

GWS DISCUSSION PAPER 2022/02

Das neue LÄNDER-Modell

Beispielszenario zum Ausbau der
Photovoltaik

Philip Ulrich

Florian Bernardt

Frederik Parton

Anja Sonnenburg

Johannes Többen

Impressum

AUTOREN

Philip Ulrich

Tel: +49 541 40933-200, E-Mail: ulrich@gws-os.com

Florian Bernardt

Tel: +49 541 40933-285, E-Mail: bernhardt@gws-os.com

Frederik Parton

Tel: +49 541 40933-289, E-Mail: parton@gws-os.com

Anja Sonnenburg

Tel: +49 541 40933-297, E-Mail: sonnenburg@gws-os.com

Dr. Johannes Többen

Tel: +49 541 40933-284, E-Mail: toebben@gws-os.com

TITEL

Das neue LÄNDER-Modell – Beispielszenario zum Ausbau der Photovoltaik

VERÖFFENTLICHUNGSDATUM

© GWS mbH Osnabrück, Juni 2022

HAFTUNGSAUSSCHLUSS

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

FÖRDERHINWEIS

Die Ergebnisse wurden im Rahmen des Fachkräftemonitorings im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales geförderten Forschungsprojekts erarbeitet.

HERAUSGEBER DER GWS DISCUSSION PAPER SERIES

Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH

Heinrichstr. 30

49080 Osnabrück

ISSN 1867-7290

Das Discussion Paper im Überblick

1	Einleitung	1
2	Übersicht über das Modell	2
3	Das bundesweite Szenario	3
3.1	Annahmen	3
3.2	Ergebnisse	4
4	Regionale Annahmen	6
5	Ergebnisse für die Bundesländer	8
6	Fazit und Ausblick	12
7	Anhang: Das Modell LÄNDER	14
7.1	Überblick	14
7.1.1	Die multiregionale Input-Output-Tabelle	14
7.1.2	Die Modellierung	15
7.2	Schätzung der regionalen Endnachfrage	16
7.2.1	Privater Konsum	16
7.2.2	Konsum des Staates	17
7.2.3	Ausrüstungsinvestitionen	17
7.2.4	Bauinvestitionen	18
7.2.5	Exporte	18
7.3	Übertragung der Endnachfragekomponenten in den Ländern in die I-O-Systematik	19
7.4	Ableitung der Produktion in den Bundesländern	21
7.5	Schätzung der Erwerbstätigkeit	22
7.6	Gliederungssystematik	24
8	Literaturverzeichnis	25

1 EINLEITUNG

Ging es noch im letzten Jahr in Verhandlungen um die Frage, ob das letzte Kohlekraftwerk in 10 oder 18 Jahren vom Netz geht, so stellt der Krieg in der Ukraine die deutsche Energiepolitik nun vor grundlegendere Fragen und nicht erwartete Herausforderungen. In der Folge werden Maßnahmen zur Beschleunigung des Ausbaupfades weiter verstärkt. Selbst wenn Deutschland im Stromsektor einen EE-Anteil von 65 % im Jahr 2030 erreicht, würden immer noch große Teile der Stromversorgung auf Erdgas und Steinkohle basieren (vgl. Kemmler et al. 2020), welche bis zuletzt vorwiegend aus Russland importiert werden.

Die Liste der notwendigen Maßnahmen zur Verringerung des Einsatzes von fossilen Energieträgern ist anspruchsvoll. Gleichzeitig sind die kurz- bis mittelfristigen ökonomischen Rahmenbedingungen und Stabilisierungsmaßnahmen angesichts des russischen Angriffskrieges in der Ukraine nur schwer abschätzbar (Wolter et al. 2022). Ein verstärkter Ausbau von Photovoltaik-Anlagen in Deutschland ist in jedem Fall ein realistisches Szenario – vor allem, weil für Eigenheimbesitzer/-innen, Wohnungsunternehmen und Gewerbebetriebe nun die Förderkulisse und Fragen der Rentabilität in den Hintergrund treten dürften. Aber wie wirkt sich ein verstärkter Ausbau von PV-Anlagen gesamtwirtschaftlich aus und wie verteilen sich die Effekte auf Regionen?

