Förderprogramm finden Sie [hier](#). Hinweis: Nichtgeförderte Anlagen sind nicht in dem Datensatz enthalten. Das betrifft alle Wärmeerzeugungsanlagen auf Basis Erneuerbarer Energien, die bis 2019 im Zuge eines Neubaus installiert worden sind.

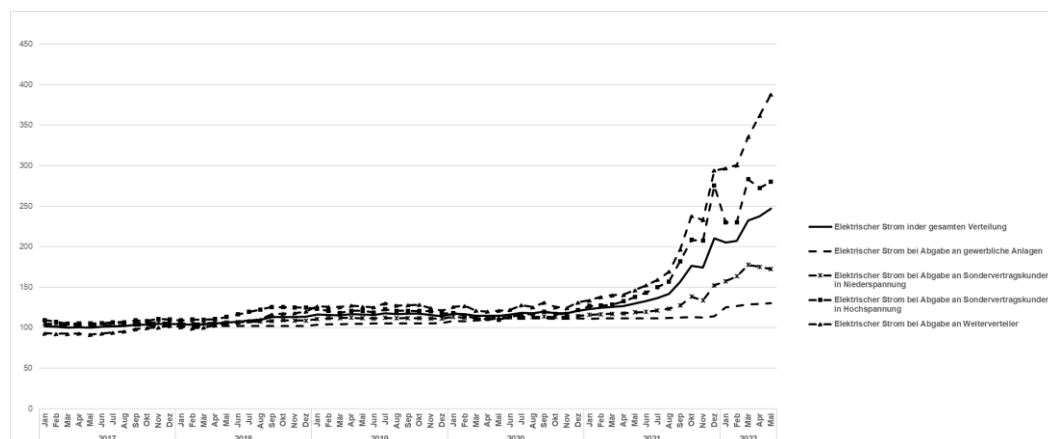
**Abbildung A-6: Entwicklung der Erzeugerpreise für Erdgas in Deutschland nach Abnehmer 2017 - 2022 (Basis 100 = 2015)**



Quelle: Statistisches Bundesamt, 2022, Preise, Daten zur Energiepreisentwicklung, Lange Reihe von Januar 2005 bis Mai 2022 und Pressemitteilung Nr. N 016 vom 29. März 2022



**Abbildung A-7: Entwicklung der Erzeugerpreise für elektrischen Strom in Deutschland nach Abnehmer 2017 - 2022 (Basis 100 = 2015)**



Quelle: Statistisches Bundesamt, 2022, Preise, Daten zur Energiepreisentwicklung, Lange Reihe von Januar 2005 bis Mai 2022 und Pressemitteilung Nr. N 016 vom 29. März 2022

**Tabelle A-1: Zusammensetzung des Benchmarking-Samples**

Benchmarking-Regionen				
Region	Land	Kernstadt	Bevölkerung	Zusammensetzung
Thüringen	DE	Erfurt	2'143'075	Bundesland
Südosttschechien	CZ	Brno	1'699'385	Oblasti
Niederösterreich	AT	St. Pölten	1'687'273	Bundesland
Oberfranken	DE	Bayreuth	1'067'995	Governments regions
Süddänemark	DK	Vejle	1'226'794	Regioner
Baskenland	ES	Bilbao	2'181'945	Comunidades y ciudades autónomas
Elsass	FR	Strasbourg	1'897'772	Régions
Nordbrabant	BE	Eindhoven	2'558'410	Provincies
Pommern	PL	Gdansk	2'312'052	Województwa
Westschweden	SE	Göteborg	2'062'990	Riksområden
Westslowakei	SK	Nitra	1'824'794	Zoskupenia Karajov
Derby- und Nottinghamshire	UK	Nottingham	2'224'694	Groups of counties: Derby, East Derbyshire, Nottingham, North Nottinghamshire, South Nottinghamshire
Referenzregionen				
Ostdeutsche Flächenländer	DE	-	2'512'808	Thüringen, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt
Deutschland	DE	-	83'477'018	Land
Osteuropa Ø	-	-	13'187'098	PL, CZ, SK, HU, SI
Westeuropa	-	-	-	AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, IE, IT, LU, NL, NO, SE, UK

Quelle: BAK Economics

Tab. A-2 BAK Attractiveness Index: Bereiche und Indikatoren

BAK Attractiveness Index	
Unternehmen	Talente
Staat	Staat
Index der globalen Erreichbarkeit	Index der kontinentalen Erreichbarkeit
Index der Arbeitsmarktregulierung	Freiheitsindex
Index der Produktmarktregulierung	Index der Steuerlast für Hochqualifizierte Singles EUR 100'000
Index der Unternehmensbesteuerung	
Business	Business
Korruptionsindex	Index des Wachstums der Beschäftigten von GVA-intensiven Branchen
Doing Business Index	Index des Anteils der Beschäftigten von GAV- intensiven Branchen
Index des Anteils der Bruttowertschöpfung von GAV-intensiven Branchen	Index der Beschäftigten mit tertiärer Ausbildung
Index der Marktgröße	
Wissenschaft	Gesellschaft
Index der Beschäftigten mit sekundärer oder tertiärer Ausbildung	Index der Beschäftigten in der Unterhaltungsindustrie und im Gastgewerbe
Index der Patentintensität	Index der Beschäftigten im Gesundheitssektor
Index der gesamten F&E Ausgaben	Index der Qualität der Universitäten
Index der Qualität der Universitäten	

Quelle: BAK Economics

Tab. A-3 Wertschöpfungsanteile energieintensiver Branchen nach Kreisen, Thüringen, 2019

Wertschöpfungsanteil in % der Gesamtwirtschaft								
Region	Holz	Papier	Chemische Erzeugnisse	Gummi- und Kunststoffwaren	Metallerzeugung	Glas und Glaswaren	Summe Energieintensive Branchen	
Erfurt		0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%
Eisenach		0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.1%	0.2%
Suhl		0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.3%
Gera		0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.1%	0.3%	0.7%
Weimar		0.1%	0.1%	0.7%	0.0%	0.0%	0.1%	0.9%
Jena		0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.7%	0.9%
Sömmerda		0.0%	0.1%	0.7%	0.8%	0.5%	0.8%	3.0%
Kyffhäuserkreis		0.2%	0.0%	0.3%	2.6%	0.0%	0.1%	3.2%
Nordhausen		0.2%	1.4%	0.0%	1.0%	0.5%	1.2%	4.4%
Altenburger Land		0.1%	1.5%	0.1%	1.9%	0.9%	0.3%	4.6%
Eichsfeld		0.4%	1.2%	0.3%	1.4%	0.4%	1.2%	5.0%
Unstrut-Hainich-Kreis		0.2%	0.1%	0.2%	1.0%	2.1%	1.7%	5.3%
Weimarer Land		0.1%	0.0%	2.9%	1.6%	0.3%	0.6%	5.5%
Schmalkalden-Meiningen		0.2%	1.2%	0.5%	3.0%	0.3%	0.7%	5.9%
Ilm-Kreis		1.1%	0.9%	0.8%	1.4%	0.4%	2.0%	6.6%
Saale-Holzland-Kreis		0.3%	0.6%	0.1%	1.5%	1.3%	3.3%	7.1%
Hildburghausen		0.2%	0.3%	1.7%	2.3%	0.5%	3.0%	8.0%
Wartburgkreis		1.1%	1.1%	1.5%	2.0%	2.2%	0.3%	8.2%
Greiz		1.3%	0.8%	2.0%	1.7%	0.6%	2.4%	8.6%
Gotha		0.3%	0.0%	1.2%	6.3%	0.2%	0.7%	8.8%
Saalfeld-Rudolstadt		0.3%	0.6%	1.9%	2.4%	2.7%	1.7%	9.7%
Saale-Orla-Kreis		3.0%	1.8%	1.0%	6.5%	1.7%	1.4%	15.3%
Sonneberg		0.1%	1.0%	1.9%	3.9%	0.5%	8.0%	15.5%

Quelle: BAK Economics

## 5.2 Tabellarische Zusammenfassung der Stärken und Schwächen

Die Synthese der Analyse fasst die wichtigen festgestellten Stärken und Schwächen der Thüringer Wirtschaft in einem Tableau zusammen.

