

Ulrich, Philip; Lehr, Ulrike; Lutz, Christian

Research Report

Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende in den Bundesländern: Methodische Ansätze und Ergebnisse

GWS Research Report, No. 2018/05

Provided in Cooperation with:

GWS - Institute of Economic Structures Research, Osnabrück

Suggested Citation: Ulrich, Philip; Lehr, Ulrike; Lutz, Christian (2018) : Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende in den Bundesländern: Methodische Ansätze und Ergebnisse, GWS Research Report, No. 2018/05, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS), Osnabrück

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/206680>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



SPECIALISTS IN
EMPIRICAL ECONOMIC
RESEARCH



GWS RESEARCH REPORT 2018/05

Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende in den Bundesländern

Methodische Ansätze und Ergebnisse

Philip Ulrich, Ulrike Lehr, Christian Lutz

Impressum

AUTOREN

Philip Ulrich

Tel: +49 (541) 40933-291, E-Mail: ulrich@gws-os.com

Dr. Ulrike Lehr

Tel: +49 (541) 40933-280, E-Mail: lehr@gws-os.com

Dr. Christian Lutz

Tel: +49 (541) 40933-120, E-Mail: lutz@gws-os.com

TITEL

Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende in den Bundesländern
Methodische Ansätze und Ergebnisse

VERÖFFENTLICHUNGSDATUM

© GWS mbH Osnabrück, September 2018

HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Die in diesem Papier vertretenen Auffassungen liegen ausschließlich in der Verantwortung der Verfasser/innen und spiegeln nicht notwendigerweise die Meinung der GWS mbH wider.

FÖRDERHINWEIS

Die Ergebnisse wurden im Rahmen des Forschungsprojekts 21/15 „Makroökonomische Wirkungen und Verteilungsfragen der Energiewende“ im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie erarbeitet.

HERAUSGEBER DER GWS RESEARCH REPORT SERIES

Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) mbH

Heinrichstr. 30

49080 Osnabrück

ISSN 2196-4262

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VII
Abkürzungsverzeichnis	VIII
1 Einleitung	1
2 Bundesländer und makroökonomische Wirkungsanalyse: eine Literaturübersicht	2
3 Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende in Deutschland	6
3.1 Vorgehensweise auf Bundesebene	6
3.2 Überblick über die Entwicklungen in den Energiewende-sektoren auf Bundesebene	7
3.3 Gesamtwirtschaftliche Auswirkungen der Energiewende in Deutschland im Überblick	11
4 Energiewenderelevante Strukturindikatoren in den Bundesländern	13
4.1 Überblick über die Darstellung am Beispiel des Energieverbrauchs	13
4.2 Energieverbrauch und Wirtschaftsstruktur in den Bundesländern	15
4.3 Die Stromerzeugung in den Bundesländern	19
4.4 Bundesländer und Gebäudeeffizienz	20
5 Vorgehensweise auf Bundesländerebene	22
5.1 Die verwendeten Modelle	22
5.2 Wirtschaftliche Strukturen in den Bundesländern	23
5.3 Erweiterung der Modellierung zur Simulation von Energiewende-Effekten	25
5.3.1 Abbildung der Energieversorgung	25
5.3.2 Abbildung des Gebäudesektors	28
6 Ergebnisse	31
6.1 Wirkungen der Energiewendespezifischen Treiber	31
6.2 Gesamtwirtschaftliche Modellergebnisse	33
6.3 Sensitivität zur Gebäudesanierung	35
6.4 Zusammenfassung der Ergebnisse	37

7 Überlegungen zur weiteren Verbesserung von Modellierungen auf Länderebene	37
8 Anhang: Das Modell LÄNDER	40
8.1 Überblick	40
8.2 Zentrale Ansätze	40
8.3 Modellintegration	43
Literaturverzeichnis	45

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Absolute Differenz in der Bruttostromerzeugung zwischen EWS und KFS, 2030 und 2040, in TWh	8
Abbildung 2:	Strompreisentwicklung in EWS und KFS nach Verbrauchergruppen, 2000-2050, in Euro ₂₀₁₄ /MWh	9
Abbildung 3:	Zusätzliche Investitionen in Gebäudesanierung im EWS gegenüber KFS, in Mrd. Euro ₂₀₁₄ je Dekade	10
Abbildung 4:	Verringerte Energieimporte in Mrd. Euro – Abweichungen im EWS vom KFS	10
Abbildung 5:	Anzahl Erwerbstätige – Abweichungen im EWS vom KFS für Wirtschaftsbereiche in Tsd. und in %	12
Abbildung 6:	Die Bundesländergruppen, Farbgebung und die verwendeten Abkürzungen	14
Abbildung 7:	Endenergieintensität der Bundesländern und Endenergieverbrauch pro Einwohner in den Bundesländern	15
Abbildung 8:	Anteil des Sektors Bergbau und Industrie am Endenergieverbrauch	16
Abbildung 9:	Ergebnisse einer Clusteranalyse zur Verteilung der Endenergie auf Verbrauchssektoren	17
Abbildung 10:	Energieintensität der Beschäftigung im Sektor Bergbau und Industrie	18
Abbildung 11:	Stromverbrauch pro Einwohner in den Bundesländern	18
Abbildung 12:	Anteil erneuerbarer Energieträger an der Bruttostromerzeugung in den Bundesländern, 2015	19
Abbildung 13:	Ergebnisse einer Clusteranalyse zur Verteilung von sechs Energieträgern auf die Bruttostromerzeugung in den Bundesländern	20
Abbildung 14:	Investitionen im Rahmen des Förderprogramms „Energieeffizient Sanieren“ (2012 bis 2016) im Verhältnis zum Wohnflächenbestand	22
Abbildung 15:	Zusammenhang zwischen dem Landesanteil an der Bruttowertschöpfung der Energieversorgung und dem Landesanteil an der Strom- bzw. Fernwärmeerzeugung	27
Abbildung 16:	Anteile der Bundesländer an den Bauinvestitionen insgesamt, an den Bauinvestitionen des Sektors Wohnungswesen (jeweils nominal, 2012) und an den Investitionen im Programm KfW „Energetisch sanieren“ (2010–2016)	29

Abbildung 17: Verteilung von 1 Mrd. Euro Bauinvestitionen auf Grundlage unterschiedlicher Bundesländer-Verteilungsschlüssel	30
Abbildung 18: Abweichung der Bruttostromerzeugung zwischen Energiewendeszenario und kontrafaktischem Szenario in den Bundesländern	32
Abbildung 19: Abweichung der Bauinvestitionen zwischen Energiewendeszenario und kontrafaktischem Szenario in den Bundesländern	33
Abbildung 20: Relative Abweichungen zwischen dem Energiewendeszenario und dem kontrafaktischen Szenario in den Bundesländern, Anzahl Erwerbstätige	34
Abbildung 21: Relative Abweichungen zwischen dem Energiewendeszenario und dem kontrafaktischen Szenario in den Bundesländern, Bruttoinlandsprodukt in jeweiligen Preisen	35
Abbildung 22: Abweichungen zwischen dem Energiewendeszenario mit und dem Energiewendeszenario ohne die Umverteilung der Bauinvestitionen für Gebäudesanierung in den Bundesländern, Anzahl Erwerbstätige, 2030	36
Abbildung 23: Überblick über die Modellstruktur von LÄNDER	44

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Preisbereinigtes BIP und seine Komponenten – Abweichungen im EWS vom KFS in Mrd. Euro 2010 und in %	11
Tabelle 2:	Heizenergiebedarf Heizkosten in Mehrfamilienhäusern 2014	21
Tabelle 3:	Strukturelle Ausgangssituation in den Bundesländern, gemessen mit dem Anteil der Erwerbstätigen / der Bruttostromerzeugung im jeweiligen Land und übersetzt als Rangplatz unter den Bundesländern	24
Tabelle 4:	Beschäftigte, Bruttoproduktionswert und Bruttowertschöpfung für die Energieversorgung in Deutschland, 2015	25
Tabelle 5:	Liste der Wirtschaftsbereiche in LÄNDER und die Prüfung regionalspezifischer Indikatoren in den Schätzgleichung	42

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AEE	Agentur für Erneuerbare Energien
BA	Bundesagentur für Arbeit
bb	Brandenburg
be	Berlin
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
bw	Baden-Württemberg
by	Bayern
dena	Deutsche Energie-Agentur
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
DL	Dienstleistungen
EE	Erneuerbare Energien
EEFA	Energy Environment Forecast Analysis
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEV	Endenergieverbrauch
EU	Europäische Union
EWS	Energiewendeszenario
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
GJ	Gigajoule
hb	Bremen
he	Hessen
hh	Hamburg
IAT	Institut Arbeit und Technik
IFAM	Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung
ifo-Institut	Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung
IHU	Gesellschaft für Ingenieur-, Hydro- und Umweltgeologie
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
InWis	Institut für Wohnungswesen, Immobilienwirtschaft, Stadt- und Regionalentwicklung
IÖW	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung
ISW	Institut für Strukturpolitik und Wirtschaftsförderung
IWU	Institut Wohnen und Umwelt
KFS	kontrafaktisches Szenario
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau / KfW-Bankengruppe
LAK	Länderarbeitskreis Energiebilanzen
mv	Mecklenburg-Vorpommern

GESAMTWIRTSCHAFTLICHE EFFEKTE DER ENERGIEWENDE IN DEN BUNDESLÄNDERN

ni	Niedersachsen
nw	Nordrhein-Westfalen
PV	Photovoltaik
rp	Rheinland-Pfalz
sh	Schleswig-Holstein
sl	Saarland
sn	Sachsen
st	Sachsen-Anhalt
th	Thüringen
THG	Treibhausgasemissionen
WZ	Wirtschaftszweig

1 EINLEITUNG

Die Energiewende hat eine Vielzahl von wirtschaftlichen Auswirkungen. Versteht man sie als Summe aller Maßnahmen, Instrumente und Strategien der Bundesregierung zur sicheren, umweltverträglichen und bezahlbaren Bereitstellung von Energie seit 2000, so hat sie erheblichen Einfluss auf die Energiepreise, den Energieträgermix, den Ausbau erneuerbarer Energien und die Zunahme der Energieeffizienz in den meisten Nachfragebereichen gehabt. Die Analyse der gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen ist bereits entweder für Teilbereiche der Energiewende (vgl. Lehr et al. 2015 für die erneuerbaren Energien und Lehr et al. 2013 für die Energieeffizienz) oder die Energiewende insgesamt (Lutz et al. 2014) mehrfach durchgeführt worden. Lutz et al. (2018) kommen in ihrem Bericht zu den gesamtwirtschaftlichen Wirkungen der Energiewende zu dem Schluss, dass „der Vergleich der gesamtwirtschaftlichen Ergebnisse der beiden Szenarien „mit und ohne“ Energiewende, EWS und KFS, im Modell PANTA RHEI durchgehend positive Effekte der Energiewende insgesamt (zeigt). Im Jahr 2050 ist das BIP im Energiewendeszenario um fast 4 % größer als im (als alternative Entwicklung ohne Energiewende konstruierten) kontrafaktischen Szenario. Die Beschäftigung fällt um etwa 1 % höher aus. Zusätzlich steigen auch die Reallöhne.“

Wie aber verteilt sich dieses vielversprechende Ergebnis auf die Bundesländer? Welches Bundesland hat mehr von den positiven Effekten der Energiewende und warum? Diese Frage ist bislang nicht umfassend für alle Bundesländer und für alle Säulen der Energiewende beantwortet worden. Zur Beantwortung gilt es, die speziellen Strukturen der Bundesländer, die auf charakteristische Weise auf die Energiewende reagieren, zu identifizieren und datengestützt aufzubereiten.

Mit dem in der vorliegenden Untersuchung vorgeschlagenen methodischen Ansatz lassen sich die Auswirkungen der Energiewende von der Bundesebene auf die Bundesländer projizieren. Damit dies über ein einfaches Aufteilen der Effekte hinausgeht, ist eine Vielzahl von Annahmen, wirtschaftsstrukturellen Überlegungen und bundeslandspezifischen Daten notwendig. Die GWS verfügt über ein auf Bundesländer regionalisiertes ökonomisches Modell (LÄNDER, vgl. Anhang), das die Modelle wie PANTA RHEI auf Bundesebene ergänzt. Es basiert auf einer Fülle regionaler Daten wie den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen der Länder. Eine Auswertung der bundesweiten Szenarien mittels dieses Instrumentariums gibt einen Einblick in die strukturellen Wirkungen der Energiewende in den Bundesländern. Um die Energiewende in ihren Wirkungen auf Bundesland-ebene besser zu verstehen, werden ihre beiden wichtigsten Säulen herausgegriffen und getrennt untersucht. Am Beispiel der Gebäudesanierung und der Stromerzeugungsinfrastruktur eines Bundeslandes werden die wirtschaftlichen Reaktionen auf Veränderungen durch die Energiewende aufgezeigt und untersucht.

In Kapitel 2 werden hierfür zunächst die Ergebnisse von anderen Studien zu Beschäftigungseffekten und regionalen Verteilungsfragen der Energiewende vorgestellt. Kapitel 3 eröffnet den quantitativen Teil und fasst die Ergebnisse der gesamtwirtschaftlichen Analyse auf Bundesebene zusammen. Im Folgekapitel (4) werden die energiewenderelevanten Unterschiede zwischen den Bundesländern aufgezeigt. Bestimmende Indikatoren sind hierbei

die Struktur des Energieverbrauchs und Energieintensitäten sowie die Stromerzeugungsstruktur. In Kapitel 5 wird die spezifische Modellierung auf Bundesländerebene vorgestellt. Die ökonomisch-strukturellen Indikatoren, welche die Bundesländer kennzeichnen und für die gesamtwirtschaftlichen Ergebnisse eine Rolle spielen, werden im Teilkapitel 5.2 dargestellt. In Kapitel 6 werden die gesamtwirtschaftlichen Modellergebnisse für die Bundesländer dargestellt. Kapitel 7 schließt ab mit Überlegungen zu einer weiteren Verbesserung der Modellierung für zukünftige Untersuchungen ähnlicher Fragestellungen.

2 BUNDESLÄNDER UND MAKROÖKONOMISCHE WIRKUNGSANALYSE: EINE LITERATURÜBERSICHT

Eine Betrachtung makroökonomischer Effekte der Energiewende in Bezug auf Wertschöpfungs- und Beschäftigungswirkungen liegt bislang entweder für Teilbereiche der Energiewende oder für einzelne Regionen vor. In der öffentlichen Diskussion werden darüber hinaus oftmals Verteilungseffekte zwischen den Bundesländern diskutiert, die im Folgenden kurz aufgegriffen werden.

Der Teilaspekt erneuerbare Energien ist am intensivsten untersucht und beforscht worden von allen Säulen der Energiewende. Einen ersten Blick auf bundeslandspezifische Effekte erlaubt die Analyse der Bruttobeschäftigung durch den Ausbau erneuerbarer Energien in den Bundesländern (Ulrich & Lehr 2013, 2014, 2018; Lehr et al. 2015; Ulrich et al. 2012). Schon hier hat sich gezeigt, dass die Ergebnisse komplexer sind, als die erste Schätzung auf Basis der Standortfaktoren Wind- und Sonnenpotenzial vermuten lässt. Eine gesamtwirtschaftliche Regionalanalyse auf Bundeslandebene für die Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien findet sich bei Sievers und Pfaff (2016). Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte der erneuerbaren Energien sind auf Bundesländerebene auch von Hirschl et al. abgeschätzt worden, wobei primär die Planungsleistungen und die Betriebsphase der Anlagen betrachtet wurden (Hirschl et al. 2015).

Auf gesamtwirtschaftlicher Ebene analysieren Sievers und Pfaff (2016) die regionalen Effekte der Energiewende auf NUTS-2-Ebene¹ in Deutschland. Hierbei werden nicht nur die Umsätze regional zugeordnet, sondern auch regionale Beschäftigungsstrukturen, Arbeitsproduktivität und Wertschöpfung hinterlegt.

Eine vergleichende Darstellung der Bundesländer zum Ausbau erneuerbarer Energien wird regelmäßig seit 2008 von der Agentur für erneuerbare Energien, dem DIW und dem ZSW durchgeführt. Von den Autoren wurden „Indikatoren für ein Bundesländerranking entwickelt und die führenden Bundesländer im Bereich Erneuerbarer Energien“ identifiziert. Die Bundesländervergleichsstudie bewertet sowohl die energiepolitischen Ziele und Anstrengungen eines Bundeslands als auch bisher beobachtbare Erfolge anhand sogenannter Output-

¹ **NUTS** (*Nomenclature des unités territoriales statistiques*) ist die Systematik zur Identifizierung und Klassifizierung der räumlichen Bezugseinheiten der amtlichen Statistik der EU. In Deutschland sind die NUTS-1-Regionen die Bundesländer. Die Bevölkerung einer NUTS-1-Region liegt in aller Regel zwischen 3 und 7 Millionen Einwohnern. NUTS-2-Regionen haben meist zwischen 800 000 und 3 Millionen Einwohnern. In Deutschland ist dies im Regelfall die Ebene der Regierungsbezirke.

Indikatoren wie erreichte Erfolge beim Ausbau erneuerbarer Energien in den Bundesländern und energiebedingte CO₂-Emissionen und Input-Indikatoren zum technologischen und wirtschaftlichen Wandel (AEE, DIW, ZSW 2017). Bei den Anstrengungen zur Nutzung erneuerbarer Energien führt Baden-Württemberg laut AEE, DIW, ZSW (2017) deutlich. Auf Platz zwei finden die Autoren Thüringen. Schleswig-Holstein steigt in dieser Gruppe von Platz fünf auf Platz drei. Bezogen auf die Nutzung, bzw. die Investitionen in EE, war und ist Bayern Spitzenreiter. Bezogen auf die Beschäftigungswirkung übernehmen die Autoren Daten aus den vorliegenden Schätzungen bzw. aus früheren Veröffentlichungen, wie die obengenannte Abschätzung der Bruttobeschäftigung.

Für einzelne Bundesländer und für ausgewählte deutsche Regionen wurden darüber hinaus regionalspezifische Auswertungen der Nettobeschäftigung der gesamten Energiewende durchgeführt. Beispiele finden sich für die Wirtschaftsregion Osnabrück – Emsland – Grafschaft Bentheim (Lehr et al. 2012) und für Baden-Württemberg (Löckener et al. 2016). Für die Untersuchung in Baden-Württemberg sind explizit alle Handlungsfelder der Energiewende betrachtet worden und es sind sowohl Berechnungen zu Brutto- als auch Netto-rechnungen durchgeführt worden.

Die Ausgestaltung des EEG hat in den letzten Jahren verschiedene Debatten zur regionalen Verteilungsgerechtigkeit ausgelöst. Ein wichtiger Punkt sind regionale Unterschiede der geförderten Strommengen, die sich zum Teil an dem höheren Windangebot an der Küste und der höheren Zahl an Sonnenstunden in Süd- und Ostdeutschland festmachen. Ländliche Räume profitieren nach Plankl (2013) vom EEG. Menges und Untiedt (2016) analysieren explizit die regionalen Verteilungswirkungen der EEG-Zahlungsströme in Schleswig-Holstein, das zu den Bundesländern gehört, die bei Betrachtung der regionalen EEG induzierten Zahlungsströme einen positiven Saldo aufweisen. Die Studie betrachtet die Zahlungsströme detailliert und analysiert die Verteilung auf Kreise und kreisfreie Städte des Bundeslandes Schleswig-Holstein. Többen analysiert Nettoeffekte des Ausbaus erneuerbarer Energien und behandelt dabei vor allem soziökonomische Verteilungsfragen (Többen 2017). Growitsch et al. (2015) weisen für das Jahr 2011 auf der Ebene von Kreistypen nach, dass die PV-, Wind- und Biomasseerzeugung überwiegend in ländlichen Regionen stattfindet und dort zu Einnahmen aus dem EEG führt. Übertragen auf die Länderebene ist Bayern größter Nettoempfänger und NRW größter Nettozahler, wenn man die durch das EEG ausgelösten Zahlungsströme auf Länderebene betrachtet. So wurde der EEG-Mechanismus auch schon mit dem Länderfinanzausgleich in Beziehung gesetzt.

Der regional unterschiedliche und teils sehr starke Anstieg der Netzentgelte ist ein weiterer wichtiger Aspekt. Im (Nord-) Osten Deutschlands, insbesondere östlich der Elbe, liegen die Netzentgelte im Jahr 2017 deutlich höher als im Süden und Westen. Auch die Expertenkommission (2016, 7.5) hat in ihrer Stellungnahme den Verteilungsaspekten der Netzentgelte ein eigenes Kapitel gewidmet. Von der Bundesnetzagentur zur Verfügung gestellte sehr detaillierte Karten stellen die Höhe der Netzentgelte getrennt für Haushalts-, Gewerbe- und Industriekunden räumlich hoch aufgeschlüsselt dar. Mit dem Gesetz zur Modernisierung der Netzentgeltstruktur werden diese Unterschiede ab Januar 2019 in fünf Stufen reduziert und bis Anfang 2023 komplett beendet.

Vergütungszahlungen auf der einen und Stromverbrauch – und damit EEG-Umlagezahlungen und Netzentgelte – auf der anderen Seite stehen sich für die Regionen in

unterschiedlicher Höhe gegenüber. Auch Nachfrageimpulse durch den Ausbau erneuerbarer Energien sind regional sehr unterschiedlich, wie nicht zuletzt die Arbeiten zur Bruttobeschäftigung durch die Energiewende zeigen (O'Sullivan et al. 2018, Ulrich & Lehr 2018). Hirschl et al. (2015) stellen für das Jahr 2012 und in einer Szenariobetrachtung für 2020 insbesondere die Wertschöpfungsketten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien dar und weisen u. a. die damit in Verbindung stehenden Steuereinnahmen aus.

Mit Blick auf sektorale Effekte untersuchen Deppermann et al. (2016) u. a., welche Einkommenseffekte dem deutschen Landwirtschaftssektor durch die EU-Politik zu Biokraftstoffen entstehen.

Ein weiterer Aspekt sind die mit dem Ausstieg aus der Stromerzeugung aus Kernenergie sowie der reduzierten Stromerzeugung aus Kohle und Gas verbundenen Effekte, die teilweise bereits zur Stilllegung von Kraftwerken geführt haben. Die Expertenkommission (2016) spricht in diesem Zusammenhang von den „verborgenen Kosten der Vorhaltung von Kraftwerksleistung“ und führt außerplanmäßige Abschreibungen der großen Versorgungsunternehmen auf. Die im März 2017 veröffentlichten enormen Verluste von RWE und E-ON für das Geschäftsjahr 2016 verdeutlichen die Größenordnung. Hierdurch sind kommunale Anteilseigner stark betroffen. Viele Stadtwerke haben ebenfalls hohe Wertberichtigungen auf Kraftwerksbeteiligungen vornehmen müssen. Beides hat bei Kommunen und Kreisen mit Schwerpunkt NRW zu deutlichen Einnahmefällen geführt. Allerdings ist auch bei dieser Frage die Zurechnung von Lasten zur Energiewende keinesfalls immer eindeutig. Kernenergierückstellungen, die einen guten Teil der aktuellen Verluste der Betreiber ausmachen, sind nicht in erster Linie Folge der Energiewende. (Niedrige) Großhandelspreise für Strom in Deutschland werden auch durch Faktoren beeinflusst, die nicht von der deutschen Energiewende getrieben sind.