Insbesondere für Deutschland insgesamt ist dies keine neue Fragestellung – setzten sich öffentliche Institutionen (Verbände, Politik) doch bald über Jahrzehnte dafür ein, dass die positiven Impulse für die Wirtschaft, die daraus erwachsen können, quantifiziert werden. Dabei wurde in Studien vor allem die Nutzenseite analysiert, teilweise auch in Szenarien gesamtwirtschaftlich bilanziert (Lehr et al. 2015; Becker & Lutz 2021).

Ähnlich verhält es sich mit Studien, in denen regionale Effekte analysiert werden, auch wenn bundesweite Ansätze generell weniger häufig verfolgt wurden. Ein Grund dürfte sein, dass selten Szenarien erstellt werden, die ein konsistentes Annahmengerüst zu regionalen Verteilungen z. B. von Investitionen in erneuerbare Energien beinhalten (vgl. Ulrich 2022). Des Weiteren ist die fundierte Analyse von Szenarien in einem regionalökonomischen Modell aufwändig.

Mit dem LÄNDER-Modell als Verbund mit den gesamtwirtschaftlichen Modellen INFORGE (Becker et al. 2022) bzw. PANTA RHEI wurden Fragen der gesamtwirtschaftlichen Wirkung der Energiesystemtransformation mehrmals analysiert (Ulrich et al. 2018, Ulrich 2022). Dieses Bundesländer-Modell ist nun neu konzipiert und umfassend erweitert worden. Der Beitrag hat zum Ziel, dieses Modell in der aktuellen Version vorzustellen, Ergebnisse einer einfachen Szenarioanalyse darzustellen und einen kleinen Beitrag zur Diskussion der gesamtwirtschaftlichen Wirkungen der Energiewende zu liefern. Im Zentrum steht jedoch die Diskussion der Modelleigenschaften.

Nach einem ersten Überblick über das LÄNDER-Modell (Abschnitt 2) folgt eine Vorstellung der bundesweiten Szenariorechnung mit den entsprechenden Ergebnissen (Abschnitt 3) sowie eine Diskussion der Annahmen zur regionalen Verteilung von zusätzlichen Investitionen (Abschnitt 4). In Abschnitt 5 werden die regionalen Ergebnisse dargestellt und im Anschluss die Annahmen und Modellergebnisse in der Gesamtschau diskutiert sowie ein

Ausblick auf zukünftige Arbeiten ergänzt. Das letzte Kapitel (zugleich der Anhang) beinhaltet eine ausführlichere Modellbeschreibung.

2 ÜBERSICHT ÜBER DAS MODELL

Das LÄNDER-Modell wird zur Analyse und Projektion des Strukturwandels auf der Ebene der 16 Bundesländer verwendet. Es ist direkt mit dem gesamtdeutschen Modell INFORGE verbunden und nutzt die dort ermittelten Werte zur gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (Nachfrage und Außenhandel sowie Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung). Im Verbund mit dem Modell INFORGE (Becker et al. 2022) und dem umweltökonomischen Modell PANTA RHEI (Lehr et al. 2011) wurden mit dem Modell LÄNDER seit über 15 Jahren regelmäßig tiefgehende Analysen zu den Themen Arbeitsmarkt (Zika et al. 2020), Demografie (Sonnenburg et al. 2015), Klimaschutz (Ulrich et al. 2018; Naegler et al. 2021) und Siedlungsentwicklung (Becker et al. 2022; Lutz et al. 2019) durchgeführt. Die Prinzipien der Modellierung sind über die Phasen der Weiterentwicklung gleich geblieben: detaillierte Branchen- und Strukturwandelbetrachtung sowie empirischen Fundierung. Das LÄNDER-Modell ist in das Modell QMORE integriert und damit Teil des QuBe-Projektes (www.qube-projekt.de) und des Fachkräftemonitorings im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (Zika et al. 2020).