Stärken	Schwächen
Wirtschaftskraft	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Stundenproduktivität ist in Thüringen höher als in osteuropäischen Vergleichsländern.</li> <li>Die Stundenproduktivität hat in Thüringen stärker zugenommen als in den Vergleichsregionen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Thüringen ist eine unterdurchschnittlich wohlhabende Region.</li> <li>Thüringen ist eine leicht unterdurchschnittlich wachsende Region, u.a. ausgelöst durch ein rückläufiges Arbeitskräftepotenzial und schrumpfender Beschäftigung.</li> <li>Die Thüringer Gesamtwirtschaft verfügt über eine niedrigere Arbeitsproduktivität als Deutschland und Westeuropa. Diese Produktivitätslücke ist vor allem bei Großbetrieben festzustellen. Die Arbeitsproduktivität der größeren KMU hat deutlich zugenommen und liegt leicht über deutschem Niveau.</li> </ul>
Industriestandort	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Thüringen ist stark industriell geprägt mit einer diversifizierten Industriestruktur.</li> <li>Das Bundesland ist im Hochtechnologiebereich (Herstellung von DV-geräten, Elektronik/Optik) spezialisiert. Außerdem gibt es eine starke Spezialisierung im Bereich Automobil (v.a. Zuliefererindustrie).</li> <li>Die Investitionsgüterindustrie und der Fahrzeugbau sowie Papierindustrie &amp; Gummi-/Kunststoffindustrie sind vergleichsweise überdurchschnittlich gewachsen.</li> <li>Das Thüringer Verarbeitende Gewerbe hat einen Produktivitätsvorteil gegenüber den osteuropäischen Vergleichsländern sowie im regionalen Benchmarking-Vergleich in den Schlüsselindustrien wie Fahrzeugbau und Elektronik &amp; Optik.</li> <li>Thüringen weist einen vergleichsweise hohen Anteil an wertschöpfungsintensiven Branchen auf.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Das Verarbeitende Gewerbe ist im Vergleich zu Deutschland und Westeuropa weniger produktiv.</li> <li>Unternehmensnahe und IKT-Dienstleistungen sind unterrepräsentiert.</li> <li>Die Thüringer Wirtschaft setzt bisher weniger „Internet of Things“ in der Produktion ein als die gesamtdeutsche.</li> <li>Die wertschöpfungsintensiven Branchen wachsen im Benchmarking-Vergleich weniger stark.</li> </ul>
Standortattraktivität Unternehmen	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Deutschland wie Thüringen weisen im internationalen Benchmarking-Vergleich gute staatliche nationale Regulierungen und gutes Geschäftsumfeld auf.</li> <li>Thüringen hat eine gute globale Erreichbarkeit.</li> <li>In Thüringen als kleines Land ist der Austausch zwischen Politik und Wirtschaft leicht möglich.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unternehmenssteuern sind in Deutschland bzw. Thüringen v.a. in Bezug auf die osteuropäischen Vergleichsregionen hoch.</li> <li>Thüringen weist Lücken in der digitalen Infrastruktur auf.</li> <li>Der öffentliche Verkehr ist außerhalb der größeren Städte schlecht ausgebaut.</li> </ul>

Stärken	Schwächen
Fachkräfte	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Arbeitskräftepotenzial ist im Freistaat gut ausgebildet.</li> <li>• Die Lebensqualität für Familien wird als Attraktivitätsvorteil für Thüringen wahrgenommen.</li> <li>• In Thüringen gibt es bereits zahlreiche Initiativen, um Fachkräfte anzuziehen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In Thüringen herrscht ein zunehmender Fachkräfte- und Arbeitskräftemangel.</li> <li>• Der internationale Benchmarking-Vergleich zeigt, dass es einen geringeren Anteil von Absolventen von Hochschulen oder ähnlicher Qualifikation in Thüringen gibt.</li> <li>• Der Fachkräftemangel ist vor allem Folge der demographischen Entwicklung und zu geringer Zuwanderung).</li> <li>• Thüringen und die Thüringer Industrie werden von außen von Fachkräften als wenig attraktiv wahrgenommen.</li> <li>• Infrastrukturdefizite im öffentlichen Verkehr mindern auch die Attraktivität für Fachkräfte.</li> </ul>
Innovation und Forschung	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• F&amp;E-Ausgabenintensität ist in Thüringen überdurchschnittlich hoch, was vor allem an vielen staatlichen Forschungseinrichtungen liegt.</li> <li>• Thüringen verfügt über eine gute Hochschullandschaft und zahlreichen außeruniversitären Forschungseinrichtungen, die auch zu den in Thüringen angesiedelten Industrie- und Umweltschwerpunkten passen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die F&amp;E-Ausgabenintensität des Unternehmenssektors ist unterdurchschnittlich.</li> <li>• Die Patentintensität ist im internationalen Vergleich für einen Industriestandort zu gering.</li> <li>• Die im Vergleich geringeren Innovationsaktivitäten der Thüringischen Unternehmen werden vor allem auf die Unternehmensstruktur (kleinteilig und teilweise wenig forschungsintensive Großbetriebe („verlängerte Werkbänke“) zurückgeführt.</li> </ul>
Energieverfügbarkeit und -produktion	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Energiemix Thüringens entwickelt sich zugunsten erneuerbarer Energieträger.</li> <li>• Thüringen liegt an vielen Energie-Transferleitungen.</li> <li>• Wasserstoff könnte ein möglicher Geschäftszweig Thüringens werden (zum Beispiel: Chemiestandorte im geografischen Umfeld, Unternehmen außerhalb Thüringens könnten mögliche Abnehmer sein).</li> <li>• Das Agro-PV Potential ist in Thüringen verhältnismäßig groß.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Energiemix Thüringens basiert noch stark auf fossilen Energieträgern (2/3) und auch auf Erdgas.</li> <li>• Strom wird in Thüringen zumeist importiert.</li> <li>• Durch den Ukraine-Krieg steigen Gas-, aber auch Strompreise in Deutschland und Thüringen stark an.</li> <li>• Die Verfügbarkeit von EE-Strom ist in Thüringen begrenzt u.a. wegen Stillstands beim Windausbau und auch die Ausbauziele Thüringens sind viel niedriger als die Vorgaben des Wind-an-Land-Gesetzes.</li> <li>• Die Bürokratie wird für die Stromeigenproduktion in Thüringen als hemmend wahrgenommen.</li> <li>• Die Netzbetreiber in Thüringen werden von den Experten als unzureichend innovativ eingestuft.</li> <li>• Die Investitionszyklen der Industrie und die Infrastrukturbereitstellung (etwa Netzanschluss) sowie deren Kommunikation wird als nicht ausreichend synchronisiert und damit als großes Hemmnis bei der Dekarbonisierung wahrgenommen.</li> </ul>
Energie als Produktionsfaktor	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Wirtschaftswachstum Thüringens ist vor allem durch die nicht-energieintensiven Branchen getrieben.</li> <li>• Gas als Rohstoff (nicht-energetischer Verbrauch) ist in Thüringen aufgrund seiner Wirtschaftsstruktur weniger wichtig als in anderen Bundesländern.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Internationale Wettbewerbsfähigkeit könnte durch mögliches Auslaufen der kostenlosen Zuteilung im EU ETS leiden, da sich damit der Kostendruck erhöht.</li> <li>• In einigen Branchen wie Chemie, Druck, Fahrzeugbau, Nahrungsmittel und Metallerzeugung besteht eine sehr hohe Abhängigkeit von Gas, die vor dem Hintergrund der stark steigenden Gaspreise unter Kostendruck stehen.</li> <li>• Die durch den Ukraine-Krieg ausgelöste Energiekrise bergen die Gefahr von Unternehmensstilllegungen oder Insolvenzen von energieintensiven Betrieben.</li> </ul>