Nach der Beendigung des Steinkohlenbergbaus Ende 2018, die bereits vor der Energiewende beschlossen wurde und ihr nicht zuzurechnen ist, werden die regionalen Effekte der Braunkohlenförderung und -verstromung zukünftig in den Blickpunkt gerückt. Aus wirtschaftlicher und sozialer Sicht ist dabei u. a. von Bedeutung, dass die Förderung regional konzentriert ist. Zu den Braunkohleregionen Lausitz, Niederrhein und Mitteldeutsches Revier liegt eine Reihe von Studien vor. Einen Überblick liefert Agora Energiewende (2016). Einige der Studien sind im Auftrag von Energieversorgern und/oder Braunkohlieförderern entstanden. Hier sind die Arbeiten von Prognos (2011) für Ostdeutschland, ISW & IHU (2015) für das Mitteldeutsche Revier und von EEFA (2011) für das Niederrheinische Revier zu nennen. Weitere Studien wurden vom ifo-Institut (2013) im Auftrag der Wirtschaftsinitiative Lausitz e. V. mit Blick auf den Strukturwandel und dem DIW (2012) mit starker Konzentration auf die stromwirtschaftlichen Fragen für Ostdeutschland durchgeführt. Studien für Umweltverbände thematisieren einen frühzeitigen Ausstieg aus der Braunkohleverstromung (Öko-Institut & Prognos 2017).

Andere Analysen befassen sich stärker mit dem notwendigen Strukturwandel und Gestaltungsmöglichkeiten wie das Kurzgutachten des Wuppertal-Instituts (Vallentin et al. 2016) oder die Analyse des Instituts für Arbeit und Technik IAT (2014) für das Rheinische Revier im Auftrag des Landtags NRW. In einem Forschungsvorhaben für das BMWi betrachten Prognos und InWis (2014) Lehren aus dem Strukturwandel im Ruhrgebiet für die

Regionalpolitik. Das IÖW (2013) vergleicht für die Lausitz vor allem die Wertschöpfungseffekte der Braunkohle mit den Wirkungen, die erneuerbare Energien auslösen.

Die Analyse der Prognos (2011, S. 25) zeigt für das Jahr 2010, dass die durch die Braunkohlenwirtschaft direkte, indirekte und induzierte Beschäftigung für einzelne Städte und Landkreise eine größere Rolle spielt. In der Lausitz sind es vier Landkreise und die Stadt Cottbus, im Mitteldeutschen Revier drei Landkreise. EEFA (2011, S. 6) unterscheidet einerseits das eng abgegrenzte Rheinische Braunkohlerevier, das drei Landkreise und weitere Gemeinden umfasst. Knapp 90 % der bei RWE Power Beschäftigten haben dort ihren Wohnort. Darüber hinaus wird das weiter gefasste Braunkohlegebiet betrachtet, das Kreisfeld, Düsseldorf, Köln und Bonn und alle süd-westlich davon gelegenen Kreise NRWs umschließt. Es wird angenommen, dass die im Kohlebereich Beschäftigten in dieser Region mit den wichtigen Oberzentren den ganz überwiegenden Teil ihrer Ausgaben tätigen. Dieses Thema wird die Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ im Lauf des Jahres 2018 näher betrachten.

Da industrielle Betriebe einzelner Branchen in Deutschland räumlich unterschiedlich verteilt sind, haben Strompreiseffekte allgemein für Regionen unterschiedliche Bedeutungen. Bisherige Arbeiten untersuchen u. a. die Verteilungswirkung der Besonderen Ausgleichsregelung nach Regionen (Horst 2015), d. h., in welchem Umfang die Industrie im jeweiligen Bundesland entlastet wird. Analysen über die Belastung der Industrie durch die Energiewende nach Regionen sind unbekannt. Allerdings haben Elstrand et al. (2017) die aktuelle Stromnachfrage nach Kreisen weiter differenziert. Ihre Analyse zeigt, dass die Verbräuche einzelner energieintensiver Industrieunternehmen in den Kreisdaten deutlich sichtbar werden.

Verteilungswirkungen in den Handlungsfeldern Netzausbau und Elektromobilität sind bisher noch nicht flächendeckend evaluiert worden. Zum Thema Gas und seiner Rolle in der Energiewende gibt es in Bezug auf ökonomische Effekte generell viel Forschungsbedarf. Auch die Gaserzeugung stellt ein wichtiges noch nicht ergiebig bearbeitetes Forschungsfeld dar. Auf der einen Seite gilt Power-to-Gas als ein vielversprechendes Konzept, das einen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten kann (Graf & Sandler 2017). Hier sind Investitionen und Stromlieferungen notwendig, die sich regional sehr unterschiedlich verteilen könnten (dena 2016). Zum anderen steht die Wertschöpfung in Erdgasförderregionen in engem Zusammenhang mit dem Prozess der Energiewende.

Abschließend lässt sich feststellen, dass der Regionalaspekt zumindest auf Bundeslandebene wichtig ist für die Akzeptanz der Energiewende. Je mehr Untersuchungen vorliegen, desto eher können Entscheidungsträger auch auf Bundeslandebene auf jeweils spezifische Chancen und Risiken eingehen.

Die hier vorgelegte Untersuchung geht über die genannten Ansätze insofern hinaus, als dass sie zum einen alle Säulen der Energiewende in die Szenarienanalyse einbezieht und zum anderen die Analyse der Bundesländer mit einem konsistenten gesamtwirtschaftlichen Modell verknüpft. Der hier entwickelte methodische Rahmen erlaubt es, Verteilungseffekte methodisch konsistent zu untersuchen und auch zukünftig weiterführende Fragestellungen der regionalspezifischen Auswirkung der Energiewende zu analysieren.

3 GESAMTWIRTSCHAFTLICHE EFFEKTE DER ENERGIEWENDE IN DEUTSCHLAND

3.1 VORGEHENSWEISE AUF BUNDESEBENE

Im Rahmen des Vorhabens „makroökonomische Effekte der Energiewende“ wurden zwei Szenarien zur makroökonomischen Analyse der Energiewende entwickelt (Lutz et al. 2018). Die Analyse der gesamtwirtschaftlichen Effekte auf Bundesebene wurde mit dem Modell PANTA RHEI vorgenommen.

Die gesamtwirtschaftlichen Effekte werden durch die Auswertung der Abweichung einzelner Kenngrößen zwischen zwei Szenarien abgeleitet: einem Energiewendeszenario und einem entsprechenden kontrafaktischen Szenario ohne Energiewende ab dem Jahr 2000. Die beiden Szenarien unterscheiden sich im Zeitverlauf zunehmend bei Primärenergieverbrauch, Endenergieverbrauch und THG-Emissionen. Im Energiewendeszenario (EWS) liegt der Primärenergieverbrauch im Jahr 2050 um 43 % niedriger als im Kontrafaktischen Szenario (KFS), beim Endenergieverbrauch liegt die Differenz bei 37 %. Bei den THG-Emissionen fällt der Unterschied durch den starken Ausbau der erneuerbaren Energien noch sehr viel größer aus. Die energiebedingten THG-Emissionen erreichen im Jahr 2050 im EWS nur noch 15 % der Emissionen, die im KFS ermittelt werden.

Einschränkend ist zu berücksichtigen, dass es bei der Modellierung eines Zielszenarios wie des EWS vor allem um die Frage geht, mit welchen technischen Maßnahmen die Zielsetzung der starken Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2050 erreicht werden kann. Instrumente werden nicht prioritär abgebildet. Die Unterschiede in den Maßnahmen werden als Differenzen in Investitionen, Energiepreisen und Energiemengen in das gesamtwirtschaftliche Modell PANTA RHEI eingestellt und lösen dort verschiedene Effekte aus, die in ihrer Gesamtheit als Ergebnis der Energiewende interpretiert werden.

Die wesentlichen Treiber, die zu den Abweichungen führen, sind:

1. Veränderte Strompreise bei Unternehmen und Haushalten überwiegend infolge der Umstrukturierung des Strommarktes.
2. Verringerte Ausgaben für Energie aufgrund einer höheren Energieeffizienz.
3. Veränderte Investitionen in Ausrüstungen und Bauten infolge der getroffenen Maßnahmen in den Bereichen Strommarkt und Energieeffizienz.

PANTA RHEI erfasst die ökonomischen Wirkungszusammenhänge vollständig für Deutschland insgesamt. Veränderte Strompreise und Ausgaben für Energie gehen in die Kalkulation der Unternehmen einzelner Branchen (63 Wirtschaftszweige) ein und wirken auf die Wertschöpfung und die Beschäftigung. Veränderte Ausgaben für Energie beeinflussen darüber hinaus die Einnahmen und die Produktion des Sektors Energieversorgung. Mehr Effizienz und mehr erneuerbare Energien vermindern die Importe von fossilen Energieträgern. Allein diese hier nur beispielhaft aufgeführten Mechanismen wirken auf Branchen teilweise sehr unterschiedlich.

Zusätzliche oder angepasste Investitionen verändern die Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen. Zusätzliche Investitionen erhöhen die Produktion für dafür benötigte

Güter und können zum Ausbau der Beschäftigung führen. Je nach Art der Investitionen (Bauten, Ausrüstungen) erhöht sich die Nachfrage in unterschiedlichen Branchen. Auch hier wirkt der Impuls sehr unterschiedlich auf Branchen, wobei sich durch gesamtwirtschaftliche Kreisläufe eine allgemein höhere Wirtschaftsleistung ergeben kann, welche im Prinzip auch auf alle Branchen wirken kann. In diesem Kontext sind jedoch auch negative Effekte zu nennen, da sich durch stärkere Lohnentwicklungen in einigen Branchen der Kostendruck erhöht.

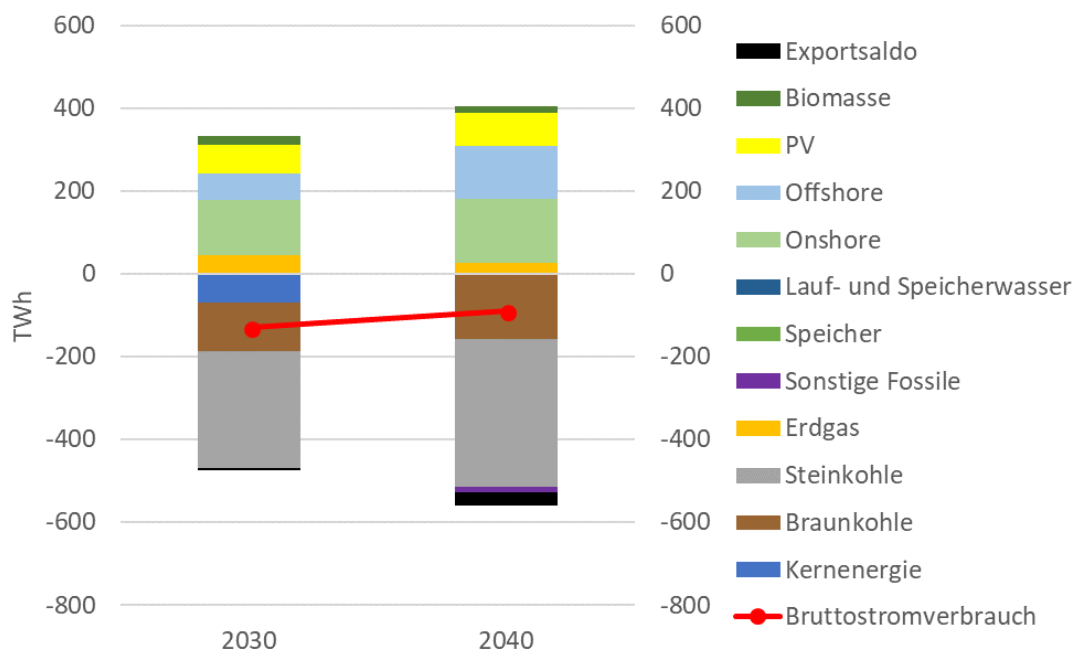
3.2 ÜBERBLICK ÜBER DIE ENTWICKLUNGEN IN DEN ENERGIEWENDESEKTOREN AUF BUNDESEBENE

Der Vergleich der gesamtwirtschaftlichen Ergebnisse der beiden Szenarien EWS und KFS im Modell PANTA RHEI zeigt auf der nationalen Ebene durchgehend positive Effekte der Energiewende insgesamt (Lutz et al. 2018). Im Jahr 2050 ist das BIP im EWS um fast 4 % größer als im KFS. Die Beschäftigung fällt um etwa 1 % höher aus. Zusätzlich steigen auch die Reallöhne, sodass alle Beschäftigten und Empfänger/-innen von Transferzahlungen von der Energiewende profitieren.

Im EWS wird unterstellt, dass sich der Stromverbrauch für Beleuchtung, IKT, Weiße Ware und konventionelle Stromheizungen durch Effizienzgewinne reduziert. Andererseits führt das wärmere Klima zu einem Anstieg des Stromverbrauchs für Kühlen und Lüften. Trotz verbesserter Effizienz kann der Mehrverbrauch für diese Zwecke nur teilweise kompensiert werden. Auch Wärmepumpen und Elektrofahrzeuge erhöhen die Stromnachfrage, sorgen durch die Speichermöglichkeit (Warmwasserspeicher bzw. Batterie) jedoch für einen gewissen Grad an Flexibilität. Insgesamt kommt es durch die genannten Entwicklungen zu einer Anpassung der Lastkurve im EWS. Im KFS wird ebenfalls ein leichter Rückgang der Stromnachfrage für Beleuchtung und IKT angenommen, für mechanische Energie wird ein höherer Verbrauch im Vergleich zum EWS unterstellt. Struktur und Menge der Stromerzeugung unterscheiden sich in den beiden Szenarien deutlich. Im EWS haben die erneuerbaren Energien bereits bis heute einen bedeutenden Anteil an der Stromerzeugung erreicht. Einem starken Zuwachs bei den erneuerbaren Energien steht ein Rückgang der konventionellen Stromerzeugung gegenüber. Im EWS wird davon ausgegangen, dass die erneuerbaren Energien in Zukunft noch stärker zur Stromerzeugung beitragen werden. Der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch steigt im EWS auf 60 % in 2030. Bis ins Jahr 2050 erhöht sich der Anteil auf 90 %. Bei der konventionellen Stromerzeugung erfolgen der Kernenergieausstieg bis zum Jahr 2022 und ein Ausstieg aus der Kohleerzeugung bis zum Jahr 2050, damit die sektoralen Ziele des Klimaschutzplans 2050 erreicht werden können.

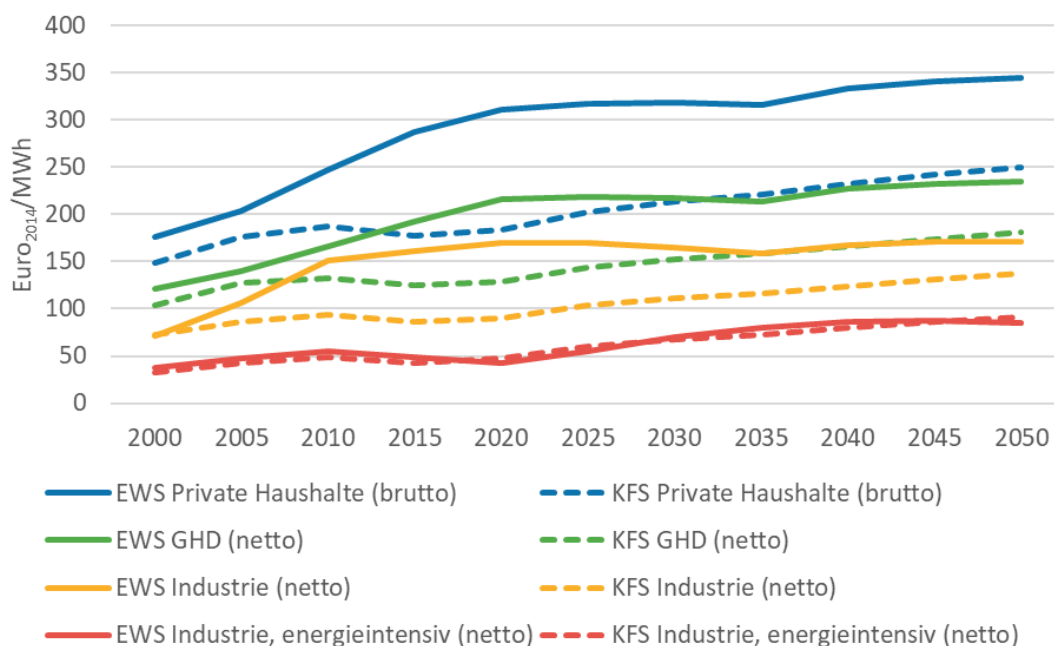
Im KFS beträgt der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch im Jahr 2014 nur etwa 5 % und ist damit deutlich niedriger als im EWS. Für die Zukunft wird unterstellt, dass dieser Anteil stagniert bzw. leicht rückläufig ist.

Abbildung 1: Absolute Differenz in der Bruttostromerzeugung zwischen EWS und KFS, 2030 und 2040, in TWh



Quelle: Lutz et al. (2018).

Abbildung 1Abbildung 2 verdeutlicht die Unterschiede in der Stromerzeugung zwischen EWS und KFS. Eine positive Abweichung bedeutet, dass im EWS eine höhere Stromerzeugung im Vergleich zum KFS vorliegt. Die Umsetzung der Energiewende sorgt dafür, dass mehr Strom aus erneuerbaren Quellen produziert wird. Der Bruttostromverbrauch steigt, ist aber im EWS durchgängig niedriger als im KFS. Dies führt auch zu unterschiedlichen Strompreisen in den beiden Szenarien (Abbildung 2).

Abbildung 2: Strompreisentwicklung in EWS und KFS nach Verbrauchergruppen, 2000-2050, in Euro₂₀₁₄/MWh

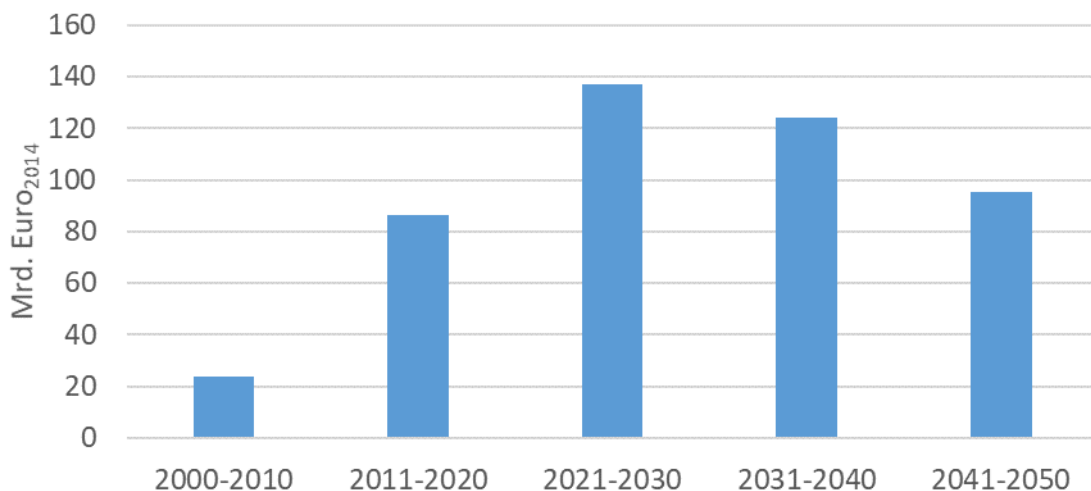
Quelle: Lutz et al. (2018).

Die Strompreise für die privaten Haushalte (incl. Mehrwertsteuer, fortgeschrieben mit dem aktuellen Steuersatz bis 2050) steigen im EWS von 176 EUR/MWh im Jahr 2000 auf ca. 340 EUR/MWh im Jahr 2050 an. Zu Beginn der Zeitreihe lassen die hohen Kosten für erneuerbare Energien und eine hohe EEG-Umlage die Strompreise stark steigen. Ab etwa 2020 wird von sinkenden Kosten und einer kleiner werdenden EEG-Umlage ausgegangen, sodass die Strompreise für die privaten Haushalte nur noch moderat steigen. Im KFS sind steigende Brennstoffpreise verantwortlich für steigende Strompreise. Im KFS steigen die Strompreise bis zum Jahr 2050 auf etwa 250 EUR/MWh. Die GHD-Strompreise entsprechen den Strompreisen für die privaten Haushalte, jedoch abzüglich der Mehrwertsteuer.

Es wird angenommen, dass auch in Zukunft eine Unterscheidung zwischen privilegierten Industriekunden in energieintensiven Branchen und nicht privilegierten Industriekunden vorgenommen wird. Die Strompreise für die energieintensiven Branchen unterscheiden sich auch deshalb kaum zwischen EWS und KFS. Die Strompreise für nicht privilegierte Industriekunden sind im EWS im Zeitraum bis etwa 2015 deutlich angestiegen und verbleiben bis 2050 etwa auf diesem Niveau.

Damit die Ziele der Energiewende erreicht werden können, tätigen die vier Endverbrauchssektoren im EWS zusätzliche Investitionen. Kumuliert über den Zeitraum von 2000 bis 2050 betragen diese Mehrinvestitionen etwa 1,5 Billionen Euro. Von diesen zusätzlichen Investitionen entfallen ca. 32 % auf die privaten Haushalte, 25 % auf den GHD-Sektor, 19 % auf die Industrie und 24 % auf den Verkehrssektor. Mit kumuliert über 450 Mrd. Euro im Zeitraum von 2000 bis 2050 entfallen rund 30 % der zusätzlichen Investitionen auf Investitionen in die Gebäudehülle (Gebäudesanierung). Diese Investitionen werden insbesondere durch die privaten Haushalte und den Sektor GHD getätigt.