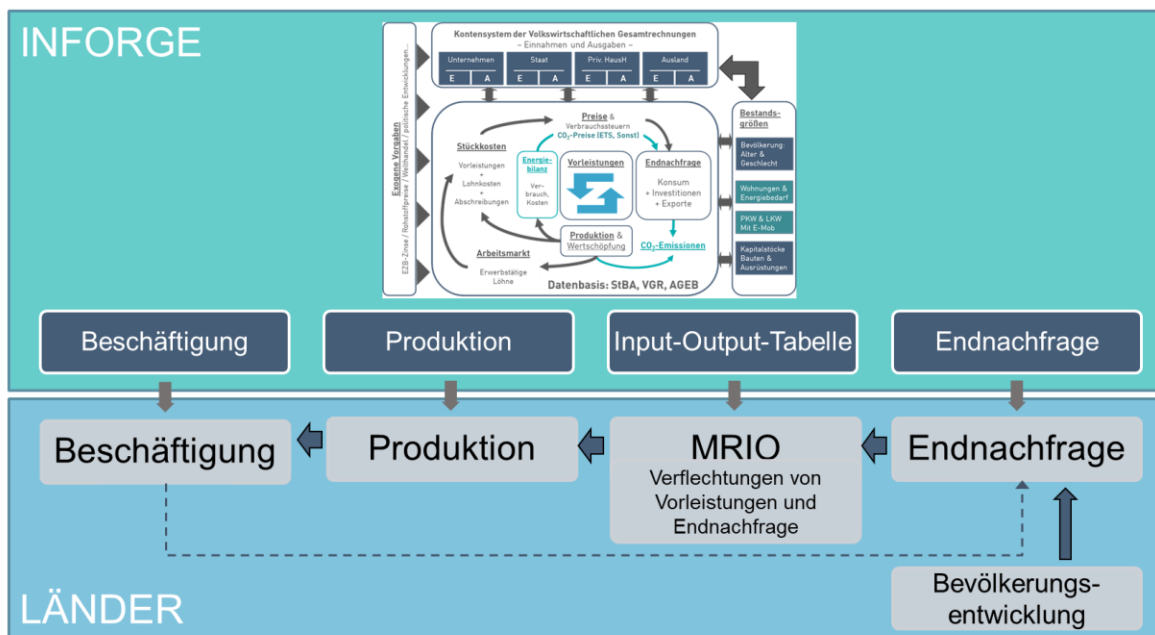
Bis Anfang 2021 fußte die Modellierung auf eine Schätzung der Anzahl der Erwerbstätigen auf Ebene von 37 Wirtschaftszweigen unter Verwendung branchenbezogener Indikatoren zur Erfassung regionalspezifischer Entwicklungen im Zusammenhang mit demografischen Entwicklungen und intraregionalen Entwicklungszusammenhängen (Ulrich & Wolter 2013; Zika et al. 2020). Die Ergebnisse dieser dynamischen Shift-Share-Regressionen der Erwerbstätigkeit wurden anschließend zur Schätzung der Bruttowertschöpfung, des Bruttoinlandsproduktes und der Lohnsummen verwendet.

Dieser Modellansatz konnte die Verflechtungen zwischen den Regionen, die einen entscheidenden Entwicklungszusammenhang darstellen, nicht explizit berücksichtigen. Zudem war es nötig, Shocks oder räumliche Umverteilungen bei der Endnachfrage (insbesondere Investitionen) zunächst in den Kontext der räumlichen Verteilung der Beschäftigung zu setzen, um Szenariorechnungen durchführen zu können. In das neu entwickelte Ländermodell ist nun eine multiregionale Input-Output-Tabelle (MRIO) vollständig integriert worden. Dadurch werden Handelsbeziehungen zwischen den Bundesländern abgebildet, wodurch beispielsweise berücksichtigt ist, dass für die Realisierung von Bauinvestitionen in Berlin auch Bauleistungen aus Brandenburg nachgefragt werden. Aufkommen und Verwendung sind in den Regionen konsequent miteinander verknüpft und die Produktion der Wirtschaftszweige ist konsistenter Bestandteil der Modellierung. Das Modell wird weiterhin nach 37 Wirtschaftsbereichen bzw. Gütergruppen unterteilt (vgl. Zika et al. 2020 und Tabelle 4 in Abschnitt 7.6).