Stärken	Schwächen
Energieeinsparung (-spotenzial und Dekarbonisierungsmöglichkeiten)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Die großen Verbraucherunternehmen verfügen über eine Dekarbonisierungsstrategie.</li> <li>Die starken Energiepreisteigerungen machen Investitionen in Energieeffizienz und dekarbonisierte Produktionsverfahren attraktiver (schnelleres Erreichen des return of investment).</li> <li>Mit der Dekarbonisierung einiger Großverbraucher kann viel erreicht werden und mit der Umstellung der Produktionsverfahren in sehr energieintensiven Branchen wie Stahl, Glas, Papier kann ein substanzieller Teil an Energieverbrauch und damit Emissionen reduziert werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>In Thüringen gab es in den letzten zwei Jahrzehnten keine nennenswerten Fortschritte in der Industrie, um den absoluten Energieverbrauch (Energie/ CO<sub>2</sub>) zu senken.</li> <li>Die Breite der Unternehmen (v.a. auch kleinere, nicht energieintensive Unternehmen) sind zu wenig aktiv in Bezug auf Energieeinsparungen und Innovationen in Dekarbonisierung.</li> <li>Von Unternehmerseite wurde bei der Dekarbonisierung auf die langen Investitionszyklen und die fehlende Planungssicherheit der Energieträger (Art, Verfügbarkeit, Preis) hingewiesen.</li> </ul>
Spezifische Technologien: Optik/Sensorik (Advanced Manufacturing)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Branche Optik/Sensorik liefert wichtige Bausteine für den Bereich Advanced Manufacturing und Green Tech.</li> <li>Sensoren und Laser können die Ressourcen/Energie-Effizienz in der Produktion erhöhen (z.B. weniger Verschleiss durch Predictive Maintenance).</li> <li>Sensoren und Laser spielen bei der Produktion von Solarzellen sowie Batterien, bei energieeffizienter Beleuchtung (LEDs) oder bei Recycling-Prozessen eine wichtige Rolle.</li> <li>Die Nachfrage nach Sensoren und Laser-Technologien dürfte weltweit deutlich zunehmen.</li> <li>Thüringen ist ein führender Optik- und Sensorik-Standort mit hervorragenden Forschungsakteuren (Carl Zeiss, Jenoptik, Bosch, Fraunhofer, Uni Jena), die viele Weltklassepatente besitzen. Sie halten einen überdurchschnittlich hohen Anteil an Weltklassepatenten im Vergleich zu Deutschland.</li> </ul>	
Spezifische Technologien: Erneuerbare Energien	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Es gibt ein hohes Nachfragewachstum im Bereich Erneuerbare Energien – gerade bei Solar und Wind.</li> <li>Es gibt viele Solarpatente aus Thüringen, einige gehören allerdings mittlerweile in- und ausländischen Unternehmen.</li> <li>Thüringen hat Stärken in Nischen der Solartechnik (z.B. X-Fab entwickelt Wechselrichter, SCHOTT liefert Spezialglas für Solarthermische Kraftwerke).</li> <li>Eine neue Modul-Fertigungsanlage wurde kürzlich in Thüringen eröffnet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es besteht ein hoher Kostendruck bei den EE-Produktionsanlagen von Wind und Solar.</li> <li>Im Solarbereich gibt es eine sehr starke asiatische Konkurrenz, was zu einer rückläufigen Produktion in Thüringen in den letzten 10 Jahren führte und damit auch zu einem gewissen Kompetenzverlust.</li> <li>Im Bereich Solar und Wind gibt es ein unterdurchschnittliches Patentwachstum in Thüringen und einen geringen Anteil an Weltklassepatenten.</li> <li>Bei den anderen Technologiefeldern (Wind, Geothermie, Biogas, Smart Grid) gibt es wenige Patente aus Thüringen.</li> </ul>

Stärken	Schwächen
<b>Spezifische Technologien: Energiespeicherung, Wasserstoffwirtschaft, Elektromobilität</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Energiespeicherung ist zentral für Dekarbonisierung, sei es beim Ausbau der erneuerbaren Energien oder der Elektromobilität, weshalb von einem hohen Nachfragewachstum auszugehen ist.</li> <li>In Thüringen gibt es viel Know-how im Batteriebereich und eine hohe Forschungseffizienz (Uni Jena, Jena Batteries, Fraunhofer).</li> <li>Die Ansiedlung des Produktionswerks von CATL sollte im Batteriesektor für Rückenwind sorgen und auch Zulieferer anlocken.</li> <li>Es gibt ein hohes Wachstum bei Patenten zur Energiespeicherung sowie bei Wasserstoff-/Brennstoffzellenpatenten und auch eine hohe Forschungseffizienz (viel Weltklasse) in Thüringen.</li> <li>Eine Chance könnte das große Know-how bei Redox Fluss Batterien (z.B. für stationäre Speicher) sein. Hier ist allerdings noch unsicher, ob sich diese Art von Batterien kommerziell durchsetzen wird.</li> <li>Viele Automobilzulieferer in Thüringen sind aktiv in der Produktion und Forschung. Dies ist eine große Chance, wenn diesen Unternehmen der Wandel zur Elektromobilität gelingt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Kosten für der Gewinnung von grünem Wasserstoff sind derzeit noch sehr hoch und nicht rentabel.</li> <li>Thüringen hält nur einen kleinen Anteil an den gesamtdeutschen Patenten sowohl bei Energiespeicherung als auch bei Wasserstoff/Brennstoffzellen.</li> <li>In Thüringen ist das Patentwachstum bei Lithium-Batterien und Elektro-/Hybrid-Fahrzeugen im nationalen Vergleich gering.</li> </ul>
<b>Spezifische Technologien: Kreislaufwirtschaft/Energieeffiziente Gebäude</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Die hohen Energiepreise sorgen für einen Nachfrageboom bei Wärmepumpen und Dämmungsmaßnahmen.</li> <li>Kreislaufwirtschaft und Recycling wird im Zuge der Dekarbonisierung immer wichtiger.</li> <li>Ohne Carbon Capture dürften die Klimaziele mittel- und langfristig nicht erreichbar sein.</li> <li>Thüringen hat dank Fraunhofer und MUW eine hohe Forschungsqualität bei Carbon Capture.</li> <li>In Thüringen nehmen zwar Patente zum Thema Wärmedämmung deutlich zu, aber der Patentbestand ist insgesamt noch klein.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carbon Capture Verfahren sind allesamt noch teuer und daher noch nicht praxistauglich. Zudem fehlt es an Infrastruktur (Was tun mit CO<sub>2</sub>).</li> <li>Thüringen besitzt fast keine Patente im Bereich Wärmepumpen.</li> <li>Insgesamt gibt es in Thüringen noch wenig Patente im Bereich Kreislaufwirtschaft und nur moderates Patentwachstum.</li> </ul>
<b>„Grüne“ Märkte</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Thüringen verfügt über eine bedeutende exportorientierte Umweltwirtschaft.</li> <li>Umfangreiches Know-how in Verfahrens-, Mess-, Steuer-, Regeltechnik sowie der Sensorik mit Top-Forschungsunternehmen (Carl Zeiss, Jenoptik, Bosch) als auch Top Forschungsinstitute (Uni Jena, Fraunhofer)</li> <li>Es sind Kompetenzen in Materialentwicklung vorhanden.</li> <li>Hohe Anzahl an Patenten im Bereich Solar mit vielen innovativen Zulieferer (Jenoptik, Schott, X-Fab).</li> <li>Produktionswerk von CATL sollte im Batteriesektor für Rückenwind sorgen und auch Zulieferer anlocken.</li> <li>Viel Know-how ist in der Batterieforschung vorhanden.</li> <li>Viele wichtige Automobilzulieferer in der Forschung in TH aktiv (Bosch, ZF).</li> <li>Der umweltwirtschaftliche Leitmarkt „Rohstoff- und Materialeffizienz“ ist am umsatzstärksten.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eine negative Umsatzentwicklung weist der Leitmarkt Kreislauf- und Abfallwirtschaft auf.</li> <li>Es sind wenige Patente im Bereich Kreislaufwirtschaft sowie bei energieeffizienten Gebäuden vorhanden.</li> <li>Das Patentwachstum im Bereich Elektromobilität in Thüringen ist unterdurchschnittlich.</li> <li>Es besteht eine starke asiatische Konkurrenz in der Solarenergie.</li> <li>„Grüne“ Produkte (z.B. Stahl) sind teilweise nicht wettbewerbsfähig, da sie im Vergleich zu „konventionellen“ Produkten teurer sind.</li> <li>Thüringen ist nicht als Green Tech Standort bekannt.</li> </ul>

## 5.3 Methodik der Technologieanalyse

### 5.3.1 Konzept

Patentauswertungen erlauben die Messung, Analyse und Bewertung der Forschungsaktivitäten in verschiedenen Technologien von Unternehmen und Regionen im internationalen Vergleich. Die Datengrundlage für die Analyse der Patentfamilien ist die OECD Regpat. Diese Datenbank beinhaltet Informationen zur regionalen Verteilung von Patenten, die beim Europäischen Patentamt oder international nach dem Patentrechtsabkommen (PCT - Patent Cooperation Treaty) angemeldet wurden. Die regionale Zuteilung basiert auf den Forscheradressen. Die Forschungsleistung wird somit gemessen, wo sie effektiv stattfindet.