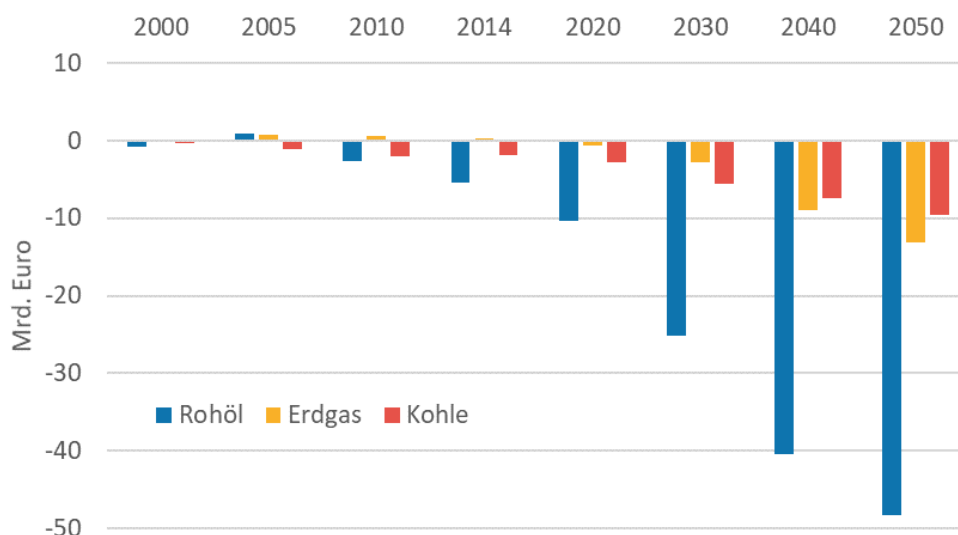
Abbildung 3: Zusätzliche Investitionen in Gebäudesanierung im EWS gegenüber KFS, in Mrd. Euro₂₀₁₄ je Dekade



Quelle: Lutz et al. (2018).

Abbildung 3 verdeutlicht die Entwicklung der zusätzlichen Investitionen in Gebäudesanierung im Zeitverlauf. Die Differenz bei der jährlich zusätzlich energetisch sanierten Gebäudelfläche und die damit verbundenen zusätzlichen Investitionen steigen bis zum Jahr 2030. In der Dekade von 2021 bis 2030 werden im EWS jährlich durchschnittlich 13,7 Mrd. Euro in Gebäudesanierung investiert. Nach 2030 nehmen die jährlichen zusätzlichen Investitionen ab. Dem Rückgang liegt die Annahme zugrunde, dass Effizienztechnologien durch eine unterstellte Kostendegression im Zeitverlauf günstiger werden.

Abbildung 4: Verringerte Energieimporte in Mrd. Euro – Abweichungen im EWS vom KFS



Quelle: Lutz et al. (2018).

Die Energiewende hat zur Folge, dass die Energieimporte im Vergleich zum KFS geringer ausfallen (Abbildung 4). Sowohl die Steinkohleimporte als auch die Rohölimporte fallen wertmäßig geringer im EWS aus, wobei die Differenzen beim Rohöl, wegen deutlich

höherer Ölpreise im Vergleich zum Preis für Steinkohle, größer ausfallen. Von 2000 bis 2014 steigen die Erdgasimporte im EWS durch die Energiewende leicht an und sind erst danach geringer als im KFS, da Erdgas teilweise Kohle und Öl ersetzt.

Energiemix, Investitionen und Energiepreise sind die wichtigsten Bestandteile der Szenarien, die als Treiber im gesamtwirtschaftlichen Modell wirken. Sie führen zu den vielfältigen Anpassungsreaktionen bei der Energienachfrage, beim Konsum, beim Output der Industrie und der Dienstleistungen sowie letztlich zu Änderungen beim Wachstum und der Beschäftigung.

3.3 GESAMTWIRTSCHAFTLICHE AUSWIRKUNGEN DER ENERGIEWENDE IN DEUTSCHLAND IM ÜBERBLICK

Die makroökonomische Analyse mit PANTA RHEI ergibt, dass das Bruttoinlandsprodukt in Deutschland im Energiewendeszenario im Jahr 2030 um rund 83 Mrd. Euro und damit um etwa 2,5 % über dem Wert im Kontrafaktischen Szenario liegt (Tabelle 1). Im Jahr 2040 sind es rund 125 Mrd. Euro (3,4 %).

Tabelle 1: Preisbereinigtes BIP und seine Komponenten – Abweichungen im EWS vom KFS in Mrd. Euro 2010 und in %

	2030	2040	2030	2040
	Abweichung in Mrd. Euro		Abweichung in %	
Bruttoinlandsprodukt	82,56	125,18	2,45	3,42
Privater Konsum	44,77	70,59	2,45	3,58
Staatskonsum	12,44	25,44	2,07	4,00
Ausrüstungen	22,78	28,20	5,50	5,68
Bauten	11,29	11,44	5,50	5,68
Exporte	-5,62	1,03	-0,24	0,03
Importe	-3,38	3,70	-0,15	0,13
Erwerbstätige (1 000)	222,3	370,6	0,52	0,90

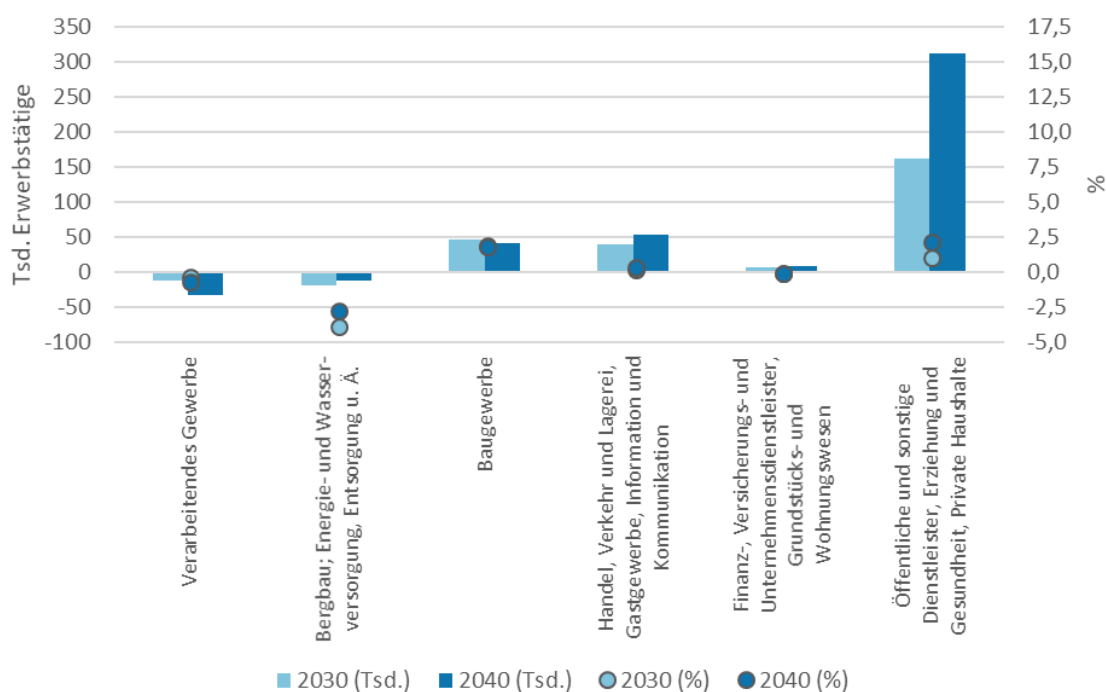
Quelle: Lutz et al. 2018.

Die positiven Abweichungen zeigen sich in allen Komponenten des BIP außer beim Außenhandel, in denen die Abweichungen gering sind. Im Jahr 2030 ist die Abweichung der Investitionen besonders hoch, aber auch auf den privaten Konsum entfällt ein großer Teil der positiven Abweichungen. Zum Jahr 2040 hin reagiert der private und staatliche Konsum nochmals besonders stark, während die Abweichungen bei den Investitionen kaum noch zunehmen. Die Anzahl der Erwerbstätigen ist im Energiewendeszenario im Jahr 2030 um 222 000 höher als im Kontrafaktischen Szenario, im Jahr 2040 beträgt die absolute Abweichung etwa 370 000. Die entsprechenden relativen Abweichungen betragen 0,52 und 0,9 %. Zu erwähnen ist, dass die Abweichung des BIP im Jahr 2015 bereits 1,2 % beträgt, da das Kontrafaktische Szenario bereits für die Jahre ab 2000 definiert wurde. Mehr Ergebnisse und Hintergründe zu den Ergebnissen der Szenarioanalyse sind in Lutz et al. (2018) zu finden. Betrachtet man die Verteilung der Effekte auf die Wirtschaftsbereiche, so lässt sich zunächst feststellen, dass die Bruttowertschöpfung in fast allen Wirtschaftsbereichen

im Energiewendeszenario höher ist als im Kontrafaktischen Szenario. Einzig im Bergbau- sektor ergeben sich langfristig teilweise negative Effekte auf die Wertschöpfung.

Die Effekte auf die Beschäftigung und allgemein die Erwerbstätigkeit sind über die Wirtschaftsbereiche hinweg deutlich differenter (vgl. Abbildung 5). Die höchsten relativen Abweichungen zeigen sich im Bereich Bergbau, Energie- und Wasserversorgung mit -3,7 % im Jahr 2030 und -2,6 % im Jahr 2040. Innerhalb dieses Aggregats zeigt der Bergbau besonders hohe negative Abweichungen. Im Verarbeitenden Gewerbe ist die Anzahl der Erwerbstätigen im Durchschnitt um 0,2 % (2030) und 0,5 % (2040) geringer. Innerhalb des verarbeitenden Gewerbes zeigen sich ebenso Unterschiede in den Effekten. In der Nahrungsmittelindustrie sind die Effekte vernachlässigbar und im Maschinenbau ergeben sich in den Jahren 2030 und 2040 leicht positive Abweichungen in der Erwerbstätigkeit. In den übrigen industriellen Sektoren betragen die Abweichungen zwischen dem Energiewendeszenario und dem Kontrafaktischen Szenario -0,5 bis -2 %. Besonders positive relative Abweichungen zeigen sich im Baugewerbe mit jeweils um die 2 % sowie im Dienstleistungsbereich. Gerade mit Blick auf die Absolutzahl sind die positiven Abweichungen im Bereich der öffentlichen Dienstleistungen besonders relevant. Sie betragen 160 000 Personen im Jahr 2030 und 310 000 im Jahr 2040. Hintergrund sind die durch höhere Wirtschaftsleistung ausgelösten Einkommenseffekte, die zu einer verstärkten Nachfrage in diesem Bereich und hier insbesondere in den Bereichen Bildung, Kunst und Unterhaltung sowie haushaltsnahe Dienstleistungen führen. Die relativen Abweichungen in den Handels-, Transport- und Informationssektoren betragen 0,4 und 0,5 %.

Abbildung 5: Anzahl Erwerbstätige – Abweichungen im EWS vom KFS für Wirtschaftsbereiche in Tsd. und in %



Quelle: Eigene Darstellung.

Dieser leichte Beschäftigungsrückgang im verarbeitenden Gewerbe ist für sich genommen zunächst kontraintuitiv, weil die Nachfrage nach Energiewendegütern hoch bleibt und die Produktion des verarbeitenden Gewerbes durch die Energiewende deutlich steigt. Letztlich zeigt sich, dass eine alleinige Betrachtung von Beschäftigten (in Personen oder Stunden) in einer Volkswirtschaft mit hohem Beschäftigungsstand zu kurz greift. Positive Arbeitsmarkteffekte schlagen sich zunehmend in höheren Stundenlöhnen nieder, die Steigerungen der Arbeitsproduktivität vor allem im verarbeitenden Gewerbe auslösen, wo die Stundenlöhne hoch und Effizienzpotenziale vorhanden sind. Teilweise ist dieser Effekt auch den konservativen Annahmen zum Export von Energiewendegütern geschuldet. Vor allem das verarbeitende Gewerbe würde zusätzliche Energiewendegüter in andere Länder exportieren können, was auch zu höherer Beschäftigung führen würde.

Diese Auswirkungen der Energiewende müssen im Folgenden „durch die Brille der Bundesländer“ betrachtet werden. Der Anstieg an Beschäftigung, aber auch der Rückgang, wird sich in denjenigen Bundesländern wiederfinden, die die entsprechende Industrie aufweisen beziehungsweise einer der betroffenen Industrien und Wirtschaftssektoren zuliefern. Die Unterschiede zwischen den Bundesländern in der Wirtschaftsstruktur, der Einwohnerdichte, der Stromerzeugung und weiteren Energieverwendung sowie ihre Energieeffizienz prägt die Auswirkungen der Energiewende auf dieser regionalen Ebene.

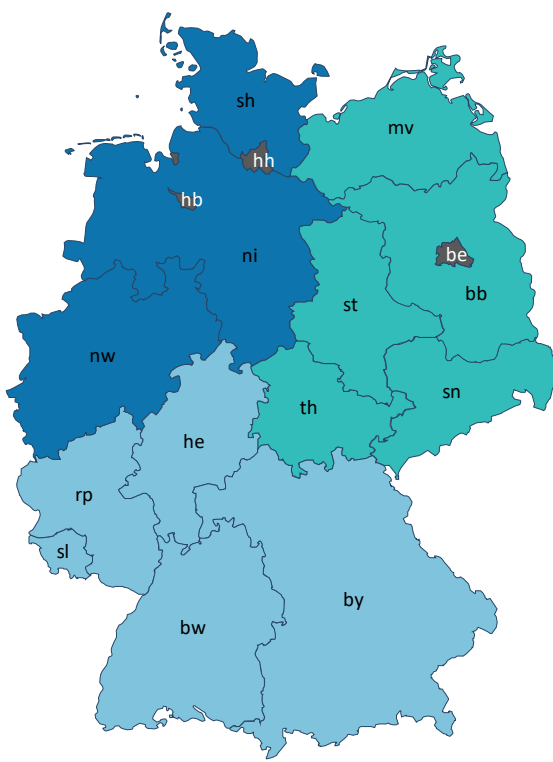
4 ENERGIEWENDERELEVANTE STRUKTURINDIKATOREN IN DEN BUNDESLÄNDERN

Entsprechend geht es im Folgenden um die Frage, wie die technischen Maßnahmen und ihre Umsetzung auf die unterschiedlichen Strukturen in den Bundesländern treffen und die wirtschaftliche Entwicklung mehr oder weniger stark verändern. Wichtige Kenngrößen sind hierbei der Energieverbrauch, die Stromerzeugung und die Gebäudeausstattung. Im Folgenden werden – nach einer Einführung in die Darstellungsform – die Struktur des Endenergieverbrauchs und die Energieeffizienz, die Stromerzeugung und Gebäudeeffizienz für die Bundesländer mittels verschiedener Indikatoren dargestellt. In der späteren Modellierung wird die Veränderung von Stromerzeugung und Gebäudeeffizienz explizit abgebildet.

4.1 ÜBERBLICK ÜBER DIE DARSTELLUNG AM BEISPIEL DES ENERGIEVERBRAUCHS

Für die Auswertung von Indikatoren werden die Bundesländer in vier Gruppen eingeteilt: Flächenländer West, Süd (Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland), Flächenländer West, Nord (Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein), Flächenländer Ost (Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen) und die Stadtstaaten (Bremen, Hamburg, Berlin). Die Aufteilung des Gebietes und die Länderkürzel finden sich in Abbildung 6.

Abbildung 6: Die Bundesländergruppen, Farbgebung und die verwendeten Abkürzungen



Quelle: Eigene Darstellung.

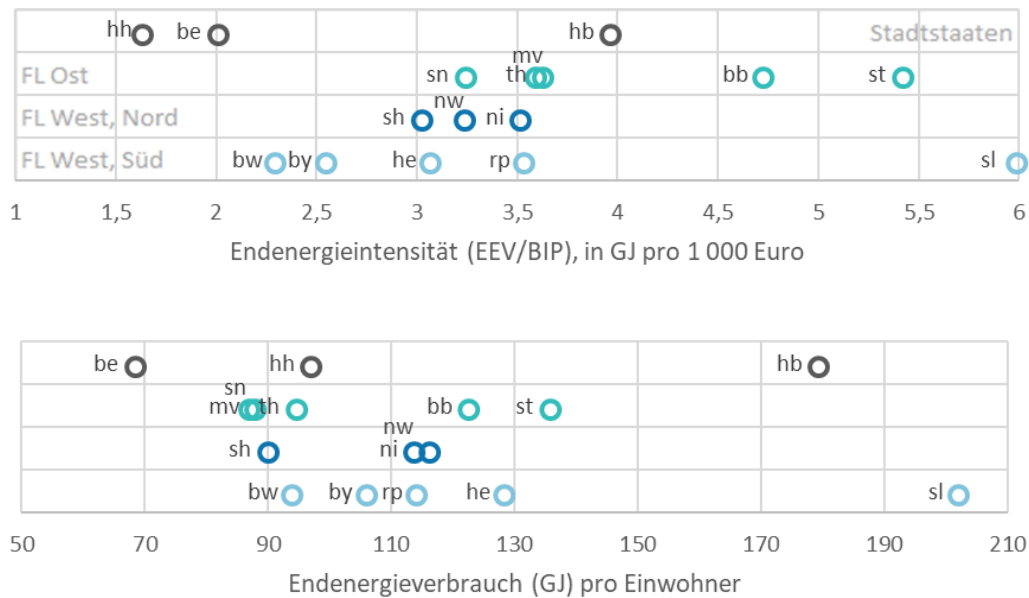
Als Auswertungsjahr wird in der Regel das Jahr 2014 gewählt. Zum einen liegen Energiebilanzdaten für aktuellere Jahre derzeit nicht für alle Länder vor, zum anderen stellt dieses Jahr das Endjahr der Zeitreihen für viele zentrale Daten im Modell dar.

Die Bundesländer werden für die Mehrzahl der Auswertungen auf einem Streudiagramm mit den Länderkürzeln markiert (vgl. Abbildung 7). Daten zum Endenergieverbrauch werden vom Länderarbeitskreis Energiebilanzen veröffentlicht. Zusätzlich stellt jedes Bundesland jährlich eine eigene Energiebilanz auf. Die Verwendung von Energie hat unterschiedliche Schwerpunkte in den einzelnen Verbrauchssektoren, was sich direkt bemerkbar macht, wenn man Bezugsgrößen wie Bruttoinlandsprodukt und Einwohner auswählt und variiert. Einige Bundesländer bauen Primärenergieträger ab, die Mehrzahl jedoch nicht. Die Energieintensität etwa hat daher sehr unterschiedliche Aspekte – gerade im regionalen Kontext. Die Endenergieintensität ist in Hamburg und Bremen besonders gering, hingegen in Brandenburg, Sachsen-Anhalt und im Saarland besonders hoch. Generell sind die Werte in den ostdeutschen Flächenländern häufig höher. Unter den Flächenländern haben Baden-Württemberg und Bayern die geringsten Werte. Für städtische und westdeutsche Verhältnisse sind die Werte in Bremen besonders hoch.

Ein Vergleich mit dem Endenergieverbrauch pro Einwohner macht an dieser Stelle klar, dass der Bezugsgröße eine große Bedeutung zukommt. Zum einen macht sich bemerkbar, dass das BIP pro Einwohner in Ostdeutschland geringer ist als in Westdeutschland. Die ostdeutschen Flächenländer sind bei der Pro-Kopf-Betrachtung eher im Mittelfeld der Energieintensitäten zu finden. Zum anderen zeigen Bundesländer mit einem höheren BIP pro Einwohner geringere Endenergieverbrauchswerte pro BIP als -werte pro Einwohner, was

sich beispielsweise für Hamburg und Hessen stärker bemerkbar macht. Die geringste Energieintensität pro Kopf weist Berlin auf, während Bremen und das Saarland die höchsten Werte zeigen.

Abbildung 7: Endenergieintensität der Bundesländern und Endenergieverbrauch pro Einwohner in den Bundesländern

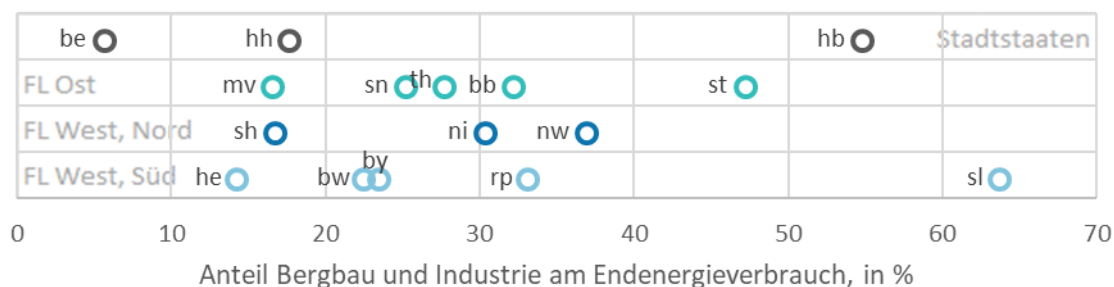


Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen, 2018.

4.2 ENERGIEVERBRAUCH UND WIRTSCHAFTSSTRUKTUR IN DEN BUNDESLÄNDERN

Die Unterschiede in der Energieintensität können teilweise durch die Wirtschaftsstruktur erklärt werden. Unterschiede in der Energieintensität führen zu verschiedenen Reaktionen auf Energiepreisänderungen infolge der Energiewende. So schwankt der Anteil des Bergbaus (ohne Energiebergbau) und der Industrie (ohne Raffinerien) an der Endnachfrage in den Ländern zwischen 5,4 % in Berlin und 63,4 % im Saarland (vgl. Abbildung 8). Ein vergleichsweise geringer Anteil deutet auf eine stärkere Bedeutung der Dienstleistungssektoren hin, die keine Prozesswärme und wenig mechanische Energie für die Leistungserstellung benötigen. Daher haben die weniger industriell geprägten Bundesländer wie Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein sowie die Städte Berlin und Hamburg eine geringe Endenergieintensität. Hingegen haben Bundesländer mit energieintensiver Industrie teilweise eine hohe Energieintensität. Dies gilt für die Standorte der Stahl- und Aluminiumindustrie (Saarland, Bremen, NRW, Brandenburg, Niedersachsen) und der Grundstoffchemieindustrie (Sachsen-Anhalt, Rheinland-Pfalz). Die Industriestruktur spielt eine große Rolle, allerdings hat auch die Verteilung der übrigen Endenergienachfrage auf die weiteren Nachfragesektoren Verkehr sowie Haushalte und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) eine Bedeutung. So ist der Endenergieverbrauch je Einwohner in Hessen trotz des eher geringen Industrieanteils relativ hoch, da der Verkehrssektor mit dem größten internationalen Flughafen in Deutschland besonders viel Energie verbraucht.