Die zentralen Bausteine des LÄNDER-Modells und die inhaltlichen Verknüpfungsrichtungen sind in Abbildung 1 schematisch dargestellt. Zunächst wird die Endnachfrage fortgeschrieben. Im Anschluss erfolgt die Verbuchung und räumliche Umverteilung der Endnach-

frage in der MRIO. Nach der Schätzung der in den Bundesländern wirksamen Endnachfrage wird über die räumliche Vorleistungsverflechtung die Produktion nach Gütergruppen und der Wirtschaftszweige bestimmt. Die regionale Entwicklung der Produktion geht als Treiber in die Entwicklung der Anzahl der Erwerbstätigen ein. Diese Entwicklungen sind wiederum Treiber für die regionale Investitionsnachfrage. Der äußere Rahmen für das Regionalmodell bildet das gesamtwirtschaftliche Modell INFORGE. Die bundesweiten Variablen sind Erklärende für die regionalen Schätzungen und Grundlage für Summenanpassungen. Diese Skalierungen sind jedoch nur im Bereich der Endnachfragesummen und bei der Beschäftigung notwendig, da die MRIO ein vollständiges regionales Abbild der bundesweiten Matrix ist. Kapitel 0 enthält eine ausführliche Beschreibung der Modellierung.

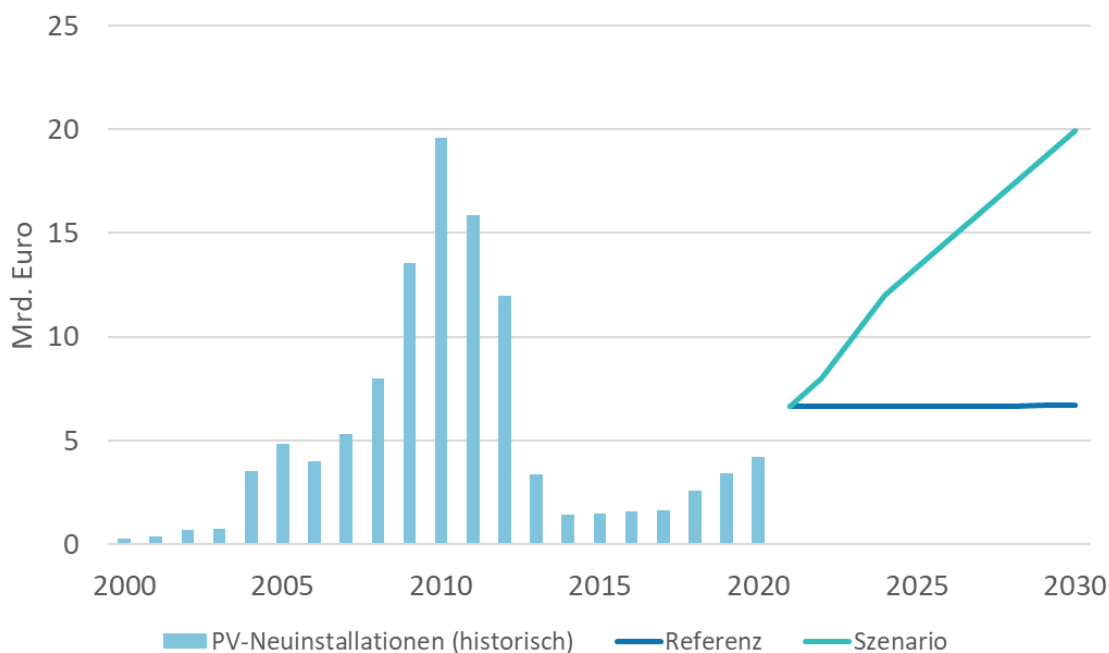
Abbildung 1: Überblick über die Modellstruktur