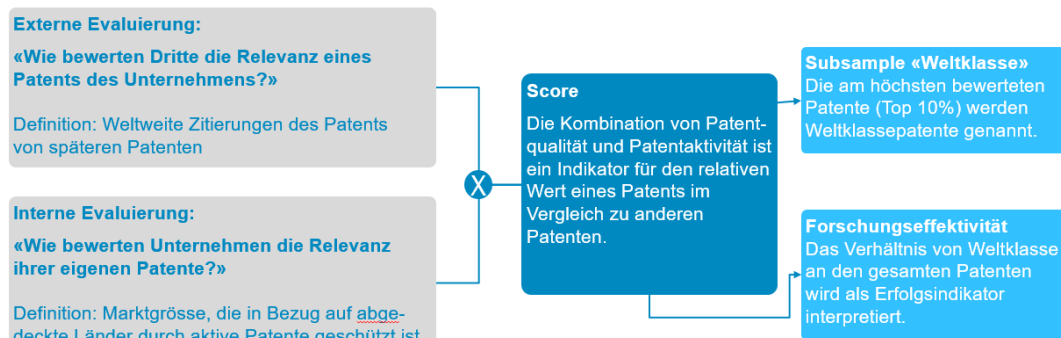
Neben den Forscheradressen liefern die Patente zudem Informationen zum Besitzer des Patents, meist ein Unternehmen bzw. ein Forschungsinstitut. Anhand der Patentdaten kann gezeigt werden, welche Unternehmen bzw. Forschungseinrichtungen über die größten (Weltklasse-)Patentportfolios in den Schlüsseltechnologien in den neuen Ländern verfügen. Auf Unternehmensebene kann somit auch ermittelt werden, ob die Forschung vor allem von Großunternehmen getrieben wird, oder ob KMUs und Start-Ups auch über relevante (Weltklasse-)Patentbestände verfügen.

BAK analysiert den aktiven Bestand an Patentfamilien statt nur Patentanmeldungen. Die aktiven Patentfamilien enthalten neben aktuellen Patentanmeldungen, bei denen das Bewilligungsverfahren noch läuft, auch Anmeldungen aus früheren Jahren, die bewilligt wurden und die weiterhin aktiv sind, d.h. die jährlichen Patentgebühren werden weiterhin bezahlt und der Patentschutz ist noch nicht abgelaufen ist.

Ein besonderer Fokus der Analysen liegt auf der Spitzenforschung. Die Messung der Patentstärke im Sinne der Innovationskraft wird anhand eines Bewertungsansatzes von PatentSight mithilfe der Patentaktivität und der Patentqualität ermittelt. Als Patentaktivität wird die Marktabdeckung definiert, das heißt die Anzahl der weltweit abgedeckten Länder, adjustiert für die Marktgröße. Da die internationale Patentierung kostenintensiv ist, signalisiert eine breite internationale Marktabdeckung, dass der Patentanmelder von seinem Patent überzeugt ist und sich viel davon verspricht (interne Evaluierung). Die Patentqualität entspricht der technologischen Relevanz, diese wird anhand von Verweisen und Zitaten des Patentbesitzers von Dritten gemessen. Je mehr Verweise und Zitate, umso wichtiger ist die Erfindung im Vergleich zu anderen Patenten der gleichen Technologie (externe Evaluierung).

Die Kombination aus Patentaktivität und Patentqualität ergibt einen Wert für jedes einzelne Patent. Somit können die Patente innerhalb der Technologien nach ihrer Relevanz sortiert werden. Die weltweit obersten 10% der Patente in jeder Technologie werden als Weltklassepatente definiert. Anhand der Anzahl der Weltklassepatente kann dann die Forschungsqualität und -effizienz aufgezeigt werden.

## Bewertung der Patente



Quelle: BAK Economics, IGE, PatentSight

### 5.3.2 Verwendete Green Tech Technologien

Für die Technologieanalyse wurde auf Green Tech Technologiedefinitionen der World Intellectual Property Organisation sowie auf von BAK Economics zusammen mit dem Eidgenössischen Institut für geistiges Eigentum (IGE) entwickelte Definitionen zurückgegriffen. Diese verschiedenen Green Tech Patentdefinitionen wurden in folgende Themen eingeteilt:

#### 1. Erneuerbare Energien:

**Solarenergie:** Als Sonnenenergie oder Solarenergie bezeichnet man die Energie der Sonnenstrahlung, die in Form von elektrischem Strom, Wärme oder chemischer Energie technisch genutzt werden kann. Mit Hilfe der Solartechnik lässt sich die Sonnenenergie auf verschiedene Arten nutzen. Direkte Nutzungsformen umfassen z.B. Sonnenkollektoren, die Wärme gewinnen (Solarthermie bzw. Photothermik), Solarzellen, die elektrischen Gleichstrom erzeugen (Photovoltaik) und Sonnenwärmekraftwerke, die mit Hilfe von Wärme und Wasserdampf elektrischen Strom erzeugen.

**Wind Energie:** Windkraft ist die Nutzung von Luftströmungen durch Windkraftanlagen, um die mechanische Energie zum Drehen von Elektromotoren bereitzustellen. Windkraft als Alternative zur Verbrennung fossiler Brennstoffe ist reichlich vorhanden, erneuerbar, weit verbreitet, sauber, verursacht während des Betriebs keine Treibhausgasemissionen, verbraucht kein Wasser und verbraucht wenig Land.

**Biogas Pyrolyse/Biomassevergasung:** Biomassevergasung bezeichnet die Umwandlung von Biomasse in ein brennbares Produktgas mit Hilfe eines Vergasungs- oder Oxidationsmittels. Über die Vergasung kann die Biomasse in einen gasförmigen Sekundärbrennstoff umgewandelt werden, der auf verschiedene Arten genutzt werden kann, etwa zur Stromerzeugung oder als Kraft- und Treibstoff (Brenngas). Energie aus Biomasse ist erneuerbar und CO<sub>2</sub>-neutral. Es entstehen zwar Emissionen, aber nicht mehr als die Pflanzen zuvor der Atmosphäre entnommen haben.

**Geothermie:** Geothermie bezeichnet die Nutzung der Wärme aus dem Erdinneren. Diese in der Erde gespeicherte Energie lässt sich mit Hilfe verschiedener Methoden nutzen. In den meisten Fällen werden dabei Erdwärmesonden in Kombination mit Wärmepumpen für die Heizung von Einfamilienhäusern und großen Gebäuden verwendet.



**Smart Grid:** Ein Smart Grid ist ein auf digitaler Technologie basierendes Stromnetz, das dazu dient, die Verbraucher über eine digitale Zweiwege-Kommunikation mit Strom zu versorgen. Dieses System ermöglicht die Überwachung, Analyse, Steuerung und Kommunikation innerhalb der Lieferkette, um die Effizienz zu verbessern, den Energieverbrauch und die Kosten zu senken und die Transparenz und Zuverlässigkeit der Energieversorgungskette zu maximieren. Ein Beispiel sind elektrische Zähler, die den Verbrauch von elektrischer Energie in Echtzeit erfassen und die Informationen zu Überwachungs- und Abrechnungszwecken an das Versorgungsunternehmen zurückmelden. Die Technologie kann für den Remote-Lastausgleich genutzt werden, z.B. um nicht benötigte Geräte bei Spitzenlast zu deaktivieren. Es wird auch für intelligente Zahlungssysteme eingesetzt.

## **2. Energiespeicherung**

Unter **Energiespeicherung** versteht man die Speicherung von Energie, um sie zu einem späteren Zeitpunkt zu nutzen. Es gibt eine Vielzahl von Technologien zur Speicherung von Strom, darunter Batterien, Druckluft und Chemikalien sowie Pumpspeicher. Der wachsende Bedarf an Flexibilität im Energiesystem benötigt neue Speicherlösungen. Einige neue Speichertechnologien, darunter Batterien und Wasserstoff, werden allmählich wettbewerbsfähig.

## **3. Wasserstoffwirtschaft**

**Erzeugung von Wasserstoff:** Die Technologiedefinition Erzeugung von Wasserstoff umfasst die verschiedenen Möglichkeiten der Erzeugung von grünem Wasserstoff. Grüner Wasserstoff ist Wasserstoff, der aus erneuerbaren Energien oder aus kohlenstoffarmer Energie erzeugt wird. Es wird erwartet, dass der Einsatz von grünem Wasserstoff in vielen verschiedenen Bereichen wie Verkehr, Industrie, Gebäude oder Energiespeicherung zunehmen wird, um die Treibhausgasemissionen zu verringern. Die wichtigsten technischen Themen bei der Erzeugung von grünem Wasserstoff sind die Wasserelektrolyse, Katalysatoren, andere nachhaltige Methoden der Wasserstoffherstellung sowie die Wasserstoffspeicherung (komprimiert, verflüssigt oder als Hydride in Materialien).