Abbildung 8: Anteil des Sektors Bergbau und Industrie am Endenergieverbrauch

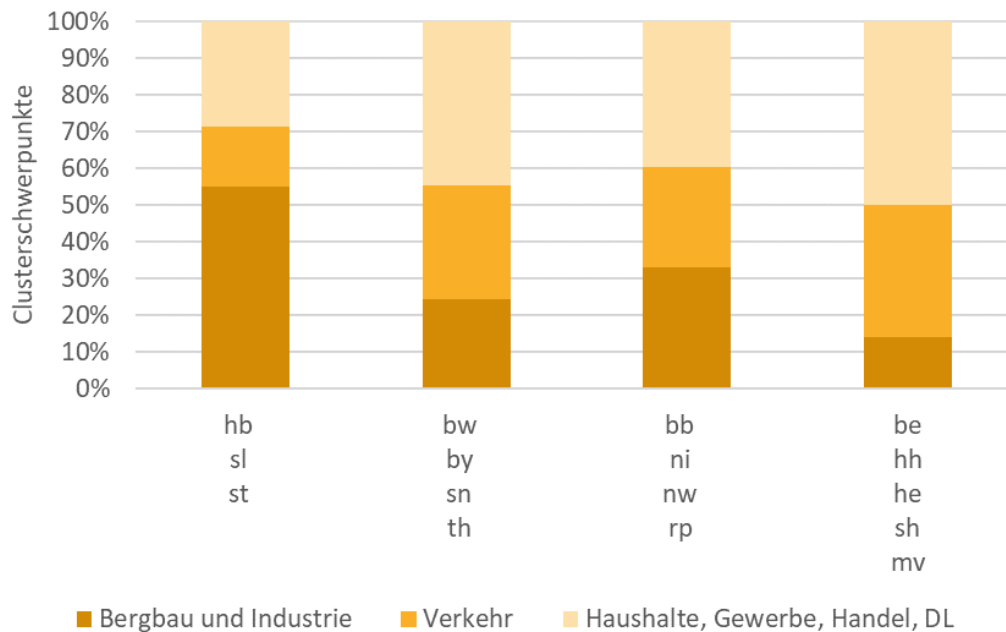


Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen, 2018.

Abbildung 9 zeigt das Ergebnis einer partitionierten Clusteranalyse der Bundesländer auf Grundlage der jeweiligen Anteilswerte der drei Hauptverbrauchssektoren (Bergbau und Industrie, Verkehr, Haushalte, GHD) am Endenergieverbrauch. Als Ausgangsallokation wurden die oben vorgestellten vier Ländergruppen (Abbildung 6) herangezogen. In der Verteilung der Endenergie auf die Sektoren sind sich nach dieser Clusteranalyse die Länder Sachsen-Anhalt, das Saarland und Bremen ähnlich – eine Gruppe mit besonders hohen Industrieanteilen und besonders geringen Verkehrsanteilen (Cluster 1). Die Flächenländer Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein und Hessen reihen sich ein in eine Gruppe mit Hamburg und Berlin, die sich besonders durch hohe Anteile des Verkehrssektors auf der einen und der Haushalte sowie Handels- und Dienstleistungssektoren auf der anderen Seite auszeichnen (Cluster 4). Dieser Anteil ist im Mittel auch im Cluster 2 hoch. Jedoch sind die Anteile der Industrie im Süden West- und im Süden Ostdeutschlands etwas höher und der Anteil des Verkehrssektors entsprechend geringer. Eine Verteilung, wie sie auch in etwa im Bundesdurchschnitt vorzufinden ist, zeigen die Clusterschwerpunkte des Clusters 3. In der Gruppe mit Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und Brandenburg sind die Anteile des Industriesektors höher als die des Verkehrssektors. Auf den Sektor mit den übrigen Verbrauchern entfällt im Durchschnitt ein Anteil von 60 %.

Die Wahl der Ausgangsallokation und die vorgegebene Clusteranzahl haben einen Einfluss auf das Ergebnis dieses vergleichsweise einfachen Verfahrens. Die statistische Distanz der Werte von Hessen zum Schwerpunkt seines Clusters ist besonders hoch, so dass die Zuteilung hier kritisch ist. Der Grund ist der besonders hohe Anteil des Verkehrssektors. Für die übrigen Bundesländer sind die quadratischen Distanzen zum Clusterschwerpunkt sehr gering.

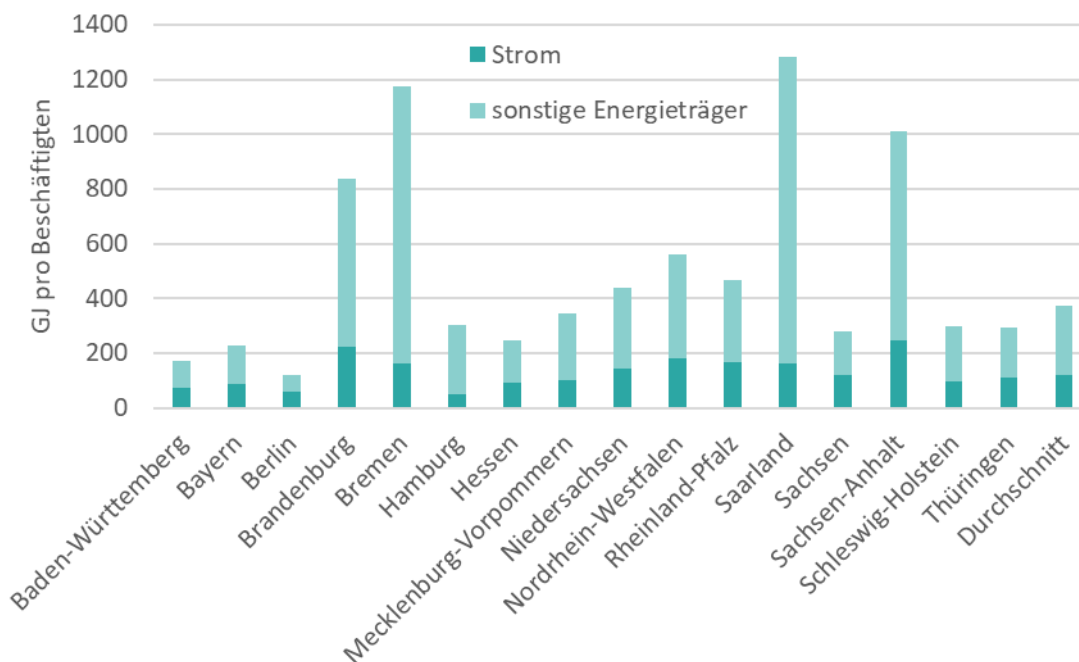
Abbildung 9: Ergebnisse einer Clusteranalyse zur Verteilung der Endenergie auf Verbrauchssektoren



Quelle: Eigene Berechnung.

Die Analyse der Energieintensität des Sektors Bergbau und Industrie verdeutlicht im Vergleich mit der Energieintensität insgesamt die Bedeutung dieses Sektors für die gesamtwirtschaftliche Energieintensität in den Bundesländern. Diese Kennzahl wurde mithilfe der Bezugsgröße der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten für das Jahr 2014 definiert. Dabei wurde darauf geachtet, dass der Sektor „Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe“ für die Beschäftigung deckungsgleich mit der Definition der AG Energiebilanzen abgegrenzt wurde. Von der BA-Statistik werden die Datensätze für vier Quartale als Durchschnitt gebildet. Im Durchschnitt aller Werte aus den Energiebilanzen in den Ländern beträgt die Energieintensität 372 GJ pro Beschäftigten. Besonders hohe Energieintensitäten des Sektors Bergbau und Industrie sind in den Ländern Brandenburg, Bremen, dem Saarland und Sachsen-Anhalt zu sehen. Ihre Werte liegen mit 800 bis 1300 nochmals deutlich über dem Wert von Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und Rheinland-Pfalz, die ebenfalls überdurchschnittliche Werte aufzeigen, aber jeweils unter 600 GJ pro Beschäftigten liegen. Die übrigen Bundesländer haben unterdurchschnittlich hohe Energieintensitäten, wobei Berlin den kleinsten Wert aufweist. Brandenburg, Bremen und das Saarland sind Standorte von integrierten Stahlhüttenwerken. In Sachsen-Anhalt entfallen 45 % der Endenergienachfrage des Sektors auf die Grundstoffchemie. Der Blick auf den Anteil des Stroms bestätigt eine Bedeutung vor allem jener Wirtschaftszweige, die weniger Strom, sondern viel fossile Energieträger direkt verbrauchen. Jedoch fallen die Bundesländer mit den größten Oxygenstahlproduktionen – nämlich Niedersachsen und NRW – weniger stark bei den Intensitäten auf. Auch der sehr bedeutsame Grundstoffchemiestandort macht sich in Rheinland-Pfalz nicht so stark bemerkbar wie in Sachsen-Anhalt. Hintergrund ist, dass die Schwer- und Chemieindustrie in diesen großen Bundesländern in Bezug auf die Beschäftigung der Industrie nicht so bedeutend ist.

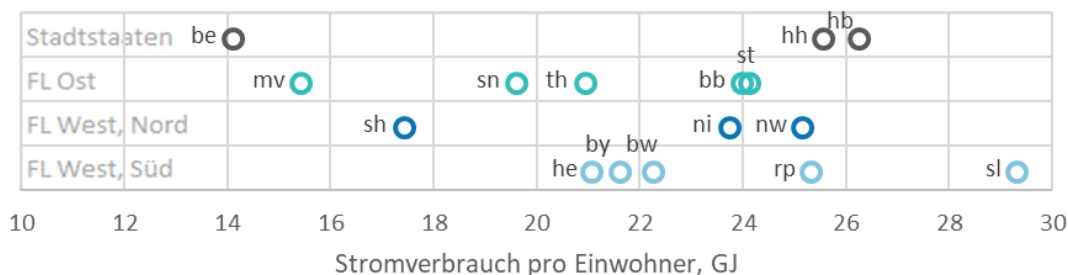
Abbildung 10: Energieintensität der Beschäftigung im Sektor Bergbau und Industrie



Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen, BA-Statistik, eigene Berechnungen.

Der Anteil des Stroms am Endenergieverbrauch insgesamt schwankt unter den Ländern zwischen knapp 15 % in Bremen sowie im Saarland und knapp 27 % in Hamburg. Die meisten Bundesländer haben Anteile zwischen 18 und 22 %, so dass nur Hessen mit eher geringererem (16,4 %) und Baden-Württemberg mit einem etwas erhöhten Anteil (23,8 %) auffallen. Die Bedeutung des Stroms am Endenergieverbrauch, aber auch die Abnehmerstruktur spiegeln sich auch in den Werten des Stromverbrauchs pro Einwohner wider. Die Bundesländer mit Werten über 23 GJ pro Einwohner haben alle relativ hohe Anteile des Bergbaus und der Industrie bzw. gehören zu den Clustern 1 und 3 (siehe oben). Eine Ausnahme bildet Hamburg. Der Hintergrund ist, dass die Hansestadt Standort für ein Elektrostahlwerk ist, was in dem vergleichsweise kleinen Bundesland strukturell zum Tragen kommen dürfte. Umgekehrt findet in allen Bundesländern mit weniger als 18 GJ Stromverbrauch pro Einwohner keine Elektrostahlproduktion statt. Dies trifft auch auf Sachsen-Anhalt und auf Rheinland-Pfalz zu. Diese Bundesländer sind jedoch strukturell stark von der ebenfalls stromintensiven Grundstoffchemieindustrie geprägt.

Abbildung 11: Stromverbrauch pro Einwohner in den Bundesländern

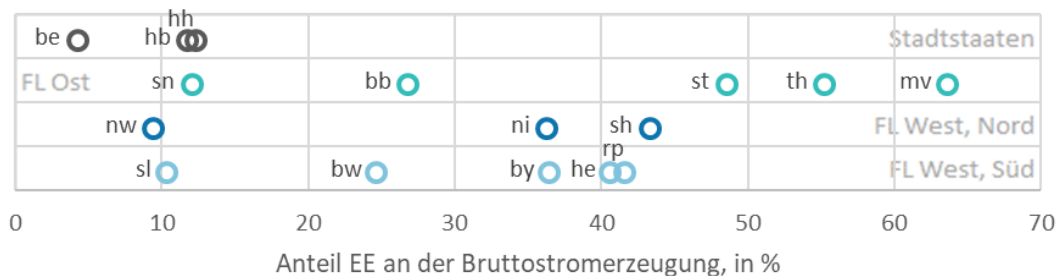


Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen, 2018.

4.3 DIE STROMERZEUGUNG IN DEN BUNDESLÄNDERN

Ein wichtiger Zielsektor für die Energiewende, in dem bislang die meisten Erfolge erzielt wurden, ist die Stromerzeugung. Vergleicht man die Stromerzeugung der Bundesländer nach Energieträger, so zeigen sich deutliche Unterschiede. So gibt es unter den Bundesländern nur vier, die überhaupt Strom aus Kernenergie erzeugen. Zudem vereinen nur drei Bundesländer ca. 93 % der Stromerzeugung aus Braunkohle in Deutschland auf sich. Des Weiteren entfällt in der Hälfte der Bundesländer im Jahr 2014 mehr als 30 % der Bruttostromerzeugung auf erneuerbare Energieträger, während der geringste Anteil bei knapp 4 % liegt. Die Anteile der EE an der Stromerzeugung ist in den Stadtstaaten besonders gering. Ein wesentlicher Hintergrund sind die geringen Flächenpotenziale für erneuerbare Stromerzeugungsanlagen, insbesondere im Bereich Biomasse. Ferner haben die Bundesländer Sachsen, Nordrhein-Westfalen und das Saarland besonders geringe Anteile, was auf die weiterhin sehr hohen Kapazitäten im Bereich der teilweise im Land selbst geförderten Energieträger Stein- und Braunkohle zurückzuführen ist. In den ostdeutschen Flächenländern Sachsen-Anhalt, Thüringen und Mecklenburg-Vorpommern sind die EE-Anteile besonders hoch. Hier wurde der Ausbau erneuerbarer Stromerzeugungskapazitäten in den letzten 15 Jahren besonders stark betrieben und traf auch nicht auf hohe bestehende Kapazitäten aus konventionellen Energieträgern. Ähnlich stark war der Ausbau pro Einwohner auch in Brandenburg, jedoch bestehen hier die großen Kapazitäten zur Verstromung der geförderten Braunkohle fort. Die Bundesländer mit Kernenergie weisen mittlere EE-Anteile auf.

Abbildung 12: Anteil erneuerbarer Energieträger an der Bruttostromerzeugung in den Bundesländern, 2015

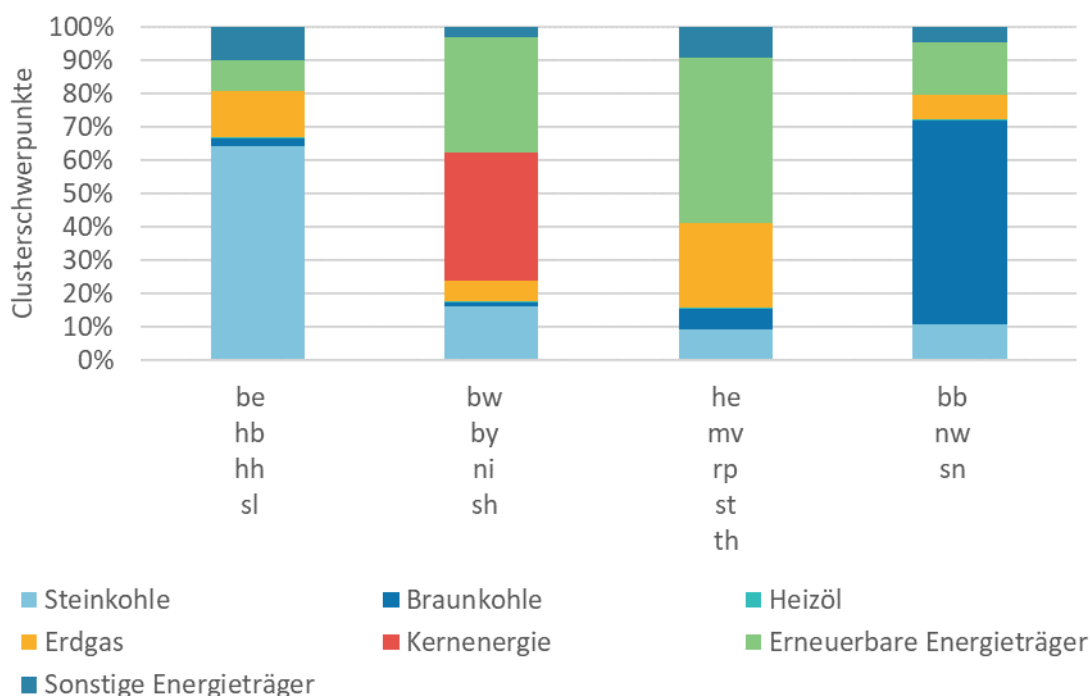


Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen, 2018.

Wertet man die Verteilung der Energieträger auf die Stromerzeugung in den Bundesländern in einer Clusteranalyse aus, so ergeben sich vier Gruppen mit ähnlich hoher Besetzung. Die Bundesländer mit Erzeugung von Strom aus heimischer Braunkohle bilden eine eigene Gruppe (Cluster 4). Nur Sachsen-Anhalt wird aufgrund des besonders hohen EE-Anteils und der im Vergleich zu den anderen Braunkohlestandorten geringen Braunkohleverstromung in Cluster 3 eingeordnet. Auch die Kernenergie-Standorte bilden eine eigene Gruppe. Sie zeichnen sich zugleich durch eher hohe EE-Anteile aus. Besonders geringe EE-Anteile, aber zugleich hohe Steinkohleanteile zeichnet die Gruppe mit den Stadtstaaten und dem Saarland aus (Cluster 1). Die übrigen Flächenländer ordnen sich im Cluster 3 ein, der Gruppe mit den höchsten Anteilen bei den erneuerbaren Energieträgern und beim Erdgas. Die quadrierten Distanzen zum Clusterschwerpunkt sind für die Länder Mecklenburg-

Vorpommern, Rheinland-Pfalz und Sachsen-Anhalt im Cluster 3 besonders hoch. Auch Nordrhein-Westfalen fällt innerhalb des Clusters 4 etwas heraus. Dabei spielen besonders hohe Anteile bei den erneuerbaren Energieträgern (Mecklenburg-Vorpommern, Rheinland-Pfalz) und der Braunkohleanteil (Sachsen-Anhalt, Nordrhein-Westfalen) eine Rolle.

Abbildung 13: Ergebnisse einer Clusteranalyse zur Verteilung von sechs Energieträgern auf die Bruttostromerzeugung in den Bundesländern



Quelle: Eigene Berechnungen.

4.4 BUNDESLÄNDER UND GEBÄUDEEFFIZIENZ

Für die Energiewende spielen die Maßnahmen für eine verstärkte energetische Gebäudesanierung eine große Rolle. Der Sanierungsbedarf ist in den Bundesländern unterschiedlich ausgeprägt (vgl. Löckener et al. 2016: 102). Die spannende Frage danach, wo die Gebäudeeffizienz besonders hoch und wo sie eher niedrig ist, lässt sich nicht anhand einer einzigen Datenquelle beantworten. Der Wärmebedarf für Mehrfamilienhäuser jedoch ist je nach Region sehr unterschiedlich, wie sich etwa im Wärmemonitor (Michelsen & Ritter 2017) oder auch bei den Techem-Energiewerten (Techem Energy Services 2018) zeigt. Für diese Datenbank werden die Abrechnungsdaten von Energiedienstleistern systematisch ausgewertet und teilweise witterungs- bzw. klimabereinigt.

Tabelle 2 zeigt den Heizenergiebedarf in Mehrfamilienhäusern und jährliche Heizkosten nach Bundesländern. Die Daten stammen vom Wärmemonitor 2016 und sind klima- und witterungsbereinigt. In Nordrhein-Westfalen und den Stadtstaaten liegt der Energiebedarf im Durchschnitt um 9 bis 14% höher als im deutschen Mittelwert. Besonders gering ist der Heizenergiebedarf in den ostdeutschen Flächenländern und in Bayern und Baden-Württemberg. Sehr ähnlich fällt die räumliche Verteilung der jährlichen Heizkosten aus. Pro

Quadratmeter fallen in Berlin 23 % höhere Heizkosten an, während in Mecklenburg-Vorpommern etwa 27 % weniger bezahlt werden muss.

Tabelle 2: Heizenergiebedarf Heizkosten in Mehrfamilienhäusern 2014

	jährlicher Energiebedarf, Mittelwert		jährliche Heizkosten	
	kWh je qm Wohnfläche	Index	Durchschnitt, Euro je qm	Index
Baden-Württemberg	115,3	94,0	8,30	92,4
Bayern	108,5	88,5	7,15	79,6
Berlin	134,3	109,5	11,08	123,4
Brandenburg	116,8	95,3	8,32	92,7
Bremen	139,4	113,7	10,4	115,8
Hamburg	136,0	110,9	10,86	120,9
Hessen	125,1	102,0	9,38	104,5
Mecklenburg-Vorpommern	106,2	86,6	6,59	73,4
Niedersachsen	125,2	102,1	8,88	98,9
Nordrhein-Westfalen	133,9	109,2	10,41	115,9
Rheinland-Pfalz	127,7	104,2	9,84	109,6
Saarland	129,8	105,9	11,37	126,6
Sachsen	106,4	86,8	6,86	76,4
Sachsen-Anhalt	116,7	95,2	8,48	94,4
Schleswig-Holstein	130,7	106,6	10,30	114,7
Thüringen	108,0	88,1	6,72	74,8
Deutschland	122,6	100,0	8,98	100,0

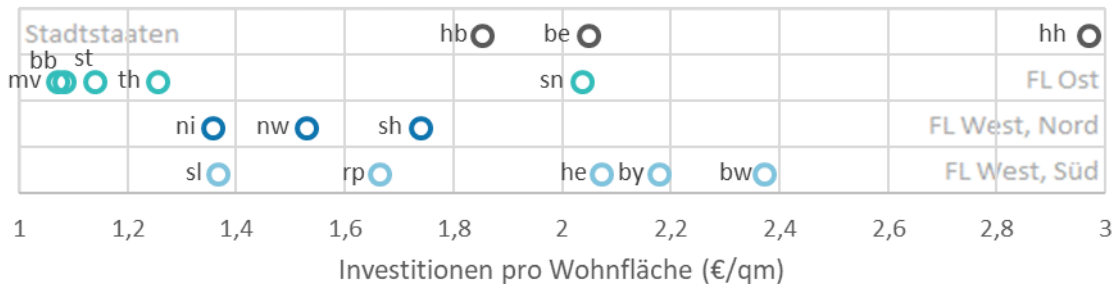
Quelle: Wärmemonitor 2016 (Michelsen & Ritter 2017).

Die Gründe für die regionalen Unterschiede sind in der Baualterstruktur, aber auch im bisherigen Sanierungsaufwand zu suchen. Das Baujahr und der wirtschaftliche bzw. sozio-ökonomische Entwicklungsstand der Region im Baujahr bestimmen die originäre Bausubstanz. Diese bestimmt maßgeblich die Möglichkeiten zur energetischen Sanierung bzw. den Sanierungserfolg. Gründe für den geringen Energiebedarf im Osten sind in der Sanierungswelle der 1990er-Jahre zu finden. Auch im Süden dürfte der Modernisierungsgrad der Wohngebäude höher sein, vermutlich sowohl durch stetig hohe Neubautätigkeit und hohe Investitionen in den Bestand (Michelsen & Ritter 2017). Bundeslandspezifische Daten für Ein- oder Zweifamilienhäuser liegen nicht vor.