3 DAS BUNDESWEITE SZENARIO

3.1 ANNAHMEN

Nach vier Jahren sehr geringen Ausbaus haben die Neuinstallationen seit 2017 wieder zugenommen und erreichten im Jahr 2020 4,8 GW (BMW i & AGEE-Stat 2021). Für 2021 wird ein Bruttozubau von ca. 5,3 GW erwartet (PV-Magazine 2022). Die Investitionen in PV ist nach Schätzungen des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) bis 2020 auf 4,2 Mrd. Euro gestiegen (vgl. Abbildung 2). In der Referenzentwicklung wird angenommen, dass zwischen 2021 und 2030 jährlich 6,7 Mrd. Euro (preisbereinigt) investiert werden. In der Ausbau-Simulation steigen die Investitionen bis 2030 auf knapp 20 Mrd. Euro und damit fast dreimal so hoch wie in der Referenzentwicklung. Auch wenn es eine deutliche Steigerung bedeutet – die Größenordnung im Jahr 2030 liegt nur wenig über jener im Jahr 2010, wobei in Abbildung 2 historisch keine Preisbereinigung vorgenommen wurde.

Abbildung 2: Entwicklung der Investitionen in PV-Anlagen, historisch und in den Szenarien

Quelle: ZSW 2022, eigene Berechnungen

Es wird angenommen, dass sich die Mehrinvestitionen (bis 13,2 Mrd. Euro im Jahr 2030) zu gleichen Teilen auf Bauten und Ausrüstungen (inkl. sonstige Anlagen) verteilen. Die Investitionen werden der Energiewirtschaft zugeordnet, auch wenn die Anschaffungen in der Vergangenheit mehrheitlich auf private Haushalte und Gewerbebetriebe entfallen sind. Über die Verbuchung in der Energiewirtschaft wird jedoch erreicht, dass zum einen passende Nachfragestrukturen hinterlegt sind, und zum anderen, dass über die Abschreibungen die Preisentwicklung angepasst wird. Die EEG-Umlage ist von der Simulation unbeeinträchtigt.

Aus den Investitionen wird eine gütergruppenspezifische Nachfrage generiert, welche die Verflechtung von Investitionen der Energiewirtschaft im Allgemeinen repräsentiert. Es wird also angenommen, dass für die Investitionen jene Güter und Dienstleistungen gebraucht werden, die üblicherweise in der Energiewirtschaft (Ausrüstungen) oder generell (Bauten) gebraucht werden. Davon werden diejenigen Importe abgezogen, die getrennt für Gütergruppen für die Gesamtwirtschaft geschätzt werden. In der Simulation entspricht das Vorgehen einer Anwendung gütergruppenspezifischer Importquoten für die Gesamtwirtschaft. Aus den Strukturen und den Importquoten im Jahr 2018 ergibt sich, dass ohne Anpassungsprozesse in der Gesamtwirtschaft etwa 37 % der primären Nachfrage von Importen bedient wird.

3.2 ERGEBNISSE

Im Folgenden sind die Ergebnisse eines erhöhten PV-Ausbaus auf Bundesebene bis 2030 dargestellt. In der PV-Simulation wird ein um 9,7 Mrd. Euro höheres BIP erreicht, was etwa 0,3 % Abweichung entspricht. Die positive Abweichung geht auf rund 13 Mrd. Euro zusätzliche Investitionen und einen etwas höheren Konsum (+3,7 Mrd. Euro) zurück. Gedämpft