**Brennstoffzelle:** Brennstoffzellen nutzen die chemische Reaktionsenergie aus Brennstoff (i.d.R. Wasserstoff) und Oxidationsmittel (i.d.R. Sauerstoff), um Strom zu erzeugen. Sie wurden bislang meist für die netzunabhängige Stromversorgung sowie die Versorgung von Gebäude mit Wärme und Strom eingesetzt. Zukünftig besteht großes Potenzial für Brennstoffzellen im Transportsektor, v.a. im Langstrecken- und Schwerlastverkehr. Entscheidender Vorteil ist die hohe Reichweite. Zudem lässt sich Wasserstoff ähnlich schnell tanken wie Benzin oder Diesel. Allerdings ist der Wirkungsgrad schlechter als bei Batterien, d. h. es wird mehr Energie benötigt. Zudem sind Fahrzeuge mit Brennstoffzellen noch sehr teuer.

## **4. Kreislaufwirtschaft**

**Recycling:** Recycling ist der Prozess der Umwandlung von Abfallstoffen in neue Materialien und Objekte. Es ist eine Alternative zur „konventionellen“ Abfallentsorgung, die Material sparen und zur Senkung der Treibhausgasemissionen beitragen kann. Recycling kann die Verschwendung von potenziell nützlichen Materialien verhindern und den Verbrauch von frischen Rohstoffen reduzieren, wodurch der Energieverbrauch, die Luftverschmutzung (durch Verbrennung) und die Wasserverschmutzung (durch Deponierung) reduziert werden.

**Wasseraufbereitung:** Der Begriff Wasseraufbereitung beschreibt Techniken, die eingesetzt werden, um Verunreinigungen aus dem Abwasser zu entfernen und das Wasser sicher für die Rückführung in die Umwelt zu machen. Die Abwasserbehandlung geschieht in Kläranlagen, ggf. nach Vorbehandlung von industriellem oder gewerblichem Abwasser. Grundsätzlich werden mechanische, physikalische, biologische oder chemische Reinigungsverfahren eingesetzt.

**Carbon Capture:** Carbon Capture, auf Deutsch CO<sub>2</sub>-Abtrennung, beschreibt die Abscheidung von Kohlendioxid aus fossilen Kraftwerken, Industrieanlagen oder dem Bergbau, den Transports zu einem unterirdischen Lagerort und die Deponierung. Ziel der CO<sub>2</sub>-Abscheidung ist es, die Freisetzung von CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre zu reduzieren, um der globalen Erwärmung entgegenzuwirken. Setzt man Biomasse als Brennstoff ein, kann Carbon Capture sogar CO<sub>2</sub> aus dem atmosphärischen Kreislauf entfernen.

## 5. Energieeffiziente Gebäude

**Dämmung:** Wärmedämmung spielt eine wichtige Rolle bei der Senkung des Energieverbrauchs von Gebäuden. Ziel ist es die Auskühlung beheizter Gebäude zu minimieren. Bei Gebäuden werden Baustoffe, Bauteile und sonstige konstruktive Methoden eingesetzt, um den Wärmedurchgang aufgrund von Wärmeleitung und Wärmestrahlung durch die Gebäudehülle einzuschränken. Für die Wärmedämmung kommen Baumaterialien mit einer niedrigen Wärmeleitfähigkeit zum Einsatz.

**Wärmepumpen:** Wärmepumpen werden vor allem für die Heizung von Räumen und Gebäuden sowie für die Warmwassergewinnung genutzt. Dabei wird Erdwärme, die Wärme des Grundwassers oder die Wärme der Luft außerhalb des Gebäudes bei niedriger Temperatur aufgenommen, mithilfe eines Kältekreislaufs auf ein höheres Temperaturniveau gebracht und im Inneren des Gebäudes wieder abgegeben. In der Wärmepumpe zirkuliert ein Kältemittel, das einer Wärmequelle (beispielsweise Erdreich, Luft oder Grundwasser) Wärme entzieht und dabei verdampft. Dazu muss elektrische Energie zum Antrieb der Wärmepumpe zugeführt werden. Da elektrische Wärmepumpen unmittelbar kein CO<sub>2</sub> abgeben, aber etwa drei bis vier Mal mehr Wärmeenergie erzeugen, als elektrische Energie verbraucht wird, können sie insbesondere bei Verwendung von kohlenstoffneutral und regenerativ produziertem Strom zur Verringerung der Treibhausgasemissionen beitragen.

## 6. Elektromobilität

**Elektro-/Hybrid-Autos:** Elektro- und Hybridfahrzeuge sind Fahrzeuge (Autos, Lastwagen, Züge, Flugzeuge usw.), die entweder elektrisch mit Batterien oder Brennstoffzellen angetrieben werden oder durch einen Hybridantrieb, der ein Verbrennungsmotorsystem mit einem elektrischen Antriebssystem kombiniert. Daher stoßen Elektro- und Hybridfahrzeuge weniger Emissionen aus. Die Zahl der Elektro- und Hybridfahrzeuge auf den Straßen wird in den nächsten Jahren rasant zunehmen, da viele Regionen und Ländern angekündigt haben, die Zulassung von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren mittelfristig zu verbieten.

**Lithium Batterien:** Lithium Batterien enthalten Lithium als Anode. Auch die sich in der Entwicklung befindenden Festkörperbatterien verwenden überwiegend Lithium. Lithium-Batterien werden häufig in tragbaren elektronischen Geräten der Unterhaltungselektronik sowie in Elektrofahrzeugen verwendet. Mit Lithium-Batterien betriebene Autos können emissionsfrei fahren, falls grüner Strom genutzt wird. Nachteile von Lithium-Batterien sind die im Vergleich zu Verbrennungsmotoren längere Ladezeit, das hohe Gewicht der Akkus sowie die Abhängigkeit von bestimmten Rohstoffen.

## 7. Advanced Manufacturing

Der Begriff **Advanced Manufacturing** beschreibt innovative Produktionstechnologien. Die Nutzung von Technologien wie Sensoren, Process Automation, AI, Industrierobotern oder 3D-Druck ermöglicht es, vernetzte „Smart Factories“ zu bauen, welche die Produktivität erhöhen und Kosten senken. Dadurch sind moderne Produktionstechnologien ein entscheidender Faktor für die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie.

**Optik/Sensorik:** Zwei wichtige Technologiebereiche im Advanced Manufacturing sind Sensoren und optische Technologien. Sensoren sind Geräte, die Eigenschaften wie Druck, Bewegung, Feuchtigkeit, Temperatur oder Licht messen und diese Daten an eine andere Elektronik, in der Regel einen Computerprozessor, weitergeben. Aufgrund der Fortschritte bei mikroelektromechanischen Systemen hat sich der Einsatz von Sensoren in den letzten Jahren stark ausgeweitet. Optische Technologien kommen im Advanced Manufacturing beispielsweise im Bereich der Messtechnik zur Oberflächenkontrolle und Dimensionsvermessung zum Einsatz. Der Einsatz von Lasern zur Bearbeitung von Materialien hat zudem gegenüber klassischen mechanischen Verfahren stark zugenommen. Sensoren und optische Technologien spielen auch in vielen Green Tech Feldern bereits eine wichtige Rolle. Durch Sensoren können z.B. drohende Ausfälle von Produktionsanlagen rechtzeitig erkannt und behoben werden. Laser kommen beispielsweise zum Einsatz in der Produktion von Solarzellen sowie Batterien, bei energieeffizienter Beleuchtung (LEDs) oder bei Recycling-Prozessen.

## 5.4 Methodik der Szenarienanalyse

Zur Entwicklung des Simulationsmodells und der darin enthaltenen Daten wurden zahlreiche Quellen genutzt, Berechnungen vorgenommen und Annahmen getroffen. Dieser Anhang dokumentiert dies.

### 5.4.1 Berechnung Preisentwicklung Energie

Zur Quantifizierung der Energiepreise für die einzelnen Szenarien stützen wir uns auf die detailliert hergeleiteten Szenarien der ewi-Studie «Szenarien für die Preisentwicklung von Energieträgern» (ewi 2022). Ein Szenario mit Bezeichnung hEL-oRU-mEE reflektiert die Annahmen des Basisszenarios «Zügige Elektrifizierung mit allmählichem EE-Ausbau» sehr gut. Für dieses Szenario zeigt die ewi-Studie eine unter diesen Annahmen plausible Preisentwicklung in Deutschland für verschiedene Energieträger für die Jahre 2026 bis 2030 auf. Auch für die beiden anderen Szenarien gibt es geeignete Anknüpfungspunkte in den Berechnungen der ewi-Studie: Das Szenario mEL-oRU-mEE gibt das Szenario 2 mit einer langsameren Elektrifizierung wieder. Szenario 3 hingegen wird durch hEL-oRU-hEE reflektiert.