Die Frage nach der Bedeutung von energetischen Gebäudesanierungen und Investitionen in jüngerer Zeit kann mithilfe der Auswertung der KfW-Förderprogramme beleuchtet

werden. Im Rahmen des Programms „Energieeffizient sanieren“, welches auch als Herzstück der KfW-Förderung zur energetischen Wohngebäudesanierung bezeichnet werden kann, werden über die KfW und über vermittelnde Landesfinanzinstitute seit vielen Jahren Förderdarlehen in Milliardenhöhe vergeben. Im Monitoringbericht werden regelmäßig die Investitionen veröffentlicht, wobei auch die Zuteilung zu Bundesländern vorgenommen wird (IWU & IFAM 2018). Im Jahr 2012 konnten Investitionen (Darlehen und Zuschüsse) von 5,4 Mrd. Euro dem Programm „Energieeffizient sanieren“ zugeordnet werden. Im Jahr 2010 betragen die Investitionen 6,9, im Jahr 2016 9,2 Mrd. Euro (IWU & IFAM 2018). Auch jenseits der Förderung wird energierelevant saniert. So weist die Bauvolumenschätzung insgesamt 37,3 Mrd. Bauleistungen als energetische Sanierung aus. Allerdings enthält diese Größe auch Investitionen in PV-Anlagen, weitere EE-Anlagen sowie energetische Sanierungen, die hinter den von der KfW geforderten Standards zurückbleiben. Der geringe Anteil von Investitionen in Sanierungen auf KfW Standard an allen Sanierungen wird auch deutlich, wenn man sie auf die Wohnfläche des Wohngebäudebestandes bezieht. Die Werte schwanken in den Bundesländern zwischen knapp 1,1 Euro pro m² und 3 Euro pro m². In den meisten ostdeutschen Flächenländern ist die Investitionsquote besonders gering. Die Flächenländer im Süden und Südwesten zeigen höhere Werte, so auch die Stadtstaaten, wobei Hamburg insgesamt den höchsten Wert zeigt. Damit assoziiert scheint der Wert von Schleswig-Holstein zu sein, wo im Gegensatz zu Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen ein eher hoher Wert erreicht wird. Obwohl die KfW-geförderten Maßnahmen nur einen Teil der Investitionen in die Gebäudesanierung darstellen, bietet das KfW-Monitoring eine gute und vor allem die einzige bundesweite Möglichkeit, Investitionstätigkeiten in diesem Kontext zu beleuchten.

Abbildung 14: Investitionen im Rahmen des Förderprogramms „Energieeffizient Sanieren“ (2012 bis 2016) im Verhältnis zum Wohnflächenbestand



Quelle: IWU & IFAM (unterschiedliche Jahrgänge), Destatis, eigene Berechnungen.

5 VORGEHENSWEISE AUF BUNDESLÄNDEREBENE

5.1 DIE VERWENDETEN MODELLE

Ein wesentliches Ziel der vorliegenden Analyse ist die „Regionalisierung“. Letztlich gibt es unterschiedliche Dimensionen oder auch Grade der Regionalisierung. Sie reichen von einer einfachen Rechnung mit einem geeigneten Verteilungsschlüssel bis zu einer detaillierten

Modellierung regionalspezifischer Impulse. Für die vorliegende Analyse wurde das bei der GWS geführte Modell LÄNDER eingesetzt und weiterentwickelt, das im Anhang ausführlicher beschrieben wird.

Da PANTA RHEI als nationales Energiewirtschaftsmodell Ergebnisse für 63 Wirtschaftszweige erzeugt und LÄNDER direkt mit diesem Deutschlandmodell gekoppelt ist, erfasst LÄNDER alle strukturellen Effekte, die sich bei der Erwerbstätigkeit für die aggregierte Anzahl von 25 Wirtschaftsbereichen im Szenariovergleich ergeben. Zusätzlich verarbeitet das Modell LÄNDER detailliertere Strukturverschiebungen in der Industrie. Des Weiteren wird die Wirkung von Vorleistungsverbänden regionalspezifisch abgebildet. Die Ergebnisse des bestehenden Modells LÄNDER sind entsprechend eine gute Ausgangsbasis für die Simulation der Effekte eines Energiewendeszenarios. Dieser Ansatz lässt sich als Regionalisierung in einem strukturdynamischen Modell bezeichnen. Hierbei ist es das Ziel, spezifische Zusammenhänge und regionale Verteilungen im Kontext der Energiewende einzubeziehen.

In Kapitel 5.3 werden zwei Arbeitsschritte und Auswertungen dargestellt, um die an die Fragen der Energiewende angepasste Modellierung vorzustellen.² Zum einen wird die Entwicklung der Bruttostromerzeugung und der Energieträgermix in den Bundesländern in die bestehende Modellierung von LÄNDER integriert. Zum zweiten wird untersucht, wie sich die zusätzlichen Investitionen in Gebäudesanierung auf die Bundesländer verteilen.

Die Analyse der regionalen Effekte der Energiewende konzentriert sich auf die Jahre 2030 und 2040, weil sich in diesen Jahren einerseits deutliche Wirkungen zeigen, aber andererseits die Annahme wirtschaftlicher Strukturen in den Bundesländern noch belastbarer ist als für das Jahr 2050, in dem sich nicht zuletzt durch die Energiewende selbst sehr deutliche Veränderungen mit starker regionaler Ausprägung ergeben haben könnten.

5.2 WIRTSCHAFTLICHE STRUKTUREN IN DEN BUNDESLÄNDERN

Angesichts des strukturdynamischen Regionalisierungsansatzes spielen die strukturellen Voraussetzungen in den Bundesländern eine wichtige Rolle. Mit Blick auf die Verteilung der Energiewendeeffekte auf die Wirtschaftszweige in PANTA RHEI können dabei für die Regionaleffekte relevante Wirtschaftszweige isoliert werden.

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die strukturellen Merkmale, die im Kontext des Energiewendeszenarios im regionalen Vergleich von Bedeutung sind. Aufgrund der höheren Bauinvestitionen spielt der Anteil des Baugewerbes an der gesamten Anzahl Erwerbstätigen im regionalen Vergleich eine Rolle. Hier nehmen die ostdeutschen Flächenländer die vordersten Plätze ein. In den Stadtstaaten sind diese Anteil am geringsten. Ein ähnliches Bild ist beim Anteil der Energieversorgung an der Erwerbstätigkeit insgesamt zu sehen, wobei Nordrhein-Westfalen den höchsten Anteil innehat und Thüringen einen der geringsten. Weitere Indikatoren zur Stärke der regionalen Effekte könnten der Anteil der Industrie und der Anteil der persönlichen Dienstleistungen (WZ-Abschnitte P–T) sein. Aufgrund der Größe der Gruppen sind die Anteile jedoch auch im regionalen Vergleich komplementär.

² Weitere Überlegungen zu einer Verbesserung der Modellierung der Energiewende in LÄNDER werden in Kapitel 7 angestellt.

Tabelle 3: Strukturelle Ausgangssituation in den Bundesländern, gemessen mit dem Anteil der Erwerbstätigen / der Bruttostromerzeugung im jeweiligen Land und übersetzt als Rangplatz unter den Bundesländern

Bundesländer und Rangplätze	Erwerbstätige, 2012				Bruttostromerzeugung, 2013
	Anteil Baugewerbe	Anteil Energieversorgung	Anteil Industrie	Anteil persönliche DL	Anteil Erneuerbare
Baden-Württemberg (bw)	10	10	1	16	10
Bayern (by)	9	13	3	15	6
Berlin (be)	14	15	16	1	16
Brandenburg (bb)	1	5	13	8	9
Bremen (hb)	15	7	11	4	13
Hamburg (hh)	16	16	15	14	11
Hessen (he)	12	12	10	13	8
Mecklenburg-Vorpommern (mv)	5	9	14	3	1
Niedersachsen (ni)	8	8	8	7	7
Nordrhein-Westfalen (nw)	13	1	7	6	14
Rheinland-Pfalz (rp)	6	11	5	5	5
Saarland (sl)	11	2	2	10	15
Sachsen (sn)	3	6	6	11	12
Sachsen-Anhalt (st)	2	4	9	9	3
Schleswig-Holstein (sh)	7	3	12	2	4
Thüringen (th)	4	14	4	12	2

Quelle: Eigene Zusammenstellung aus der VGR der Länder.

Mit Blick auf die Beschäftigung kommt es im Energiewendeszenario langfristig in der Industrie zu leicht negativen Abweichungen (vgl. Kapitel 3.3)³. Langfristig sind wiederum die positiven Abweichungen in den persönlichen Dienstleistungen besonders hoch, da der private Konsum durch die höheren gesamtwirtschaftlichen Leistungen mehr und mehr zunimmt. Der Industrieanteil ist in Bayern und Baden-Württemberg besonders hoch und in Hamburg und Berlin besonders gering. Im Gegenzug sind die Dienstleistungsanteile

³ Allerdings sollte dies nicht getrennt vom Kontext der Szenarien insgesamt gesehen werden. Die Produktion in der Industrie steigt im Szenario EWS bundesweit gegenüber dem KFS deutlich. Allerdings sind die Potentiale zur Erhöhung der Arbeitsproduktivität in der Industrie höher als in anderen Bereichen, weshalb höhere Löhne in der Industrie im Zuge der Energiewende mehr Beschäftigung in Personen kosten im Vergleich zum KFS als in anderen Bereichen.

geringer bzw. höher. Niedersachsen und Sachsen-Anhalt haben hier jeweils durchschnittliche Werte. Thüringen gruppiert sich eher zu den Bundesländern im Süden, Schleswig-Holstein eher zu den Stadtstaaten.

Deutliche Unterschiede gibt es beim Anteil der erneuerbaren Energien bei der Bruttostromerzeugung. Der Anteil schwankt zwischen 3,4 % (Berlin) und 61,1 % (Mecklenburg-Vorpommern). Die höchsten Werte zeigen sich im Norden Ostdeutschlands und zusätzlich in Schleswig-Holstein. Es folgen Rheinland-Pfalz und Bayern. Zu den Bundesländern mit den geringsten EE-Anteilen gehören NRW und das Saarland.

5.3 ERWEITERUNG DER MODELLIERUNG ZUR SIMULATION VON ENERGIEWENDE-EFFEKTEN

5.3.1 ABBILDUNG DER ENERGIEVERSORGUNG

Der Sektor der Energieversorgung teilt sich nach WZ2008 in drei Wirtschaftszweige auf: Elektrizitätsversorgung, Gasversorgung sowie Wärme- und Kälteversorgung. In Bezug auf die Beschäftigung und die Bruttowertschöpfung wird die Energieversorgung durch die Elektrizitätsversorgung dominiert. In Deutschland ergibt sich bei der Aufteilung nach fachlichen Unternehmensteilen für den WZ35.1 ein Anteil von 72 % bei den Beschäftigten und 75 % bei der Wertschöpfung (vgl. Tabelle 4). Der Wertschöpfungsanteil ist mit etwa 12 % in der Elektrizitätsversorgung deutlich höher als in der Gasversorgung (5 %). Dies legt den Schluss nahe, dass die Erzeugung und Verteilung von Strom ausschlaggebend für die Entwicklung von Wertschöpfung und Beschäftigung ist. Auch in den Bundesländern sind 65 bis 98 % der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten innerhalb der Energieversorgung den Betrieben des Wirtschaftszweigs 35.1 zugeordnet (BA-Statistik).

Tabelle 4: Beschäftigte, Bruttoproduktionswert und Bruttowertschöpfung für die Energieversorgung in Deutschland, 2015⁴

WZ08	Wirtschaftsgliederung	Beschäftigte		Bruttoproduktionswert		Bruttowertschöpfung	
		Anzahl	%	Mio. Euro	%	Mio. Euro	%
D	Energieversorgung	183 786		526 962		53 777	
35.1	Elektrizitätsversorgung	131 815	71,7%	327 454	62,1%	40 246	74,8%
35.2	Gasversorgung	36 442	19,8%	187 814	35,6%	9 601	17,9%
35.3	Wärme- und Kälteversorgung	15 530	8,5%	11 695	2,2%	3 930	7,3%

⁴ Ergebnisse für fachliche Unternehmensteile, „Bruttowertschöpfung“ entspricht Census value added.

Es ist also davon auszugehen, dass der Stromabsatz und insbesondere die eigene Stromerzeugung die Entwicklung des Sektors Energieversorgung maßgeblich bestimmt. Daher wird im LÄNDER-Modell der folgende Ansatz geprüft:

$$\text{Gleichung 1: } \ln(\text{bwd}_{\text{bl},t}) = \alpha + \beta \ln(\text{bwd}_{\text{B},t}) + \chi \ln(\text{bse}_{\text{bl},t}/\text{bse}_{\text{B},t}) + \delta t$$

Dabei bezeichnet bwd die Bruttowertschöpfung in der Energieversorgung der Bundesländer (bl) bzw. in Deutschland (B) und bse die Bruttostromerzeugung. Die Bruttostromerzeugung wird vom Länderarbeitskreis Energiebilanzen veröffentlicht und bse_B ist die Summe der Bruttostromerzeugung in den Bundesländern.⁵ Die Hypothese ist demnach, dass die relative Entwicklung der Stromerzeugung die Anteilsverschiebungen der Bruttowertschöpfung zwischen Bundesländern mit erklärt. Es zeigt sich, dass diese Variable in der Zeitreihenanalyse aller Bundesländern einen (positiven) Erklärungsbeitrag leistet und in vielen Bundesländern signifikant ist.

Auch in Abbildung 15 ist der Zusammenhang zwischen Wertschöpfung und Stromerzeugung deutlich zu sehen. Die Abbildung stellt jedoch vor allem die Größenordnungen dar und zeigt zusätzlich, dass der Bereich der Fernwärmeerzeugung – als weiterer relevanter Bereich gerade mit Blick auf die Wertschöpfung – einen zusätzlichen Erklärungsbeitrag leisten könnte. In Bundesländern, in denen der Anteil an der Stromerzeugung eher gering erscheint, ist der Anteil an der Fernwärmeerzeugung besonders hoch (z. B. in Nordrhein-Westfalen, Hessen, Sachsen und Berlin). Andersherum ist es für Bundesländern wie Niedersachsen, Bayern und Brandenburg.

⁵ Die Summe stimmt weitgehend überein mit den Ergebnissen der AG Energiebilanzen, ist aber nicht identisch.

Abbildung 15: Zusammenhang zwischen dem Landesanteil an der Bruttowertschöpfung der Energieversorgung und dem Landesanteil an der Strom- bzw. Fernwärmeerzeugung



Quelle: Länderarbeitskreis Energiebilanzen, 2018, VGR der Länder 2018.

Für die Fernwärmeerzeugung in den Bundesländern, die auch vom LAK Energiebilanzen veröffentlicht wird, liegen jedoch erst Werte ab dem Jahr 2003 vor. Für die Shift-Schätzungen wird in der Regel jedoch eine Zeitreihe seit 1996 verwendet. Daher bleibt die Fernwärmeerzeugung in Gleichung 1 hier unberücksichtigt.

Der Energieträgermix der Stromerzeugung hat sich seit der Jahrtausendwende deutlich verändert und wird sich im Energiewendeszenario – insbesondere im Vergleich zum Kontrafaktischen Szenario ohne einen starken EE-Ausbau – weiterhin in Richtung erneuerbare Energien verschieben. Der Stromausstoß nach Energieträgern ist eines der zentralen Ergebnisse des Energiemoduls in PANTA RHEI. Damit eröffnet sich die Möglichkeit, die Bruttostromerzeugung in den Bundesländern fortzuschreiben. Wenn bse_{bl} den Bundesländeranteil der Bruttostromerzeugung des Energieträgers e an der entsprechenden Stromerzeugung in Deutschland bezeichnet, ergibt sich die Bruttostromerzeugung im Bundesland wie in Gleichung 2 beschrieben.

Gleichung 2: $bse_{bl,t} = \sum_{e,t} bse_{B,t}^{e,t} \cdot bsea_{bl,t}^{e,t}$

Wobei bse_B die Bruttostromerzeugung nach Energieträgern als Ergebnis von PANTA RHEI bezeichnet. Die Veränderung der Struktur der Stromerzeugung in Deutschland wird entsprechend der Energieträgerverteilungen in die Bundesländer übertragen. Zusammen mit der Schätzung zur Bruttowertschöpfung (Gleichung 1) ergibt sich eine gute strukturelle Einordnung der Bundesländer im Kontext eines Energiewendeszenarios. Dabei werden insgesamt elf Energieträger, darunter fünf erneuerbare Energieträger, unterschieden. Bundesländer, die heute schon einen hohen Anteil von Windenergie an der Stromerzeugung haben, sind in einem Energiewendeszenario strukturell im Vorteil.

5.3.2 ABBILDUNG DES GEBÄUDESEKTORS

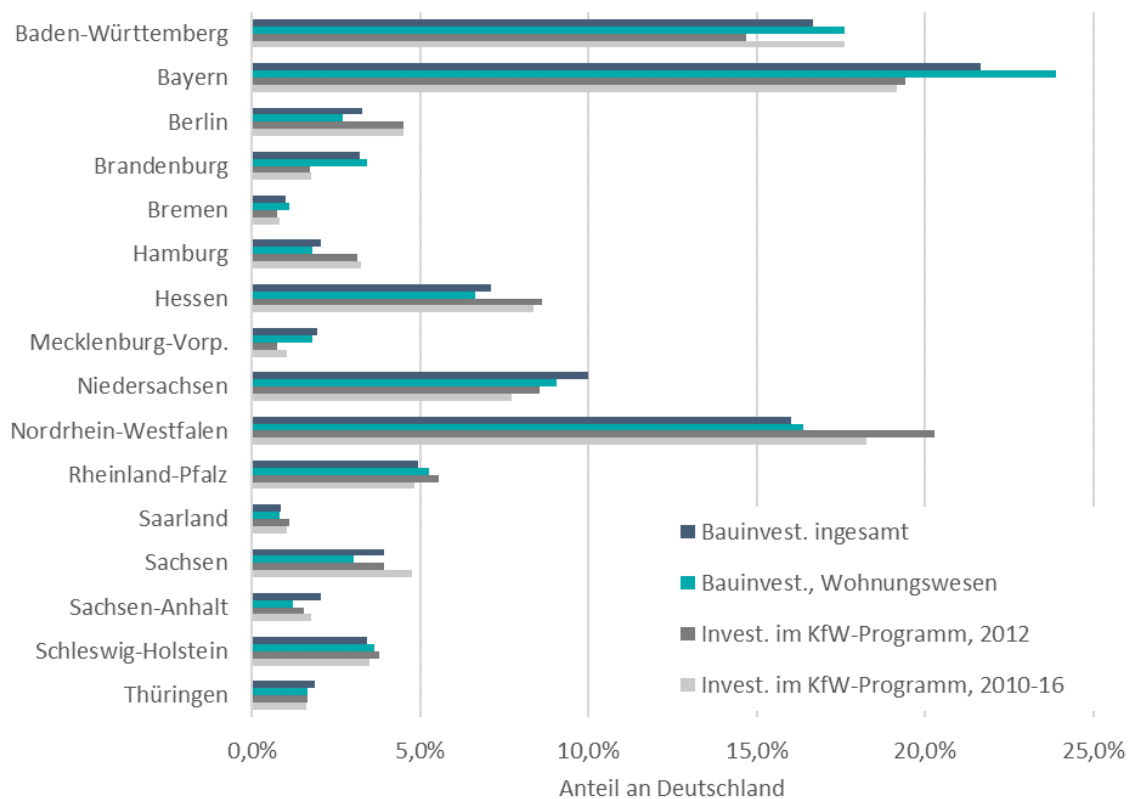
Im Energiewendeszenario werden erhöhte Investitionen in die energetische Gebäudesanierung unterstellt. Diese zusätzlichen Bauinvestitionen sind der wesentliche Hintergrund dafür, dass ein bedeutender Teil der Beschäftigungseffekte in der Szenarioanalyse auf das Baugewerbe entfällt. Doch wie verteilen sich speziell diese Bauinvestitionen auf die Bundesländer? Während eine Hypothesenbildung für die Nachfrage bei Investitionen in den Bau von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus EE komplex ist, da die meisten Gütergruppen und Dienstleistungen zur Befriedigung dieser Nachfrage überregional geliefert werden, sind Annahmen für Investitionen in Wohngebäude weniger restriktiv. Der Hintergrund ist, dass Bauleistungen zum großen Teil vom Baugewerbe vor Ort erbracht werden und auch die Planungsdienstleistungen häufig nicht überregional stattfinden.

Um die Effekte der Energiewende bei den Simulationen mit dem Modell LÄNDER eindeutig identifizierbar zu machen, wurde unterstellt, dass sich die Verteilung der Bauinvestitionen auf die Bundesländer zwischen dem kontrafaktischen Szenario und dem Energiewendeszenario nicht unterscheidet.⁶ Ob jedoch die Bedeutung von energetischer Gebäudesanierung in den Bundesländern unterschiedlich ist und in welchem Ausmaß, lässt sich aufgrund von bestehenden Daten nur begrenzt beantworten. In Deutschland betrug die Bauleistung an bestehenden Wohngebäuden im Jahr 2012 beispielsweise 127,2 Mrd. Euro. Davon entfielen 37,3 Mrd. Euro auf energetische Sanierungen (Gornig et al. 2017). Regionale Unterteilungen der Bauleistungen im Bestand liegen nicht vor.

Da im Energiewendeszenario eine Erhöhung bzw. Einführung von Fördergeldern für die energetische Gebäudesanierung unterstellt wird, bietet es sich an, die Ergebnisse des Monitorings der entsprechenden KfW-Programme für diesen Zweck auszuwerten (vgl. Kapitel 4.4) und dann auf die zukünftige Entwicklung zu schließen.

⁶ Das bedeutet nicht, dass die Verteilung von Erwerbstätigkeit und Wertschöpfung gleichermaßen gleich bleibt, da die Erwerbstätigkeit entsprechend der Shift-Gleichungen unterschiedlich stark auf Veränderungen der Bauinvestitionen reagiert.