Die als Grundlage herangezogene ewi-Studie (ewi 2022) enthält Preisentwicklungen für eine ganze Reihe von Energieträgern. Die Anzahl unterschiedlicher Energieträger würde jedoch das Simulationsmodell überfordern und hätte angesichts der häufig weitgehenden Substituierbarkeit der Energieträger (Ausnahmen: Gas) keinen Erkenntnisgewinn. Daher verwendet das Simulationsmodell neben dem separat betrachteten Erdgas einen Energiemix bzw. einen Preisindex für diesen Energiemix.

Die Preisentwicklung für diesen Energiemix wurde auf Basis eines gewichteten Preisdurchschnitts der drei wichtigsten Energieträger ermittelt: Strom, Öl und Kohle. Konkret wurden verwendet:

- Großhandelsstrompreise in Deutschland [EUR/MWh]
- Gasölpreise in Europa [EUR/MWh]
- Steinkohlepreise in Europa [EUR/MWh]

Als Mix der Energieträger wurden die Anteile dieser drei Energieträger am Primärenergieverbrauch in Thüringen verwendet (Thüringer Landesamt für Statistik, 2022).<sup>120</sup> Diese betragen 31%, 66% und 3%, respektive. Um dem Wandel der Energieversorgung Rechnung zu tragen, wird zusätzlich angenommen, dass sich dieser Energiemix weg von Öl und hin zu Strom verändert: Ab 2023 verschieben sich jährlich 3 Prozentpunkte des Energiemixes von Öl zu Strom. Bis 2030, dem letzten Wert der Szenarien in der ewi-Studie, belaufen sich die Anteile der drei Energieträger damit auf 55%, 42% und 3%.

Mit diesem Mix der Energieträger wird jährlich der Energiepreis bestimmt; die Entwicklung der Gaspreise kann unmittelbar der ewi-Studie entnommen werden. Sowohl der Preis des Gesamtenergiemixes wie auch die Gaspreise werden dann indexiert (mit 2020 = 100).

Die ewi-Studie stellt in ihren Szenarien jedoch nur die Energiekosten für die Jahre 2026 bis 2030 zur Verfügung. Wir verwenden daher die Daten und Prognosen unseres Welt-Makromodells, welches auch detaillierte Variablen zu den Energiepreisen enthält, um die Zeitreihen zu ergänzen. Ziel ist die Abbildung des Strukturwandels in Thüringen bis 2035. Wir nutzen die Prognosen des Makromodells, um die Zeitreihe von der aktuellen Situation Herbst 2022 bis ins Jahr 2025 zu ergänzen. Dabei gehen wir davon aus, dass zwischen den drei Szenarien noch keine Unterschiede bestehen und die Entwicklung der Energiepreise in allen drei untersuchten Fällen gleich verläuft. Ebenfalls nutzen wir die verfügbaren Prognosen zu den Preisentwicklungen von 2030 bis 2035, um die Zeitreihen hier zu vervollständigen. Dabei werden zusätzlich zu den Prognosen jedoch die durch die drei Szenarien unterschiedlich gesetzten Trends auch für die weitere Entwicklung berücksichtigt. Die für die drei Szenarien unterstellten Entwicklungen der Energiepreise unterscheiden sich also auch von 2030 bis 2035 sowohl im Niveau als auch in ihrer Dynamik.

#### 5.4.2 Herleitung der „Prognose“ Basisszenario bis 2035

Für die Simulationsrechnungen, welche die Unterschiede zwischen den drei Szenarien beleuchten soll, benötigt man zunächst eine Ausgangsbasis in Form einer detaillierten Prognose für die Entwicklung der Thüringer Wirtschaft bis 2035 (Wertschöpfung und Beschäftigung nach Branchen).

Um diese Ausgangslage zu erstellen, wird primär auf zwei Quellen abgestützt: Dies ist einerseits die Regional Economic Database<sup>121</sup> von BAK Economics, welche die Wirtschaftsstrukturen Thüringens bis 2021 auf Ebene der ISIC-Zweisteller<sup>122</sup> abbildet, im Bereich der Industrie sogar noch detaillierter auf Ebene ISIC-Dreisteller. Insgesamt sind dies 114 Branchen.

---

<sup>120</sup> Primärenergieverbrauch in Thüringen nach Energieträgern 2019; Thüringer Landesamt für Statistik (2022): Energiebilanz und CO<sub>2</sub> - Bilanz Thüringens 2019.

<sup>121</sup> <https://rea.bak-economics.com/regional-economic-database>

<sup>122</sup> ISIC: International Standard Industrial Classification, siehe z.B. <https://unstats.un.org/unsd/classifications/Econ/isic>.

Um die weitere Entwicklung bis 2035 abbilden zu können, wurde diese Datenquelle mit den regionalen und branchenspezifischen Prognosen von BAK Economics/Oxford Economics kombiniert. Alle Prognosen beruhen auf Jahresdaten. Dabei werden sowohl Prognosen aus dem International Industry Model als auch regionale Prognosen verwendet. Die regionalen Prognosen für das Bundesland Thüringen bilden dabei die Basis für die Prognose. Sie enthalten jedoch nur eine grobe Aufteilung nach Branchen (17). Daher wird zusätzlich das International Industry Model herangezogen, welches Prognosen differenziert für 100 Branchen enthält. Allerdings sind hier nur die Prognosen für Deutschland enthalten. Es wird angenommen, dass sich die detaillierten Branchen in Thüringen in Relation genauso entwickeln wie die entsprechenden Branchen auf Ebene Deutschlands, wobei jedoch sichergestellt wird, dass jeweils die durch die 17 Branchen des regionalen Prognosemodell für Thüringen prognostizierte Werte eingehalten werden. Schließlich erfolgt noch eine Korrektur für die unterschiedlichen Energiepreise, da die Prognosen auf einer anderen Erwartung für die Energiepreise erstellt wurden als es das Basisszenario unterstellt.

Im Ergebnis resultiert daraus eine Basisannahme für die wirtschaftliche Entwicklung Thüringens bis 2035, welche auf einer detaillierten branchenspezifischen Betrachtung beruht.<sup>123</sup> Es werden dabei sowohl Wertschöpfung als auch Beschäftigung abgebildet.

### **5.4.3 Herleitung der Elastizitäten Energiepreise**

#### **5.4.3.1 Literatur zu Elastizitäten Energiekosten:**

Die quantitative Literatur zur Reaktion von Unternehmen auf Energiepreisänderungen ist spärlich und sehr heterogen. Höhere Energiepreise können einerseits zu weniger oder verzögerten Investitionen führen (und damit mittelfristig zu geringerer Wertschöpfung), andererseits aber auch Investitionen in Energieeffizienz und neue Technologien anspornen (mit unklaren Folgen für die Wertschöpfung). Die Auswirkungen auf die Wertschöpfung eines Unternehmens sind daher rein aus den Investitionsreaktionen nur schwer abschätzbar. Konsens scheint jedoch darin zu bestehen, dass die Reaktionen in energieintensiven Branchen im Allgemeinen stärker ausfallen als in weniger energieintensiven. Die höchsten Elastizitäten der Investitionen im Zusammenhang mit Energiekosten wurden demnach für Branchen wie Chemie oder Metalle gefunden, während Sektoren wie Textil, Gummi & Plastik oder Lebensmittel weniger elastisch reagieren.<sup>124</sup>

Eindeutigere Rückschlüsse auf die Entwicklung der Wertschöpfung lassen sich aus der Literatur zu den quantitativen Auswirkungen von Energiepreisänderungen auf den Standortentscheid einer Unternehmung ziehen. Eine Studie aus dem Jahr 2017 fand für europäische Länder von 2002 bis 2013 negative Reaktionen bezüglich Standortentscheids auf höhere Elektrizitätspreise, wobei wiederum energieintensive Branchen elastischer

---

<sup>123</sup> Dieses Vorgehen führt dazu, dass die im Resultat der Simulationsanalyse ausgewiesenen Niveaus (Wertschöpfung und Beschäftigung) sowie auch die angegebenen durchschnittlichen Wachstumsraten im Betrachtungszeitraum erheblich von den aktuellen Prognosen von BAK Economics/Oxford Economics für die Thüringer Wirtschaft beeinflusst sind. Dies gilt jedoch nicht für die Differenzen zwischen den Szenarien – diese können unabhängig von der zugrundeliegenden Prognose interpretiert werden.

<sup>124</sup> Siehe dazu: Commins et al. (2009): Climate Policy and Corporate Behaviour; Ratti et al. (2010): Relative energy price and investment by European firms; Steinbuks und Neuhoﬀ (2014): Assessing energy price induced improvements in efficiency of capital in OECD manufacturing industries; Uri (1980): Energy as determinant of investment behaviour.

reagieren als weniger energieintensive<sup>125</sup>. Demnach ist für energieintensive Branchen ein um 1% höherer Endverbraucher-Elektrizitätspreis in einer Ortschaft mit 0.8% weniger Anteil an Firmen verbunden, die ihren Standort dorthin verlagern. Zu den energieintensiven Branchen zählen hier: Chemie, Pharma, Papier, Elektronik, Basis-Metalle, Tabak, Kokerei und Verarbeitete Petrol-Produkte. In weniger energieintensiven Branchen (Lebensmittel, Verkehrsmittel, Elektrische Ausstattung) fällt die Reaktion mit 0.4% weniger Anteil an Firmen, die dorthin wechseln, deutlich schwächer aus. Eine ältere Studie zu Unternehmen in Großbritannien in den Jahren 1967 bis 1971 kommt zu einem ähnlichen Schluss.<sup>126</sup> Demnach verringert eine lokale Erhöhung des Elektrizitätspreises die Wahrscheinlichkeit für Firmen, sich dort niederzulassen, und zwar wiederum stärker in energieintensiven Branchen. Die Elastizitäten betragen für die Branchen Elektronik (energieintensiv) -2.23, Plastik -2.39 und für die am wenigsten energieintensive Vergleichsbranche Kommunikations-Transmissions-Equipment -1.66.

Die im Vergleich zur oben erwähnten Studie deutlich höheren Elastizitäten sind wohl auf die größere Energieabhängigkeit von Firmen in früheren Zeiten zurückzuführen. Als Grundlage für Schlussfolgerungen im aktuellen Umfeld sind daher die quantitativen Angaben aus der jüngeren Studie vorzuziehen. Die Tendenzen werden jedoch in beiden Studien klar aufgezeigt: Für energieintensive Branchen wie z.B. Chemie ist der Energiepreis ein Haupttreiber der Standortentscheidung<sup>127</sup> und Veränderungen in den Energiekosten führen zu stärkeren Reaktionen der Unternehmen als in weniger energieintensiven Branchen wie Lebensmittel.

#### 5.4.3.2 Berechnung Elastizität Energiekosten pro Branche

Aus den verfügbaren Studien konnten keine branchenspezifischen Elastizitäten abgeleitet werden. Daher wurde ein anderes Vorgehen gewählt. Das Vorgehen basiert darauf, die unterschiedlichen Energieintensitäten der Branchen zu nutzen, um von einigen Eckpunkten ausgehend differenzierte Elastizitäten für die einzelnen Branchen zu schätzen.

Zur Bestimmung der Energieintensität wird die Statistik zum „Energieverbrauch im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe in Thüringen 2020“ herangezogen. Diese ist nach 25 Industriebranchen aufgegliedert. Für diese 25 Branchen, sowie eine grobe Aufteilung der weiteren Branchen (Landwirtschaft, Dienstleistungen, öffentlicher Sektor, sonstiges), werden wie nachfolgend beschrieben individuelle Elastizitäten bestimmt. Liegt im Simulationsmodell eine feinere Branchengliederung zugrunde, wird jeweils die Elastizität des Aggregates verwendet, zu dem diese Branche gehört.

Basierend auf der Literatur wurden zunächst zwei Ausgangswerte für die Elastizität festgelegt, und zwar für eine besonders energieintensive Branche sowie für eine durchschnittlich energieintensive Branche.

Die beiden Elastizitäten sind:

- Elastizität Energiekosten besonders energieintensive Branche: -0,75
- Elastizität Energiekosten durchschnittlich energieintensive Branche: -0,2

<sup>125</sup> Panhans et al. (2017): The Effects of Electricity Costs on Firm Re-location Decisions: Insights for the Pollution Havens Hypothesis?

<sup>126</sup> Carlton (1983): The Location and Employment Choices of New Firms: An Econometric Model with Discrete and Continuous Endogenous Variables.

<sup>127</sup> Broeren und Patel (2013): Forecasting global developments in the basic chemical industry for environmental policy analysis.

Diese Werte reflektieren in etwa die neueren Ergebnisse aus der Literatur, wobei für die durchschnittlich energieintensive Branche zu beachten ist, dass sich die Literatur meist nur auf Industriebranchen bezieht, während hier die Gesamtwirtschaft ins Auge gefasst wird.<sup>128</sup>

Um von diesen Eckpunkten aus, die Elastizität für die einzelnen Branchen schätzen zu können, muss eine Verteilung angenommen werden. Wir nehmen einen linearen Zusammenhang zwischen der Energieintensität und der Elastizität an, womit die zwei Eckpunkte genügen, um die Elastizität aller Branchen zu bestimmen.

Es ist jedoch noch festzulegen, für welche Branchen die Eckpunkte gelten sollen. Die Elastizität -0,75 gilt für eine energieintensiven Branche. Dabei gilt dieser Wert für das 90-Prozent-Dezil der Thüringer Industriebranchen rangiert nach ihrer Energieintensität; das heißt 10% aller Branchen weisen eine höhere Elastizität auf, 90% eine kleinere.<sup>129</sup> Die Verwendung des 90-Prozent-Dezils trägt dem Umstand Rechnung, dass die der Parameterfestlegung zugrundeliegenden Studien eine eher gröbere Branchenabgrenzung verwenden und daher nicht die höchsten Werte der Energieintensität bei feinerer Branchenaufteilung abdecken. Zudem wird die Gefahr einer Verzerrung durch einen einzelnen Ausreißer reduziert.

Die Elastizität -0,2 einer durchschnittlich energieintensiven Branche gilt für das 20-Prozent-Dezil der Thüringer Industriebranchen. Damit wird einerseits der unterschiedlichen Größe der Branchen Rechnung getragen (die größeren Branchen sind im Schnitt weniger energieintensiv; die Dezilsberechnung berücksichtigt die Branchengröße jedoch nicht), andererseits auch der Tatsache, dass die Auswahl der Branchen in den Studien i.d.R. bereits selektiv ist und dies nicht den ganzen Industriesektor abbilden.

Zusätzlich werden Annahmen zum Minimum und Maximum der Elastizität getroffen, um extreme Ausreißer zu vermeiden (welche sich jedoch als nicht bindend erweisen), sowie weitere Annahmen für die Branchen des Dienstleistungsbereichs (Elastizität zwischen 0,0 und -0,2).

Da die Annahmen zur Verteilung nicht durch empirische Studien abgestützt werden konnte und aus Plausibilitätsüberlegungen stammen, wurde eine Reihe von Sensitivitätstest durchgeführt. Diese zeigen, dass leicht veränderte Annahmen zur Schätzung der Verteilung der Elastizitäten nicht zu substantiellen anderen Ergebnissen oder Schlussfolgerungen führen würden.

#### **5.4.3.3 Aufteilung der Elastizität nach Energieträger**

Die ermittelten Elastizitäten pro Branche werden einheitlich sowohl auf den Index der Gesamtenergiekosten als auch auf die Gaspreise angewendet. Dabei wird in den Berechnungen der Reaktion der Branchen auf Energiepreisänderungen dem jeweiligen Energiemix der Branche Rechnung getragen. Dabei müssen jedoch Doppelzählungen vermieden werden, da die Elastizität auf Basis der Gesamtenergieintensität der Branchen (einschließlich Gas) geschätzt wurde. Dies wird in der Form umgesetzt, dass die ermittelte totale Elastizität einer Branche in zwei Bestandteile aufgespalten wird, einer Elastizität für den Gesamtenergiemix sowie einer Elastizität für Gaspreise. Die Aufspaltung erfolgt anhand des branchenspezifischen Energiemixes (wiederum gemäß Statistik zum „Energieverbrauch im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe in Thüringen 2020“). Um auch hier dem strukturellen Wandel weg von Gas und hin zu anderen Energieträgern,

<sup>128</sup> Dienstleistungen sind typischerweise weniger energieintensiv als durchschnittliche Industriebranchen.

<sup>129</sup> Es wurde die Excel-Funktion QUANTIL.EXKL zur Bestimmung der Grenzwerte verwendet, da die Zahl der Branchen zu gering für eine ausreichend genaue Dezilsbestimmung war.

insbesondere Strom, Rechnung zu tragen, wurde der Anteil von Gas pro Jahr um 5% reduziert (Beispiel: Beträgt der Anteil von Gas 2022 noch 48%, sinkt er bis 2035 auf 25%; beträgt er 2022 17%, geht er auf 9% zurück bis 2035). Der Wert von 5% leitet sich aus dem Rückgang der Gasnachfrage im Basisszenario her. Im Szenario 3 ist der Rückgang des Gasverbrauchs dementsprechend identisch; im Szenario 2 verläuft er jedoch langsamer, der Rückgang pro Jahr wurde halbiert.