Abbildung 16: Anteile der Bundesländer an den Bauinvestitionen insgesamt, an den Bauinvestitionen des Sektors Wohnungswesen (jeweils nominal, 2012) und an den Investitionen im Programm KfW „Energetisch sanieren“ (2010–2016)



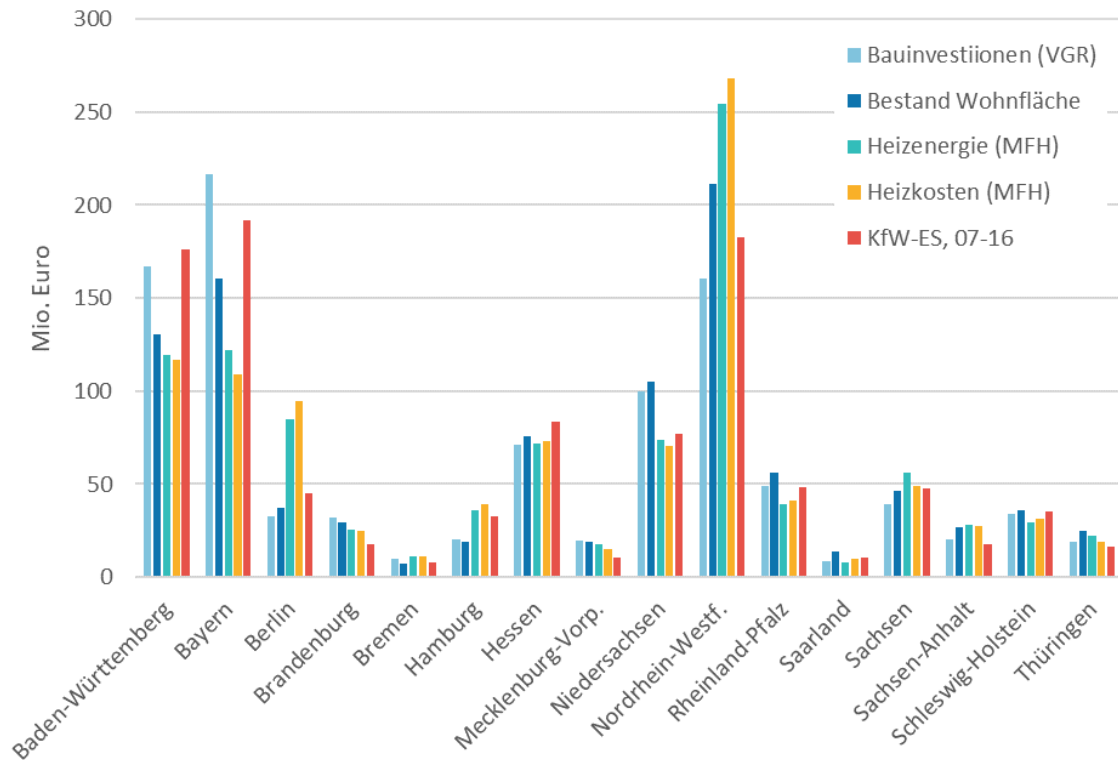
Quelle: VGR der Länder; IWU & IFAM, unterschiedliche Jahrgänge.

Vergleicht man die Anteile der Bundesländer an den Investitionen insgesamt, so verteilen sich die KfW-Förderprogramm-Investitionen sehr ähnlich wie die entsprechenden Investitionswerte aus den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen. Größere positive Abweichungen zeigen sich in Hamburg und Berlin sowie in Hessen und NRW. In Bayern, Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern ist der Deutschlandanteil der geförderten Investitionen geringer als jener der insgesamt gemeldeten Bauinvestitionen. Im Zeitverlauf verschieben sich die regionalen Anteile an den KfW-Investitionen. In Nordrhein-Westfalen sind sie zuletzt zurückgegangen, während sie in Sachsen und Baden-Württemberg zugenommen haben.

Multipliziert man den Wohnflächenbestand mit dem Energiebedarf entsprechend dem Wärmemonitor 2016, kann ein Indikator gebildet werden, der zeigt, wo sich im regionalen Vergleich Investitionen in die Gebäudesanierung finanziell bzw. mit Blick auf Effizienzgewinne besonders lohnen. Im Folgenden werden nun vier Verteilungsschlüssel im Überblick vorgestellt und in Abbildung 17 dargestellt. Ausgangspunkt ist eine Verteilung entlang der nominalen Bauinvestitionen in den Bundesländern (VGR der Länder). Diese Verteilung hat zum einen den Nachteil, dass sie sich nicht an den Bestand der Wohnungen orientiert, zum anderen, dass Preisunterschiede die Höhe der durchschnittlichen Investitionen direkt und indirekt beeinflussen. Direkt wirkt der Einfluss, falls die gleichen baulichen Leistungen in den Bundesländern unterschiedlich hoch bezahlt werden müssen. Indirekt wirkt der

Einfluss, wenn aufgrund von unterschiedlich hohen Miet- oder Bodenpreisniveaus der Kostenanteil von energetischen Maßnahmen oder hohen energetischen Standards geringer ist als in anderen Landesteilen.

Abbildung 17: Verteilung von 1 Mrd. Euro Bauinvestitionen auf Grundlage unterschiedlicher Bundesländer-Verteilungsschlüssel



Quelle: Eigene Berechnung.

Verteilt man eine Mrd. Euro Investitionen entsprechend des Bestandes an Wohnflächen in den Bundesländern, so ergeben sich bereits Unterschiede im Vergleich zu einer Verteilung nach Bauinvestitionen. Insbesondere im Süden sind die Investitionen deutlich geringer, aber auch in Bremen, Hamburg und Brandenburg. In allen anderen Bundesländern – besonders deutlich in Nordrhein-Westfalen (NRW) – sind die Investitionen jedoch deutlich höher. Legt man die Heizenergie pro Wohnfläche in Mehrfamilienhäusern zugrunde, so sind die Investitionen in den südlichen Bundesländern noch geringer anzusetzen. Besonders hoch fallen die Investitionen in NRW sowie relativ gesehen in Berlin und Hamburg aus. Die Verschiebung gegenüber der Verteilung nach Wohnfläche insgesamt kommt überwiegend durch den unterschiedlich hohen Anteil der Mehrfamilienhäuser an der Wohnfläche zustande. So ist dieser Anteil in Niedersachsen eher gering, in Berlin jedoch besonders hoch. Durch Berücksichtigung der Heizkosten in Mehrfamilienhäusern werden die Unterschiede zur Ausgangssituation häufig noch weiter verstärkt. Die Effekte durch unterschiedliche regionale Preisniveaus dürfte für die Verteilung der Investitionen im KfW-Programm „energieeffizient Sanieren“ („KfW-ES, 07-16“) ebenso eine Rolle spielen. Diese Verteilung ist insgesamt näher an der Ausgangssituation als bei der Aufteilung nach Wohnflächenbeständen.

Im Vergleich zur Verteilung nach nominalen Bauinvestitionen, die eine gute Basis für eine Projektion im Modell darstellt, werden bei einer Verteilung nach Wohnflächenbestand rund

200 Mio. Euro unter den Bundesländern umverteilt. Bei der Verteilung nach Wohnfläche in Mehrfamilienhäusern müssten 380 (Heizenergie) bzw. 420 Mio. Euro (Heizkosten) umverteilt werden. Für die KfW-Investitionsverteilung beträgt das Umteilungsvolumen gegenüber der Basisverteilung nur etwa 160 Mio. Euro.

Für die Modellanwendung in LÄNDER wird zunächst der Verteilungsschlüssel nach Heizenergie in Mehrfamilienhäusern verwendet und die Ergebnisse in den Kapiteln 6.1 und 6.2 ausgewertet. Dabei wird das Modell so eingestellt, dass etwa 60 % der Mehrinvestitionen, die sich im Vergleich zwischen dem kontrafaktischen Szenario und dem Energiewendeszenario ergeben, nach der insgesamt notwendigen Heizenergie in Mehrfamilienhäusern (Produkt aus durchschnittlicher Heizenergie je Wohnfläche und Bestand an Wohnfläche in Wohngebäuden mit drei und mehr Wohnungen) verteilt werden. Die 60 % entsprechen dem Anteil der Wohnfläche in Deutschland, die auf Mehrfamilienhäuser entfällt. Die Wirkung alternativer Verteilungsschlüssel wird in Kapitel 6.3 analysiert.

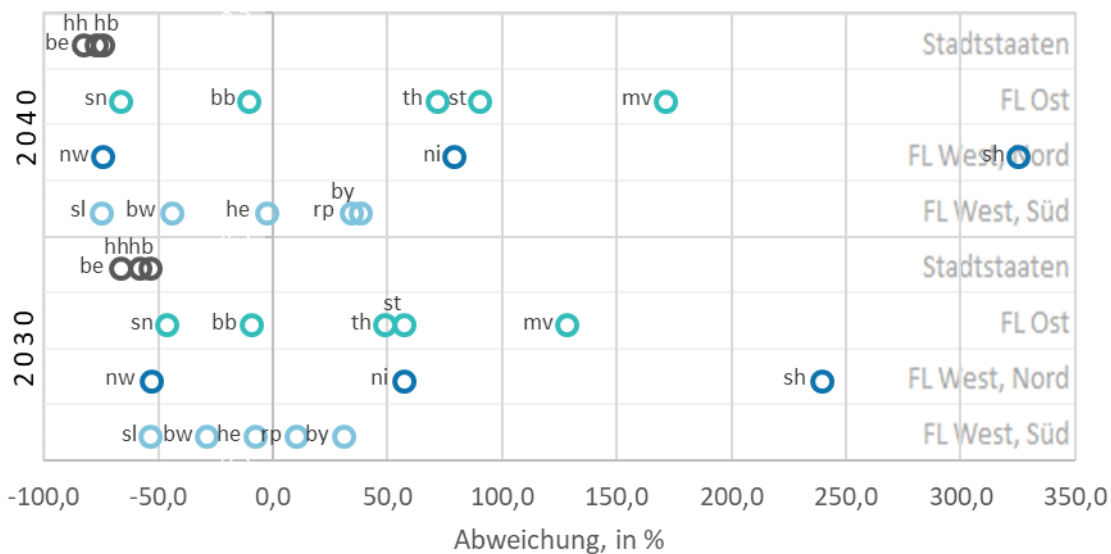
6 ERGEBNISSE

6.1 WIRKUNGEN DER ENERGIEWENDESPEZIFISCHEN TREIBER

Nachfolgend werden zunächst die direkten Effekte von Energiepreisänderungen oder neuen Investitionen in Energiewendegüter in den Bundesländern ausgewiesen. Diese lösen dann gesamtwirtschaftliche Effekte und Zweitrundeneffekte aus, die wiederum ihrerseits auf die gesamtwirtschaftlichen Zusammenhänge und die Strukturen der einzelnen Bundesländer zurückzuführen sind.

Da im Modell der Energieträgermix in den Bundesländern hinterlegt ist, ergeben sich für die Bruttostromerzeugung sehr unterschiedliche Effekte. Strukturell bedingt weisen Bundesländer, die bereits im Jahr 2014 einen hohen Anteil an erneuerbaren Energien haben, in den Jahren 2030 und 2040 eine deutlich höhere Stromerzeugung auf, während Bundesländer, die einen überdurchschnittlichen Anteil des Stroms aus Kohle produzieren, eine geringere Stromproduktion haben. Deutlich ist auch, dass Bundesländer, die einen Schwerpunkt auf der Windenergie haben wie Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen, bei der Bruttostromerzeugung besonders deutliche Zuwächse durch die Energiewende verzeichnen können. Der hohe Anteil der erneuerbaren Energien in Brandenburg wird im Gesamteffekt überkompensiert durch den hohen Anteil der Braunkohleverstromung. Die Stadtstaaten sind aufgrund des geringen EE-Anteils von Rückgängen der Stromproduktion betroffen ebenso wie NRW, Sachsen und das Saarland.

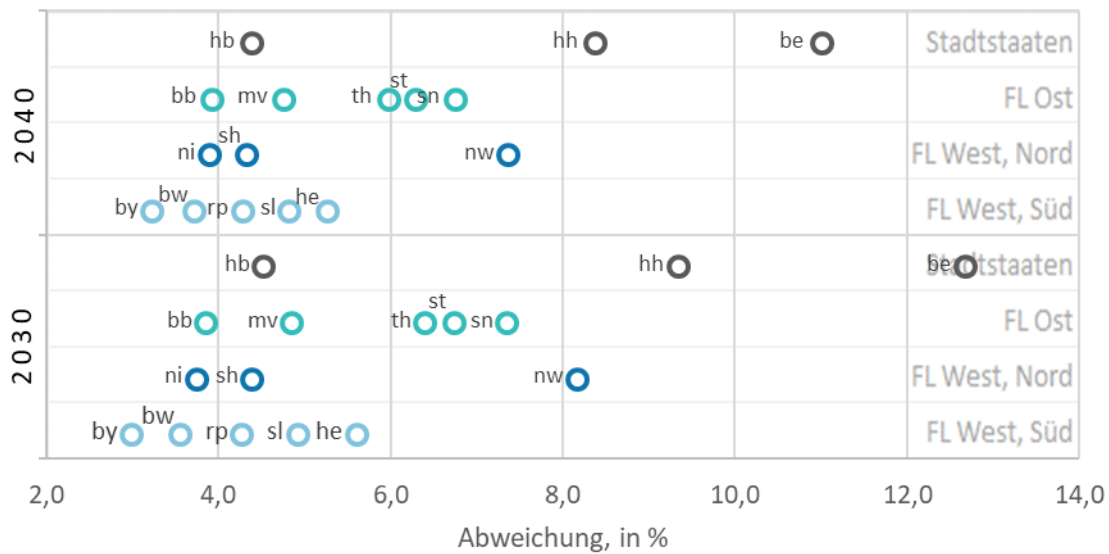
Abbildung 18: Abweichung der Bruttostromerzeugung zwischen Energiewendeszenario und Kontrafaktischem Szenario in den Bundesländern



Quelle: Eigene Berechnung.

Die Abweichung der Bauinvestitionen zwischen dem EWS und KFS sind in Abbildung 19 abgebildet. Im Durchschnitt sind die Bauinvestitionen im Jahr 2030 durch die Energiewende um 5,1 % höher als im KFS (2040: 5 %). In dieser Größenordnung bewegen sich die Bundesländer Bremen, Hessen, Rheinland-Pfalz, Schleswig-Holstein und Thüringen. Besonders hoch sind die Abweichungen in Hamburg, Berlin und NRW. Unter 4 % liegen hingegen die Abweichungen in Bayern, Baden-Württemberg, Niedersachsen und Brandenburg. Die Unterschiede zur durchschnittlichen Abweichung ergeben sich durch die Anteile der Mehrfamilienhäuser an der Wohnfläche auf der einen und dem spezifischen Heizenergiebedarf laut Wärmemonitor auf der anderen Seite.

Abbildung 19: Abweichung der Bauinvestitionen zwischen Energiewendeszenario und Kontrafaktischem Szenario in den Bundesländern



Quelle: Eigene Berechnungen.

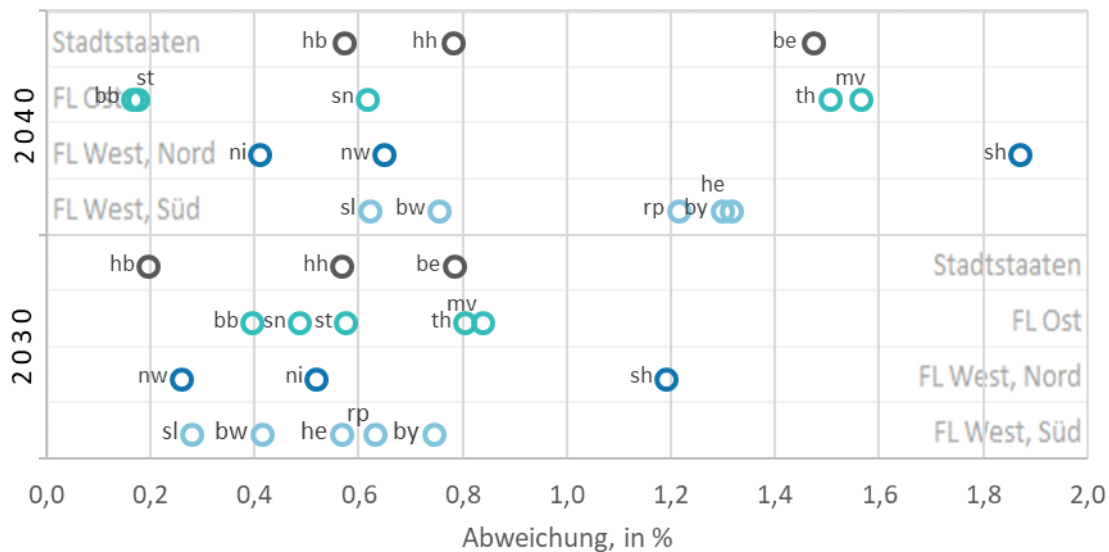
6.2 GESAMTWIRTSCHAFTLICHE MODELLERGEBNISSE

Im Folgenden werden die gesamtwirtschaftlichen Effekte in den Bundesländern anhand der Kenngrößen Bruttoinlandsprodukt und Anzahl der Erwerbstätigen ausgewertet. In diese gesamtwirtschaftlichen Größen gehen die in den vorherigen Teilkapiteln dargestellten Strukturen und Treiber ein. Wie zuvor wird vor allem die relative Abweichung ausgewertet und die Bundesländer werden in den Säulendiagrammen nach der Abweichung im Jahr 2030 aufsteigend sortiert. Strukturelle Effekte und Einflüsse der spezifischen Treiber vermischen sich dabei stark. Ihr Einfluss verschiebt sich im Zeitverlauf, vor allem im interregionalen Vergleich. Zudem wirken wirtschaftliche Kreislaufeffekte in den Bundesländern selbst in unterschiedlichen Ausmaß.⁷

Da die Mehrzahl der Wirtschaftsbereiche im Modell primär über die Entwicklung der Erwerbstätigkeit erklärt wird, wird zunächst die Abweichung der Anzahl an Erwerbstätigen dargestellt und diskutiert und anschließend das Bruttoinlandsprodukt. Die Abweichung der Anzahl Erwerbstätiger zwischen dem Energiewendeszenario (EWS) und dem kontrafaktischen Szenario (KFS) beträgt im Durchschnitt +0,5 % im Jahr 2030 und 0,9 % im Jahr 2040. Die relativen Abweichungen – dargestellt in Abbildung 20 – betragen in Bremen, NRW und im Saarland im Jahr 2030 unter 0,3 %, in Bayern, Berlin, Thüringen, Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein hingegen mehr als 0,7 %. Von den ostdeutschen Flächenländern weisen nur Sachsen und Brandenburg unterdurchschnittliche Abweichungen auf.

⁷ Es können nicht für jedes Bundesland die jeweiligen Hintergründe für die Abweichung ausgewertet werden. Dafür wären Sensitivitätsrechnungen auf Bundes- und Landesebene notwendig.

Abbildung 20: Relative Abweichungen zwischen dem Energiewendeszenario und dem kontrafaktischen Szenario in den Bundesländern, Anzahl Erwerbstätige



Quelle: Eigene Berechnung.

Die Gruppe von Ländern mit überdurchschnittlichen Abweichungen verbleibt im Jahr 2040 in der oberen Hälfte der Rangliste. Zu dieser Gruppe schließen Hessen, Brandenburg, Rheinland-Pfalz und Niedersachsen auf. Hamburg und Sachsen haben nun unterdurchschnittlich hohe Abweichungen. Auch Sachsen-Anhalt rückt im Jahr 2040 in das untere Mittelfeld.

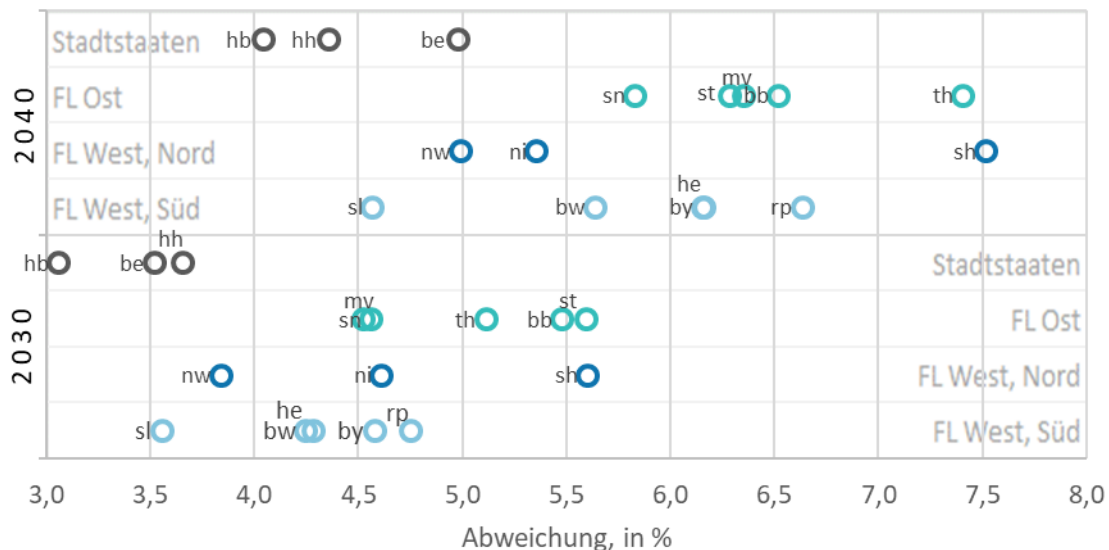
Es zeigt sich, dass die in Tabelle 3 gezeigten Strukturen die Grundzüge der Abweichung der Erwerbstätigkeit erklären. Ein hoher Anteil der Sektoren Energieversorgung und Industrie hat zur Folge, dass die Abweichungen eher unterdurchschnittlich ausfallen. Ein hoher Anteil des Baugewerbes und/oder des Sektors der persönlichen Dienstleistungen im Bundesland sorgt tendenziell für überdurchschnittliche Abweichungen. Besonders stark ist jedoch die positive Korrelation mit dem Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung.

Ein weiterer Hintergrund für die Verteilung der Effekte auf die Bundesländer ist der im Modell abgebildete Zusammenhang zwischen Bauinvestitionen im Bundesland und Erwerbstätigen im Baugewerbe. In der Vergangenheit lassen sich deutlich unterschiedliche Elastizitäten in den Bundesländern ableiten. Dies hat im Wesentlichen zwei Hintergründe. In einigen Bundesländern ist die Preisentwicklung der Investitionen und auch die Produktivitätsentwicklung im Baugewerbe dynamischer als in anderen Bundesländer. In Bayern ist beispielsweise die Elastizität zwischen Investitionen und Erwerbstätigkeit gering, in Thüringen hingegen hoch. Des Weiteren reagiert die Beschäftigung in den Stadtstaaten nur schwach auf die Investitionen, während die Elastizität in den umgebenden Flächenländern – insbesondere in Schleswig-Holstein und Brandenburg – besonders hoch ist. Dies – zusammen mit der Veränderung im Strommix im Sektor Energieversorgung – führt dazu, dass Schleswig-Holstein die höchsten Abweichungen bei Beschäftigung hat. In Brandenburg verbessert die stärkere Reaktion des Baugewerbes die Ausgangslage, kann aber nicht zu einer deutlich höheren Abweichung führen. Die Verlagerung von Nachfrage von Städten

in das Umland ist jedoch nicht explizit modelliert, so dass beispielsweise die überdurchschnittlich hohen Investitionsanteile in Berlin nicht zu einem festen Anteil Brandenburg zugewiesen werden.

Die Abweichung des nominalen Bruttoinlandsproduktes beträgt im Durchschnitt +4,3 % im Jahr 2030 und 5,7 % im Jahr 2040. Thüringen, Brandenburg, Schleswig-Holstein und Sachsen-Anhalt weisen im Jahr 2030 Abweichungen von mehr als 5 % auf. In den Stadtstaaten und im Saarland liegen die Abweichungen unter 3,8 %. Den fünfgeringsten Wert hat NRW. Dies ändert sich für das Jahr 2040 nicht. Berlin schließt etwas auf, bleibt aber mit seiner Abweichung unter dem Durchschnitt. Mecklenburg-Vorpommern hat nun eine Abweichung etwas deutlicher über dem Durchschnitt. Sachsen-Anhalt hat im Jahr 2040 eine positive Abweichung von 6,8 % und hat im Vergleich zum Jahr 2030 nicht mehr den höchsten, sondern den vierthöchsten Wert.

Abbildung 21: Relative Abweichungen zwischen dem Energiewendeszenario und dem kontrafaktischen Szenario in den Bundesländern, Bruttoinlandsprodukt in jeweiligen Preisen



Quelle: Eigene Berechnung.

Insgesamt ist das Verteilungsmuster der Abweichungen des Bruttoinlandsproduktes respektive der Bruttowertschöpfung sehr ähnlich wie bei der Anzahl Erwerbstätigen (vgl. Abbildung 20). Die Erwerbstätigenproduktivität – als Quotient aus Bruttowertschöpfung und Anzahl Erwerbstätigen – ist in den Bundesländern sehr unterschiedlich. Dies gilt in den einzelnen Wirtschaftsbereichen und insbesondere strukturell bedingt für die Gesamtwirtschaft.

6.3 SENSITIVITÄT ZUR GEBÄUDESANIERUNG

Doch wie wirken die Annahmen zur Verteilung der Bauinvestitionen im Kontext der höheren Gebäudesanierung im Energiewendeszenario? Wie wirken alternative Verteilungen? Im Kontext der Modellierung wurden drei Sensitivitäten berechnet, um sich der Antwort zu

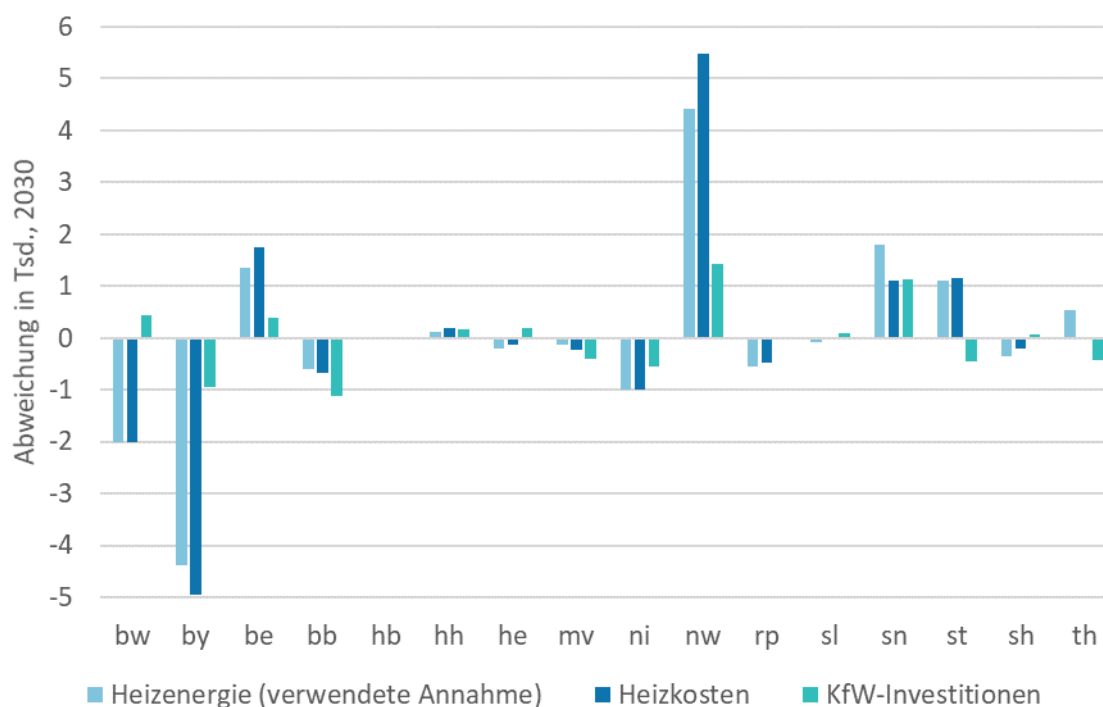
nähern. Drei Verteilungsschlüssel wurden im Modell zugrunde gelegt und die Modellergebnisse mit einer „Basisverteilung“ – nämlich die nach den Bauinvestitionen im Jahr 2012 – verglichen. Die drei Annahmen sind:

- **Verteilung entlang des Heizenergiebedarfs der Mehrfamilienhäuser (vgl. Kapitel 4.4)**
- **Verteilung entlang der Heizkosten in Mehrfamilienhäuser**
- **Verteilung entlang der Investitionen im Rahmen des KfW-Programms „Energieeffizient sanieren“ in den Jahren 2012 bis 2017**

Die Verteilung entlang des Heizenergiebedarfs führt zu einer Umverteilung von Sanierungsinvestitionen in Höhe von ca. 6,4 Mrd. Euro gegenüber der Annahme der Basisverteilung. Der Heizkosten-Schlüssel hat ein Umverteilungsvolumen von 7,3 Mrd. Euro zur Folge, für den KfW-Schlüssel sind es 2,8 Mrd. Euro.

Die relativen Abweichungen der Erwerbstätigen in den Sensitivitäten gegenüber der Basisverteilung erreichen insgesamt im gesamtwirtschaftlichen Kontext jeweils Werte zwischen +0,12 % und -0,11 % (vgl. Abbildung 22). Gemäß der Annahme „Heizenergie“ entfallen auf die Bundesländer Bayern und Baden-Württemberg im Jahr 2030 über 4 000 Beschäftigte bzw. 2 000 Beschäftigte weniger als in der Basisverteilung. In Sachsen sind es 1 800 Beschäftigte mehr, in Nordrhein-Westfalen beträgt die Abweichung +4 400. Mit dem Verteilungsschlüssel „Heizkosten“ sind die Abweichungen in der Regel höher, haben aber ein ähnliches Muster wie beim Heizenergie-Schlüssel. Legt man für die Verteilung der zusätzlichen Investitionen die KfW-Investitionen zugrunde, so ergibt sich eine etwas andere Verteilung der Abweichungen.

Abbildung 22: Abweichungen zwischen dem Energiewendeszenario mit und dem Energiewendeszenario ohne die Umverteilung der Bauinvestitionen für Gebäudesanierung in den Bundesländern, Anzahl Erwerbstätige, 2030



Quelle: eigene Berechnung.

Diese entfallen zum großen Teil auf das Baugewerbe.⁸ Es zeigt sich, dass die Variation der Verteilungsannahme bei den Bauinvestitionen keine wesentlichen Unterschiede für die gesamtwirtschaftlichen Effekte ergibt. Die Abweichungen zwischen der Basisrechnung und den beiden Alternativrechnungen liegen bei den Bundesländern für das Bruttoinlandsprodukt insgesamt im Jahr 2030 zwischen -0,1 % und +0,1 %. Für das Baugewerbe erreichen die relativen Abweichungen bei der Anzahl Erwerbstätiger jedoch Werte von maximal 1,5 %, was für den Sektor von hoher Relevanz ist.

6.4 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Insgesamt zeigt die regionale Betrachtung der gesamtwirtschaftlichen Effekte zum Energiewendeszenario in den Jahren 2030 und 2040, dass sich in keinem Bundesland negative Abweichungen ergeben. Dies gilt sowohl für die Anzahl der Erwerbstätigen als auch für das Bruttoinlandsprodukt. Jedoch fallen die positiven Abweichungen unterschiedlich stark aus und schwanken für das Bruttoinlandsprodukt im Jahr 2030 zwischen 3,1 % und 5,6 %. In der Gesamtschau profitieren im Energiewendeszenario vor allem jene Bundesländer, in denen die erneuerbaren Energien im Stromerzeugungsmix einen hohen Anteil einnehmen. Ein wichtiger Bestimmungsfaktor für die regional unterschiedlichen Effekte ist zudem die allgemeine branchenspezifische Wirtschaftsstruktur. Zum einen profitieren Bundesländer, in denen die Bedeutung der öffentlichen und privaten Dienstleistungen groß ist. Zum anderen sind Bundesländer, in denen das Baugewerbe eine vergleichsweise hohe Bedeutung hat, strukturell etwas im Vorteil. Die Bauinvestitionen haben im Energiewendeszenario einen großen Anteil an den primären Impulsen auf die Volkswirtschaft. Für die Gebäudesanierung und entsprechende Investitionen wurden daher unterschiedliche Hypothesen zur regionalen Verteilung vorgeschlagen und in einer Sensitivitätsanalyse variiert. Die führt nicht zu einer nennenswerten Verschiebung der regionalen Abweichungen im Energiewendeszenario. Hintergrund ist hier, dass bei der regionalen Verteilung von Gebäudesanierung eine Hypothese, die stark von der durch Wohnflächenbestand vorgegebenen Verteilung abweicht, nicht zielführend ist.

7 ÜBERLEGUNGEN ZUR WEITEREN VERBESSERUNG VON MODELLIERUNGEN AUF LÄNDEREBENE

Als strukturdynamisches Regionalmodell ermöglicht das Modell LÄNDER eine Auswertung von regionalen Verteilungen von gesamtwirtschaftlichen Effekten. Die darin enthaltenen Schätzgleichungen beinhalten eine Vielzahl von regionalen Einflüssen und die Struktur der Bundesländer ist detailliert erfasst. Gleichwohl gibt es je nach Anwendung und Eingangsgrößen Zusammenhänge, die das Modell LÄNDER nicht abbilden kann. In der vorgelegten Analyse lassen sich strukturelle Effekte nicht von regional- und energiemarktspezifischen Wirkungszusammenhängen und Annahmen trennen. Einige Modellgleichungen reagieren

⁸ Da es sich um eine regionale Sensitivitätsanalyse handelt, wirkt hier nicht der allgemeine Multiplikator zwischen Investitionen und Beschäftigung, sondern nur der regionalspezifische Vorleistungseffekt.

spezifisch (z. B. Energieversorgung), andere nicht. Zudem sind intraregionale Multiplikatoren der Vorleistungsverflechtung im Modell enthalten. Diese sind aber nur ein Teil der gesamtwirtschaftlichen Multiplikatoren, darunter auch jene, die durch die Veränderung von Einkommen zustande kommen. Daher lässt sich für die Analyse nicht quantifizieren, in welchem Umfang Nachfrageeffekte etwa bei den öffentlichen Dienstleistungen auf spezifische Impulse im Bundesland zurückzuführen sind und in welchem Umfang auf deutschlandweite Nachfrageverschiebungen. Zu den Stärken des Modells zählt jedoch, dass die gesamtwirtschaftlichen Effekte in den Bundesländern nicht isoliert ermittelt, sondern immer eingebettet in deutschlandweite Wirtschaftskreisläufen und Szenarioannahmen abgebildet sind.

Die in PANTA RHEI analysierten nationalen Szenarien wurden für die Auswertung bundesweiter Effekte entwickelt und beinhalten eine integrierte Sicht auf mögliche Entwicklungen im Bereich Energiewirtschaft, Energieverbrauch, Energiepreise und Investitionen. Sie unterscheiden sich diesbezüglich teilweise deutlich. Für die Szenarien sind keine konkreten Instrumente zur Umsetzung von Maßnahmen angenommen worden. Das Modell LÄNDER modelliert regionale Entwicklungszusammenhänge und Entwicklungsunterschiede und erfasst wesentliche strukturelle Unterschiede in den Bundesländern. Zudem sind energiespezifische Strukturen für diese Ausarbeitung und Ansätze zur spezifischen Verteilung von zusätzlichen Investitionen zusätzlich aufgenommen worden. Außerdem sind für einzelne Aspekte der Energiewende regionale Informationen vorhanden, die für konkrete Abschätzungen genutzt werden könnten.

Eine deutliche Verbesserung der regionalen Analyseergebnisse erreicht man durch die folgenden Schritte:

- a. Explizite Modellierung energiewirtschaftlicher Wirkungszusammenhänge (Strom- / Wärmeerzeugung, Preise) sowie Modellierung von Energieausgaben und Wertschöpfungsaspekten in den Bundesländern.
- b. Weitere Unterteilung von Branchen im Bundesländermodell.
- c. Integration weiterer branchenspezifischer Nachfrageindikatoren in die Schätzgleichungen zu Entwicklungsunterschieden.
- d. Implementierung spezifischer Annahmen zur regionalen Verteilung der zusätzlichen Investitionen bzw. zur Verteilung der zusätzlichen Nachfrage durch zusätzliche Investitionstätigkeit.

Alle Aspekte der Verbesserung werden hier diskutiert. Für die energiewirtschaftliche Modellierung (a) in den Bundesländern könnten die 16 Energiebilanzen mit den nationalen Ergebnissen erklärt und fortgeschrieben werden. Für Aufkommen, Umwandlung und Endenergieverbrauch müssten jeweils einzeln Ansätze und Annahmen für die Energiegrößen in den Bundesländern entwickelt werden und anschließend mit ökonomischen Größen verknüpft werden. Teil der Modellierung des Aufkommens wäre die Aufnahme von Annahmen zu regionaler Entwicklung der Stein-, Braunkohle- sowie Erdöl- und -gasförderung. Auch die interregionale Ein- und Ausfuhr von Energieträgern sind abzubilden. Für die Abbildung des Umwandlungssektors sind regionale Entwicklungen des Kraftwerksparks und des Ausbaus erneuerbarer Energien zu integrieren. Der Endenergieverbrauch wird gekoppelt mit Nachfrageindikatoren aus den Verbrauchssektoren. Die großen Unterschiede beim Energieverbrauch der Industrie erfordern hier eine detaillierte Sicht auf Branchen und Technologien (vgl. Ulrich 2012).

Eine weitere Unterteilung der Branchen (b) ist vor allem dann sinnvoll, wenn die im nationalen Modell ermittelten Effekte sich innerhalb einer der 25 Branchen stark unterscheiden und bundesweit eine ähnliche Betroffenheit unterstellt werden kann. Im vorliegenden Beispiel der Energiewendeszenarien erscheint eine weitere Untergliederung von Wirtschaftsbereichen keine große Verbesserung zu bewirken, da die Effekte langfristig über alle Branchen streuen. Mit einer Unterteilung wird zudem häufig die Integration regionalspezifischer Wechselbeziehungen (Vorleistungen, Bevölkerung etc.) erschwert, da Datenquellen integriert werden, die sich konzeptionell beispielsweise von der VGR unterscheiden.

Die in der hier vorliegenden Arbeit vorgenommene Integration der Stromerzeugung in die Ländergleichung im Bereich Energieversorgung ist prinzipiell auf andere Wirtschaftsbereiche übertragbar. Jedoch gibt es außer dem Bergbau und der Energieversorgung vermutlich nur wenige unter den 25 Wirtschaftsbereichen, in denen regionale Nachfrageentwicklungen im direkten Zusammenhang zur Energiewende für die Entwicklung bestimmend sind. Vorstellbar ist dies im Verkehrssektor, wo die Elektromobilität, aber auch neue Konzepte zur Bündelung von Verkehrsaufkommen durch fortschreitende Digitalisierung in Zukunft eine Rolle spielen könnten. Vermutlich zeigen sich diese Veränderungen jedoch in einem Bündel von unterschiedlichen Kenngrößen zu Verkehrsleistung und Verkehrsaufkommen. Daher müsste hier – ähnlich wie bei der Energiewirtschaft – ein separates Erweiterungsmodul entwickelt werden, um ein Energiewendeszenario diesbezüglich regional auswerten zu können.

Die Ableitung explizit regionaler Impulse durch Investitionen (d) ist nur durch detaillierte Annahmensetzungen möglich, die jedoch in der Definition der Szenarien nur teilweise hinterlegt sind. Beispielsweise könnte man die Verteilung der Investitionen zum Ausbau erneuerbarer Energien oder zum Netzausbau auf Bundesländer im Szenario festlegen. Eine Fabrik für Elektrobatterien dürfte, wenn überhaupt, in einem Bundesland mit größerer Automobilfertigung gebaut werden. Regionale Verteilungen spielen bei der Annahmensetzung und Ausgestaltung der Szenarien durchaus eine Rolle, werden aber ergebnisseitig nicht explizit aufgenommen. Dies gilt vor allem für die Investitionsdifferenzen, die wiederum im gesamtwirtschaftlichen Kontext eine bedeutende Rolle spielen. Gleichwohl könnten die Ergebnisse des Modells präziser sein, wenn die genaue Verteilung der Investitionsdifferenzen nach Verwendungszweck oder ähnlichen Merkmalen ausgehend von der Szenarioannahmen mitgeführt und für die gesamtwirtschaftliche Analyse vorliegen würden. Auch wenn plausible Annahmen zur räumlichen Verteilung von Investitionen – in Form eines regionalen Szenarios – ableitbar sind, bleibt die Frage, wie sich die entsprechende Güternachfrage räumlich verteilt. Die Verteilung direkter und indirekter Nachfrage durch die Investition in erneuerbare Energien ist Kernbestandteil eines Regionalmodells, welches die Bruttobeschäftigung in den Bundesländern seit 2012 abschätzt (vgl. zuletzt Ulrich & Lehr 2018). Diese Informationen könnten prinzipiell für ein Energiewendeszenario nutzbar gemacht werden. Ein Ansatz könnte auch die anteilige Lokalisierung von Baunachfrage entsprechend (hypothetischer) regionaler Ausbaupfade sein. Anders als im Falle der Gebäudesanierungen, bei der der Gebäudebestand die Verteilung der Investitionen maßgeblich bestimmt, sind Investitionen in die Infrastruktur ein Ergebnis von technischen Standortbewertungen. Sie können in ihrer Verteilung deutlich stärker variieren, treffen häufiger auf weniger wirtschaftsstarke Regionen und sorgen dafür, dass sich die Verteilung von gesamtwirtschaftlichen Effekten stärker ausdifferenziert.

8 ANHANG: DAS MODELL LÄNDER

8.1 ÜBERBLICK

Das LÄNDER-Modell wird zur Analyse und Projektion des Strukturwandels auf der Ebene der 16 Bundesländer verwendet. Es ist direkt mit dem gesamtdeutschen Modellverbund PANTA RHEI-INFORGE verbunden und verwertet die dort ermittelten Branchenergebnisse für Wertschöpfung und Beschäftigung auf Ebene der Bundesländer. Das Modell ermöglicht die Projektion der wirtschaftlichen Entwicklung sowie die Analyse unterschiedlicher Simulationsszenarien auf Bundesland-Ebene. Im Modell LÄNDER werden die regionalen und branchenbezogenen Spezifika in den Fokus genommen. Die Modellierungsansätze sind immer auf die spezifischen Merkmale der einzelnen Wirtschaftszweige angepasst und sind darauf ausgerichtet, regionale Besonderheiten der Entwicklung empirisch zu erfassen.

Grundlage der LÄNDER-Modellierung sind Daten zur Erwerbstätigkeit (Erwerbstätige und Arbeitnehmer/innen), Bruttowertschöpfung, Löhne und Gehälter sowie zur Bevölkerung. Es werden Informationen aus der Industriestatistik ergänzt, um das Verarbeitende Gewerbe detailreicher analysieren zu können. Aus methodischer Sicht kann LÄNDER eine um Zeitreihenschätzungen erweiterte klassische Shift-Share-Analyse (vgl. Kapitel 8.2) eingeordnet werden. Bei der Analyse von Wachstumsunterschieden zwischen Deutschland und den Bundesländern auf Ebene der Wirtschaftszweige wird nicht nur eine Trennung übergeordneter von regionalen Einflüssen und Trends erreicht, sondern auch eine weitestgehend Erklärung der regionalen Einflüsse im Kontext des Wirtschaftskreislaufes angestrebt. Die regionalen Einflussgrößen, die dabei geprüft und vielfach operationalisiert werden, sind die Bevölkerungsentwicklung – getrennt nach Altersgruppen –, die Wohnungsbauinvestitionen und ihre Hintergründe sowie Vorleistungsverbände innerhalb der Wirtschaft. Mithilfe der Input-Output-Tabelle werden dabei die wichtigsten Verknüpfungen von Wirtschaftszweigen ermittelt und als Vorleistungsindikatoren für das LÄNDER-Modell operationalisiert.

Zentrale Datenbasis sind die Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen der Länder, die für jedes Bundesland u. a. Zeitreihen für die Lohnsummen, die Bruttowertschöpfung und die Erwerbstätigen nach bis zu 20 Wirtschaftsbereichen bereitstellen. Die Datensätze der Bundesagentur für Arbeit zur detaillierten Struktur der Beschäftigung mit demografischen und sozioökonomischen Zeitreihen kommen ergänzend hinzu. Ferner werden die Strukturberichte des Verarbeitenden Gewerbes integriert, so dass aktuell eine Gliederung nach 25 Wirtschaftsbereichen verwendet werden kann. Darüber hinaus werden im Bereich der demografischen Entwicklung die Ergebnisse der Vorausberechnungen des Statistischen Bundesamtes verwendet.

8.2 ZENTRALE ANSÄTZE

Das Modell LÄNDER ist ein Modellsystem, das auf einer großen Anzahl dynamischer Shift-Share-Gleichungen basiert. Die Analyse von Wachstumsverschiebungen (Shifts) baut auf der Grundidee auf, dass sich Branchen unabhängig von ihrem Standort etwa so entwickeln könnten wie im Bundesdurchschnitt. Sind Wachstumsverschiebungen messbar, lässt sich dies gemäß der klassischen Shift-Share-Analyse durch strukturelle oder standortbedingte Faktoren erklären. Die Parametrisierung dieser Faktoren mithilfe von

regressionsanalytischen Ansätzen ist der zentrale Bestandteil des Modells LÄNDER. Dabei erhält jeder Wirtschaftsbereich jedes Landes eine auf Zeitreihen basierende Schätzgleichung.⁹ Gleichung 3 zeigt den Grundansatz der Shift-Gleichung eines Wirtschaftsbereichs für die Anzahl Erwerbstätiger (ets) im Bundesland (bl). Die korrespondierende Größe auf Bundesebene ist mit B markiert und t sind die jährlichen Zeitangaben.

$$\text{Gleichung 3: } \ln(\text{ets}_{\text{bl},t}) = \alpha + \beta \ln(\text{ets}_{\text{B},t}) + \chi \ln(x_{\text{bl},t}/x_{\text{B},t}) + \delta t$$

Es können spezifische und unspezifische regionale Einflüsse isoliert werden. In der Regel unspezifisch ist ein Zeittrend t – das regressionsanalytische Pendant zum Standortfaktor. Es können die Elastizitäten (delta) von Zeittrends mit konstanten oder abnehmenden Wachstumsraten ermittelt und für die Prognose genutzt werden. Von höherem Wert für die Analyse und die Projektion sind spezifische regionale Einflüsse. Häufig lässt sich die Wachstumsverschiebung mit der Dynamik des Anteils des Bundeslandes an einer Einflussgröße (X) im Bund erklären. Zu den Einflussgrößen, die als X operationalisiert sind, zählen die Bevölkerung – teilweise für unterschiedliche Altersklassen –, die Anzahl der Haushalte und ein Vorleistungsindikator.