Da Gas in einigen spezifischen Produktionsprozessen schwieriger zu ersetzen ist (vgl. entsprechende Diskussion in Kapitel 2), wird der Rückgang des Gasanteils in der Chemie nur halb so hoch und in der Glasindustrie sowie der Metallherzeugung um ein Viertel tiefer angesetzt (Beispiel Chemie im Fall des Basisszenarios: Der Gasanteil sinkt zwischen den Jahren 2022 und 2035 von 68% auf 49%). Diese Annahmen wurden diskretionär festgelegt. Die grundsätzlichen Zusammenhänge stimmen, wie die Analyse zeigt, aber die exakte Größenordnung der Parameter stellt eine reine Annahme dar. Sie haben, wie Sensitivitätstest gezeigt haben, auch einen Einfluss auf die Resultate, gerade für eine spezifisch betroffene Branche wie Chemie. Die Schlussfolgerungen ändern sich zwar nicht grundsätzlich, jedoch gibt es quantitativ sichtbare Variationen. Dennoch wurden diese Annahmen als „best guess“ beibehalten; ein Verzicht auf diese Differenzierung hätte die Ergebnisse stärker verzerrt als die diskretionäre Festlegung der Parameter.

#### **5.4.4 I/O-Modell**

Für die Szenarioanalysen wurde ein regionales Strukturmodell der Input-Output-Verflechtungen für das Bundesland Thüringen entwickelt, anhand dessen statische Gleichgewichtsanalysen durchgeführt werden können. Das Modell umfasst insgesamt 47 Branchen. Das Kernstück des Modells stellt dabei die Verflechtung zwischen diesen Branchen anhand von strukturellen Gleichungen dar. Hierbei werden sowohl Zahlungsströme zwischen den verschiedenen Thüringer Branchen als auch deren Verflechtung mit Unternehmen aus Branchen der restlichen Bundesländer sowie mit Unternehmen aus dem Ausland modelliert.

Mit dem Modell kann bspw. quantifiziert werden, wie sich eine Erhöhung der Nachfrage nach bestimmten Gütern und Dienstleistungen auf die Produktionstätigkeit, Wertschöpfung und Beschäftigung der verschiedenen Thüringer Branchen auswirkt. In einem ersten Schritt wird modelliert, welche regionale Produktion mit der zusätzlichen Nachfrage ausgelöst wird, und welche Wertschöpfung und Beschäftigung damit unmittelbar verbunden sind (Erstrundeneffekt). Auf der nächsten Wirkungsebene wird quantifiziert, welche regionale Vorleistungs- und Konsumnachfrage dadurch ausgelöst wird, und welche Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte hierdurch bei regionalen Lieferanten sowie im lokalen Handel und Gewerbe entstehen (Zweitrundeneffekte). Da auch die Vorleistungsbranchen ihrerseits Vorleistungen bei anderen Branchen beziehen, sind in der Wirkungsanalyse weitere Folgeeffekte zu berücksichtigen. Im Prinzip hat man unendlich viele Folgeeffekte, deren Größe in jeder Runde abnimmt. Die Grundidee des Modells besteht nun darin, so viele Folgeeffekte zu berücksichtigen, bis das Modell in einen Gleichgewichtszustand konvergiert. Dieser Gleichgewichtszustand kann mit dem Modell mathematisch bestimmt werden. Im Ergebnis erhält man eine vertikale Integration sämtlicher Effekte entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

Grundlage des Modells ist eine Input-Output-Tabelle für das Bundesland Thüringen. Da diese in öffentlichen Statistiken nicht zur Verfügung steht, muss diese geschätzt werden. Als Ausgangspunkt für die Schätzung der regionalen Input-Output-Matrix dient die Input-Output-Tabelle für Deutschland, welche mit Hilfe zusätzlicher Datenquellen wie der



Regional Economic Database von BAK Economics regionalisiert wird. Dieser Top-Down-Ansatz verfolgt den Zweck, möglichst viele bestehende Sekundärstatistiken auf nationaler und regionaler Ebene zu nutzen, um ein mit der öffentlichen Statistik konsistentes Abbild der regionalen Wirtschaftsstruktur und ihrer internen Verflechtung zu erhalten.

Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei dem Wirkungsmodell um ein statisches Gleichgewichtsmodell. Dynamische Anpassungsprozesse wie bspw. eine Veränderung der relativen Preise als Folge eines Schocks oder eine Anpassung der Produktionsstrukturen als Folge eines grundlegenden technologischen Transformationsprozesses werden vom Modell nicht abgebildet und müssen exogen vorgegeben werden.

#### **5.4.5 Preisbasis des Simulationsmodells**

Das Simulationsmodell arbeitet auf Basis realer Wertschöpfungsentwicklung (basierend auf Kettenindex). Die Entwicklungen sind somit um zukünftige Preiseffekte bereinigt. Eine weitere Abdiskontierung zukünftiger Wertschöpfung findet, wie bei Wertschöpfungsprognosen üblich, nicht statt.

Um zur besseren Vergleichbarkeit und Illustration dennoch Werte in Euro ausweisen zu können, wird die nominale Wertschöpfung des Jahres 2021 als Bezugsgröße herangezogen. Alle in Euro ausgewiesenen Werte sind somit als die reale Wertschöpfung des entsprechenden Jahres ausgedrückt in Preisen des Jahres 2021 zu interpretieren.

#### **5.4.6 Bestimmung Beschäftigung**

Das Simulationsmodell fokussiert im Kern auf die Wertschöpfung: Mithilfe der Elastizitäten auf die Energiepreise wird bestimmt, wie stark sich die Wertschöpfung und damit das wirtschaftliche Aktivitätsniveau in einer Branche bei variierenden Energiekosten verändert.

Veränderungen im wirtschaftlichen Aktivitätsniveau einer Branche ziehen jedoch auch Veränderungen im Bedarf an Arbeitskräften nach sich. Dies wird im Simulationsmodell ebenfalls abgebildet. Dabei wird angenommen, dass sich die Einsatzform der Arbeitskräfte aufgrund der unterschiedlichen Energiepreise nicht ändert.<sup>130</sup> Das bedeutet, die Arbeitsproduktivität bleibt unverändert, womit sich der Bedarf an Arbeitskräften prozentual im gleichen Ausmaß verändert wie die Wertschöpfung. Die Arbeitsproduktivität liegt bei den der Simulationsrechnung zugrundeliegenden Prognose Branchen- und Jahresspezifisch vor. Unter der Annahme, dass der Bedarf an Arbeitskräften jederzeit in Beschäftigung umgesetzt werden kann,<sup>131</sup> lässt sich somit auch die Beschäftigung für jedes Szenario bestimmen.

---

<sup>130</sup> Diese Annahme könnte hinterfragt werden, beispielsweise wenn die unterschiedlichen Energiepreise zu einem unterschiedlich intensiven Kapitaleinsatz führen. Die empirische Literatur zu den Elastizitäten der Unternehmen/Branchen auf Energiepreise gibt hierzu jedoch keine Hinweise (weder im Sinn von quantitativen oder qualitativen Beobachtungen zu solchen Veränderungen der Kapitalintensität (oder der Arbeitsproduktivität), jedoch auch nicht, dass solche Veränderungen nicht vorkommen). Effekte sind also möglicherweise vorhanden, können jedoch nicht quantifiziert werden, weswegen die Annahme einer konstanten Arbeitsproduktivität gewählt wurde.

<sup>131</sup> Es sei an dieser Stelle nochmals darauf verwiesen, dass es sich bei dem Simulationsmodell nicht um ein vollständiges volkswirtschaftliches Kreislaufmodell handelt. So ist beispielsweise die Angebotsseite auf dem Arbeitsmarkt nicht endogen modelliert. Es wird vereinfachend von einem vollständig elastischem Arbeitsangebot ausgegangen, so dass die Arbeitsnachfrage immer der Beschäftigung entspricht.

Damit variiert die Beschäftigung in jeder Branche prozentual im gleichen Ausmaß wie die Wertschöpfung. Da die Branchen jedoch unterschiedlich arbeitsintensiv sind bzw. eine unterschiedliche Arbeitsproduktivität aufweisen, unterscheiden sich die absoluten Veränderungen der Beschäftigung zwischen den Szenarien im Quervergleich der Branchen von den entsprechenden Werten bei der Wertschöpfung. Dies kann sich insbesondere auch bei der Aggregation zur Gesamtwirtschaft bemerkbar machen.