Der Vorleistungsindikator stellt die bundeslandspezifische Nachfrage nach Vorleistungen dar, die sich aus der Branchenentwicklung im Bundesland ergibt. Die Lieferverflechtung unter den Branchen in den Bundesländern stellt – so die Ergebnisse der Regressionen – einen wichtigen regionalen Einfluss dar. Beispielsweise gibt es häufig einen signifikanten Dynamikzusammenhang zwischen der Industrie und den unternehmensnahen Dienstleistungen, aber auch dem Verkehrssektor. Diese Vorleistungsverbünde erklären entsprechend einen Teil der Wachstumsverschiebungen für den Wirtschaftsbereich und bilden damit in der Projektion bzw. der Simulation einen Kreislauf innerhalb des Bundeslandes ab. Eine detaillierte Beschreibung des Vorleistungsindikators findet sich in Wolter & Ulrich (2013).

In den ökonometrischen Schätzungen trägt die Elastizität β ebenso eine Information zu den Hintergründen von Wachstumsverschiebungen. Die Konjunktur der Beschäftigung (oder auch der Produktion) kann in den Bundesländern stärker oder schwächer als im Bund sein. In der Projektion bzw. der Simulation kann ein Bundesland stärker oder schwächer auf die Entwicklung in Deutschland reagieren. Während der Zeittrend in Gleichung 3 in Simulationen gleich bleibt, kann die Elastizität β zu einer regionalen Differenzierung der Effekte führen, wobei dieser Parameter in den meisten Schätzungen nahe 1 liegt.

Weiterer wichtiger Baustein ist die Verknüpfung von Erwerbstätigkeit (getrennt für Arbeitnehmer/-innen und Selbstständige), Bruttowertschöpfung und Lohnentwicklung für jede der 25 Wirtschaftsbereiche. Die Bruttowertschöpfung wird in der Mehrzahl der Branchen aus der Entwicklung der Erwerbstätigen durch die Anwendung der spezifischen Produktivität abgeleitet. Diese konsistente Verknüpfung ist auf Grundlage der amtlichen Statistik nur für 20 Wirtschaftsbereiche, wie sie in den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen der Länder

⁹ Durch die Analyse auf Ebene von Wirtschaftsbereichen sind strukturelle und standortbedingte Wachstumsverschiebungen wie in der klassischen Shift-Share-Analyse nicht mehr trennscharf darstellbar. Der eigentliche Struktureffekt ergibt sich erst bei der Aggregation der 25 Wirtschaftsbereiche.

geführt werden, möglich. Das Bruttoinlandsprodukt ergibt sich aus der Entwicklung der Summe der Bruttowertschöpfung in allen Wirtschaftsbereichen.

In der Industrie werden zunächst die Umsätze respektive der Produktionswert von fünf Wirtschaftszweigen geschätzt. Durch die Schätzansätze können die Branchenentwicklungen von bis zu 16 Einzelbranchen regionalspezifisch Einfluss nehmen. Aus dem Produktionswerten werden die Bruttowertschöpfung und anschließend die Erwerbstätigkeit abgeleitet. Ein weiterer Wirtschaftsabschnitt, der für die Ländermodellierung aufgegliedert wird, ist der der „Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen“. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass Arbeitnehmer/-innen im Bereich der Vermittlung und vor allem die Überlassung von Arbeitskräften (WZ-78) für andere Wirtschaftszweige tätig sind und daher anders abgebildet werden müssen als Arbeitnehmer für Reisebüros und Sicherheitsdienste (WZ-79–WZ-82).

Tabelle 5 zeigt einen Überblick über die 25 Wirtschaftsbereiche in LÄNDER. In 14 Bereichen werden branchenspezifische regionale Indikatoren auf ihre Signifikanz geprüft. Im Verarbeitenden Gewerbe, wo sowohl für die Umsatz- als auch die Erwerbstätigenentwicklung Schätzansätze verwendet werden, werden aus den detaillierten Strukturen innerhalb der fünf Teilbereiche Strukturkomponenten abgeleitet und in die Schätzung eingebracht. Die Bauinvestitionen werden mit der bundesweiten Baukonjunktur und dem Anteil der Bevölkerung geschätzt und für die Shift-Analyse des Baugewerbes verwendet. Bei mehreren Bereichen der personenbezogenen Dienstleistungen wird der Einfluss der regionalen Bevölkerungsentwicklung geprüft.

Tabelle 5: Liste der Wirtschaftsbereiche in LÄNDER und die Prüfung regionalspezifischer Indikatoren in den Schätzgleichung

Lfd. Nr.	WZ08-1	WZ08-2	Bezeichnung	Regionalspezifische Indikatoren
1	A		Land- und Forstwirtschaft, Fischerei (A)	
2	B		Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden (B)	
3	C	10–12	Herst. von Nahrungs- und Futtermitteln; Getränkeherst.; Tabakverarbeitung (CA)	
4		24–25	Metallerzeugung und -bearbeitung, Herstellung von Metallerzeugnissen (CH)	Strukturkomponente
5		28	Maschinenbau (CK)	
6		28–29	Fahrzeugbau (CL)	
7		13–23, 26, 27, 30–33	übriges Verarbeitendes Gewerbe (CX)	Strukturkomponente
8	D		Energieversorgung (D)	
9	E		Wasserversorgung; Abwasser- und Abfallentsorgung u.Ä. (E)	Erwerbstätige insgesamt
10	F		Baugewerbe (F)	Bauinvestitionen (separat geschätzt)
11	G		Handel; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen (G)	VI
12	H		Verkehr und Lagerei (H)	VI
13	I		Gastgewerbe (I)	
14	J		Information und Kommunikation (J)	
15	K		Finanz- und Versicherungsdienstleister (K)	
16	L		Grundstücks- und Wohnungswesen (L)	Anzahl privater Haushalte

17	M		Freiberufliche, wissenschaftl. und technische Dienstleister (M)	VI
18	N	78	Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften (78)	VI
19		79–82	Sonstige wirtschaftliche Unternehmensdienstleister (NX)	VI
20	O		Öffentliche Verwaltung, Verteidigung; Sozialversicherung (O)	Bevölkerung insgesamt
21	P		Erziehung und Unterricht (P)	VI, Bevölkerung unter 25 Jahre
22	Q		Gesundheits- und Sozialwesen (Q)	Bevölkerung 65 Jahre und älter
23	R		Kunst, Unterhaltung und Erholung (R)	
24	S		Sonstige Dienstleister a.n.g. (S)	BIP
25	T		Private Haushalte mit Hauspersonal (T)	
				VI = Vorleistungsindikator

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

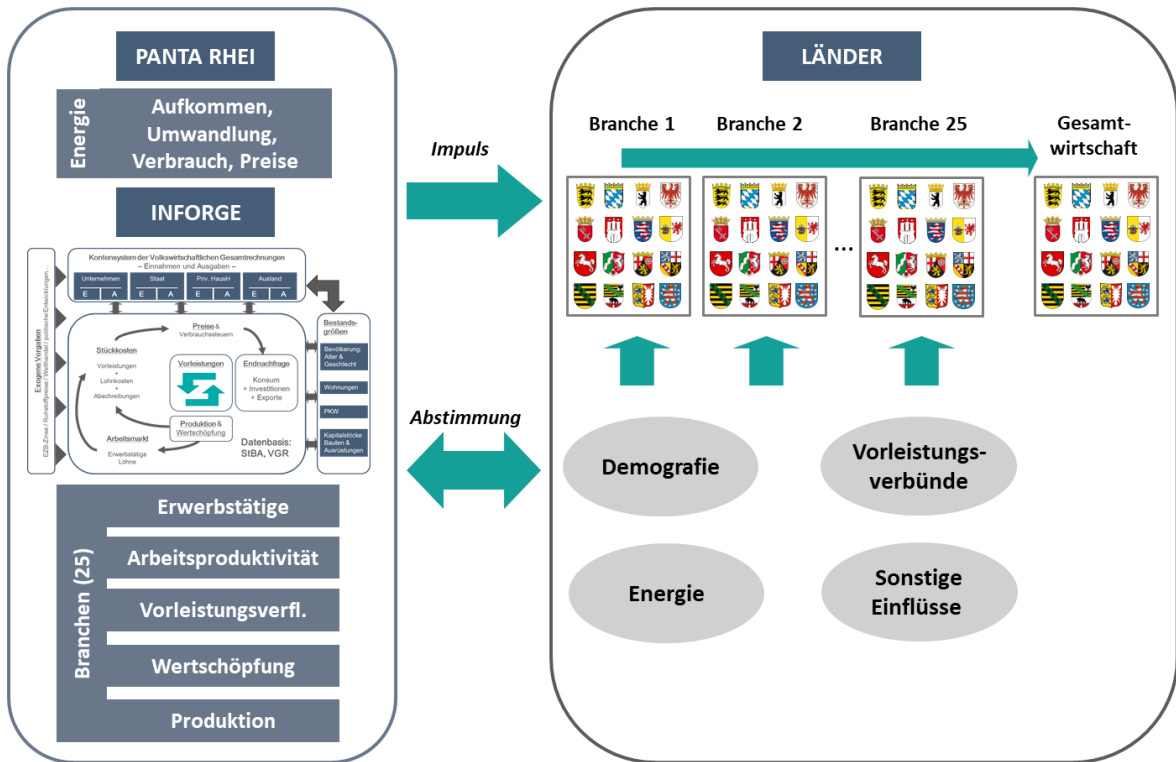
8.3 MODELLINTEGRATION

Die Ergebnisse aus PANTA RHEI mit seinem ökonomischen Kern INFORGE geben in LÄNDER auf Ebene von 25 Wirtschaftsbereichen die Impulse zur Entwicklung in den 16 Bundesländern. Die Kenngrößen

- Anzahl Erwerbstätige,
- Bruttowertschöpfung,
- Anzahl Arbeitnehmer,
- Anzahl Selbstständige und
- Arbeitnehmerentgelte

werden in jedem Bundesland im Gleichungssystem von LÄNDER bestimmt und ggf. an die Summe für Deutschland angeglichen. Die Kontrolle dieser Summenangleichung ist Teil der Evaluation, da eine geringe Abweichung zwischen originärer Schätzung und Randsumme für gute Schätzgleichungen spricht. Die Kenngrößen Erwerbstätigkeit und Wertschöpfung ergeben sich in den Bundesländern bottom-up aus den 25 Einzelwerten, so dass sich der Strukturwandel in der Projektion bzw. die branchenspezifische Impulse in Simulationen immer entsprechend der vorliegenden regionalen Strukturen widerspiegeln. Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) ergibt sich als Schätzung aus der Summe der Bruttowertschöpfung.

Abbildung 23: Überblick über die Modellstruktur von LÄNDER



Quelle: Eigene Darstellung.

Infolge der primären Untergliederung nach Branchen und Bundesländern besteht immer die Möglichkeit, das Modell für einzelne Wirtschaftszweige zu erweitern, zu verbessern oder an spezifische Fragestellung anzupassen.

Die Entwicklung der Bevölkerung in den Bundesländern wird im Modell exogen vorgegeben. In der Vergangenheit wurden die Ergebnisse der Koordinierten Vorausberechnungen des Statistischen Bundesamtes zugrunde gelegt. Diese liegen für einen Teil der Varianten auch für die Bundesländer vor, so dass ein konsistenter Rahmen für die Demografie in den Modellen LÄNDER und INFORGE hergestellt werden konnte. Szenarien mit unterschiedlichen Bevölkerungsentwicklungen wurden beispielsweise für Hamburg ausgewertet (Sonnenburg et al. 2015). Für Szenarien der Siedlungsentwicklung sind auch wiederholt Ergebnisse der Raumordnungsprognose des BBSR verwendet worden (Distelkamp et al. 2009, Hoymann et al. 2012).

LITERATURVERZEICHNIS

- Agora Energiewende (2016): Was bedeuten Deutschlands Klimaschutzziele für die Braunkohleregionen? https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2015/Kohlensens/Agora_Braunkohleregionen_WEB.pdf
- Dena (2016): Potenzialatlas Power to Gas – Klimaschutz umsetzen, erneuerbare Energien integrieren, regionale Wertschöpfung ermöglichen. Berlin.
- Deppermann, A., Offermann, F., Puttkammer, J. & Grethe, H. (2016): EU biofuel policies: Income effects and lobbying decisions in the German agricultural sector. *Renewable Energy* 87/1, S. 259–265.
- Distelkamp, M., Großmann, A., Hohmann, F., Lutz, C., Ulrich, P. & Wolter, M. I. (2009): PANTA RHEI REGIO - Ein Modellsystem zur Projektion der künftigen Flächeninanspruchnahme in Deutschland und zur Folgenabschätzung fiskalischer Maßnahmen. GWS Discussion Paper 2009/7, Osnabrück.
- DIW (2012): Die Zukunft der Braunkohle in Deutschland im Rahmen der Energiewende Politikberatung kompakt 69, Berlin.
- EEFA (2011): Bedeutung der rheinischen Braunkohle – sektorale und regionale Beschäftigungs- und Produktionseffekte. Untersuchung im Auftrag der RWE Power AG, Münster.
- Eisland, R., Boßmann, T., Klingler, A., Herbst, A., Klobasa, M. & Wietschel, M. (2017): Netzentwicklungsplan Strom – Entwicklung der regionalen Stromnachfrage und Lastprofile. Studie im Auftrag der Deutschen Übertragungsnetzbetreiber, Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI.
- Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“ (2016): Stellungnahme zum fünften Monitoring-Bericht der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2015. Berlin, Münster, Stuttgart.
- Gornig, M, Görzig, B., Michelsen, C., Steinke, H., Kaiser, C. & Klarhöfer, K. (2017): Strukturdaten zur Produktion und Beschäftigung im Baugewerbe – Berechnungen für das Jahr 2016. BBSR-Online-Publikation Nr. 15/2017, Bonn.
- Graf, K. & Sandler, S. (2017): Delphi-Kurzstudie – Praxis und Potenzial von Power-to-Gas. Kurzstudie im Auftrag der Zukunft ERDGAS GmbH, Berlin.
- Growitsch, C., Meier, H. & Schleich, S. (2015): Regionale Verteilungswirkungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes. *Perspektiven der Wirtschaftspolitik* 16, S. 72–87. <https://doi.org/10.1515/pwp-2015-0007>.
- Hirschl, B., Heinbach, K., Prah, A., Salecki, S., Schröder, A., Aretz, A. & Weiß, J. (2015): Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien. Ermittlung der Effekte auf Länder- und Bundesebene. Schriftenreihe des IÖW 210/15, Berlin. https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BILDER_und_Downloaddateien/Publikationen/Schriftenreihen/IOEW_SR_210_Wertsch%C3%B6pfung_durch_erneuerbare_Energien_auf_Landes-_und_Bundesebene.pdf

- Horst, J. (2015): Verteilungswirkung der besonderen Ausgleichsregelung. http://www.impres-projekt.de/impres-wAssets/docs/ImpRES_BesAR_IZES.pdf
- Hoymann, J., Dosch, F. & Beckmann, G. (2012): Trends der Siedlungsflächenentwicklung. Status quo und Projektion 2030. BBSR-Analysen KOMPAKT 09/2012, Bonn.
- ifo-Institut (2013): Endbericht zum Forschungsvorhaben „Industrie- und Wirtschaftsregion Lausitz: Bestandsaufnahme und Perspektiven“ im Auftrag der Wirtschaftsinitiative Lausitz e.V. (WiL), Dresden.
- Institut für Arbeit und Technik IAT (2014): Präventiver Strukturwandel. Strukturpolitische Möglichkeiten für die Innovationsregion Rheinisches Revier. Gutachten an den Landtag Nordrhein-Westfalen.
- IÖW (2013): Regionalwirtschaftliche Effekte der Braunkohle Stellungnahme zum Braunkohleplan, Dresden.
- ISW & IHU (2015): Regionalwirtschaftliche Effekte der Nutzung von Braunkohle unter Berücksichtigung als Chemierohstoff. Studie im Auftrag der MIBRAG, Halle.
- IWU & IFAM (2018): Monitoring der KfW-Programme „Energieeffizient Sanieren“ und „Energieeffizient Bauen“ 2016. Studie im Auftrag der KfW Bankengruppe, Darmstadt, Bremen.
- Lehr, U., Edler, D., O’Sullivan, M., Peter, F., Bickel, P., Ulrich, P., Lutz, C., Thobe, I., Simon, S., Naegler, T., Pfenning, U. & Sakowski, F. (2015): Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland: Ausbau und Betrieb heute und morgen. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Osnabrück, Berlin, Stuttgart.
- Lehr, U., Lutz, C. & Ulrich, P. (2013): Gesamtwirtschaftliche Wirkungen von Klimaschutzmaßnahmen und -instrumenten: Politikszenerarien für den Klimaschutz VI. Climate Change 21/2013, Dessau-Roßlau.
- Lehr, U., Ulrich, P. & Wolter, M. I. (2012): Auswirkungen der Energiewende auf die Wirtschaftsregion Osnabrück - Emsland - Grafschaft Bentheim. Studie im Auftrag der Industrie- und Handelskammer Osnabrück - Emsland - Grafschaft Bentheim, Osnabrück.
- Löckener, R., Ulrich, P., Lehr, U., Sundmacher, T., Timmer, B. & Vorderwülbecke, A. (2016): Energiewende in Baden-Württemberg - Auswirkungen auf die Beschäftigung. Study der Hans-Böckler-Stiftung, Bd. 344, Düsseldorf.
- Lutz, C., Flaute, M., Lehr, U., Kemmler, A., Kirchner, A. auf der Maur, A., Ziegenhagen, I., Wunsch, M., Koziel, S., Piégsa, A. & Straßburg, S. (2018): Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende, Studie im Auftrag des BMWi, Osnabrück, Basel (unveröffentlicht).
- Lutz, C., Lindenberger, D., Schlesinger, M., Großmann, A., Lehr, U., Knaut, A., Malischek, R., Paulus, S., Tode, C., Wagner, J., Kemmler, A., Ley, A., Piégsa, A., Straßburg, S. & Koziel, S. (2014): Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende. [zitiert als GWS, EWI & Prognos (2014)] Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Osnabrück, Köln, Basel.

- Menges, R. & Untiedt, G. (2016): Ökostromförderung in Schleswig-Holstein: Empirische Analyse der regionalen Verteilungswirkungen der EEG-Zahlungsströme. Studie im Auftrag der EKSH – Gesellschaft für Energie- und Klimaschutz Schleswig-Holstein GmbH.
- Michelsen, C. & Ritter, N. (2017): Wärmemonitor 2016: Die „zweite Miete“ sinkt trotz gestiegenem Heizenergiebedarf. DIW Wochenbericht 38–2017, Berlin.
- Öko-Institut & Prognos (2017): Zukunft Stromsystem. Kohleausstieg 2035. Vom Ziel her denken, Hrsg.: WWF Deutschland.
<https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Stromsystem-Kohleausstieg-2035.pdf>
- O’Sullivan, M., Edler, D. & Lehr, U. (2018): Ökonomische Indikatoren des Energiesystems – Methode, Abgrenzung und Ergebnisse für den Zeitraum 2000–2016. GWS Research Report 2018/1, Osnabrück.
- Plankl, R. (2013): Regionale Verteilungswirkungen durch das Vergütungs- und Umlagesystem des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG). Thünen Working Paper 13, Braunschweig. http://literatur.ti.bund.de/digbib_extern/dn052693.pdf
- Prognos & InWIS (2014): Lehren aus dem Strukturwandel im Ruhrgebiet für die Regionalpolitik. Projekt-Nr. 08/14 im Auftrag des BMWi, Bremen, Berlin, Bochum.
- Prognos (2011): Bedeutung der Braunkohle in Ostdeutschland. Studie im Auftrag von Vattenfall Europe AG, Berlin.
- Schill, W.-P., Diekmann, J. & Püttner, A. (2017): Fünfte Vergleichsstudie zu erneuerbaren Energien: Baden-Württemberg führt erstmals. DIW Wochenbericht 46/2017, Berlin.
- Sievers, L. & Pfaff, M. (2016): Gesamtwirtschaftliche Nettoeffekte der Energiewende nach Regionen, Wirtschaftszweigen und Einkommensgruppen – Eine modellgestützte Analyse im Rahmen des Projekts „Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien (ImpRES)“, gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.
- Sonnenburg, A., Stöver, B., Ulrich, P. & Wolter, M. I. (2015): Auswirkungen des demographischen Wandels auf Branchen in Deutschland und potenzielle Rückwirkungen auf Hamburg - Endbericht. Studie im Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg, Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation, Hamburg.
- Techem Energy Services (2018): Techem Energiekennwerte 2017, Eschborn.
- Többen, J. (2017): Regional Net Impacts and Social Distribution Effects of Promoting Renewable Energies in Germany. *Ecological Economics*, 135, 195–208.
- Ulrich, P. & Lehr, U. (2013): Erneuerbar beschäftigt in den Bundesländern! Bericht zur aktualisierten Abschätzung der Bruttobeschäftigung 2012 in den Bundesländern. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Osnabrück.
- Ulrich, P. & Lehr, U. (2014): Erneuerbar beschäftigt in den Bundesländern: Bericht zur aktualisierten Abschätzung der Bruttobeschäftigung 2013 in den Bundesländern. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Osnabrück.

- Ulrich, P. & Lehr, U. (2018): Erneuerbar beschäftigt in den Bundesländern – Bericht zur aktualisierten Abschätzung der Bruttobeschäftigung 2016 in den Bundesländern. GWS Research Report 2018/2, Osnabrück.
- Ulrich, P. (2012): Strukturelle Betrachtung des Energieverbrauchs der Industrie in den Bundesländern – Eine Analyse für Niedersachsen und Möglichkeiten einer Projektion. GWS Discussion Paper 12/2, Osnabrück.
- Ulrich, P. & Wolter, M. I. (2013): LÄNDER-Modell 2013 - Grundlagen, Ansätze und erste Analysen zum aktuellen Modell. GWS Discussion Paper 13/6, Osnabrück.
- Ulrich, P., Distelkamp, M., Lehr, U., Bickel, P. & Püttner, A. (2012): Erneuerbar beschäftigt in den Bundesländern! Bericht zur daten- und modellgestützten Abschätzung der aktuellen Bruttobeschäftigung in den Bundesländern. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Osnabrück, Stuttgart.
- Vallentin, D., Wehner, T., Schüle, R. & Mölter, H. (2016): Strategische Ansätze für die Gestaltung des Strukturwandels in der Lausitz – Was lässt sich aus den Erfahrungen in Nordrhein-Westfalen und dem Rheinischen Revier lernen? Wuppertal Institut im Auftrag von Bündnis 90/die Grünen im Brandenburger Landtag. https://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Strukturwandel_Lausitz.pdf