wird der Effekt durch etwa 6 Mrd. Euro mehr Importen und etwa 1 Mrd. Euro geringere Exporte (-0,1 %) gedämpft. Der erhöhte Konsum geht auf eine um ca. 30 000 höhere Erwerbstätigkeit (+0,1 %) und entsprechend höhere Lohnzahlungen zurück. Der Preisindex der Lebenshaltung erreicht bis 2030 eine Abweichung um 0,16 Prozentpunkte. Die Produktionspreise reagieren ähnlich – sie sorgen ab 2025 für den leichten Rückgang der Exporte und führen dazu, dass trotz einer weiteren Verdopplung der Investitionen deutlich weniger Effekt auf das BIP und die Beschäftigung erreicht wird. Die Einsparungen von Energieimporten werden bis 2030 durch die aus inländischer Nachfrage ausgelösten zusätzlichen Importe kompensiert. Mit der Rückführung auf den alten Investitionspfad nach 2030 sinken die Importe unter die Werte der Referenz. Die Entwicklungen nach 2030 werden regional nicht ausgewertet, daher hier die verkürzte Auswertung.

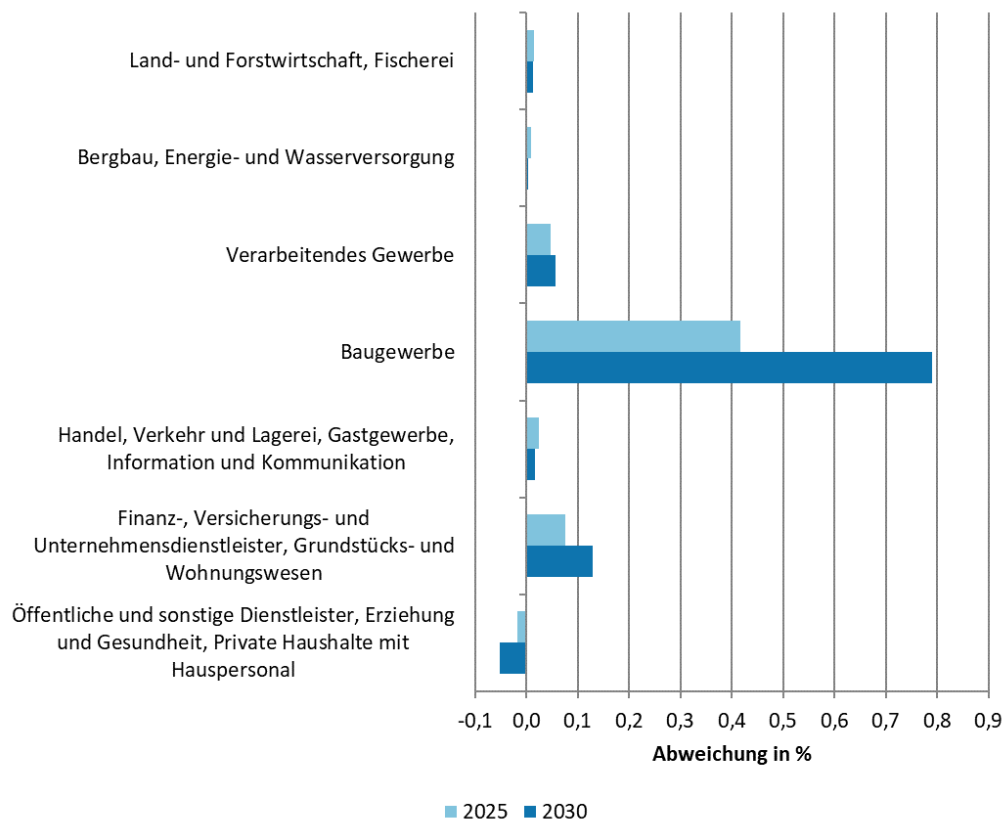
Tabelle 1: Übersicht über die Effekte auf die BIP-Komponenten und andere zentrale gesamtwirtschaftliche Kenngrößen

Simulation (PV-Ausbau) - Referenz	Absolutwerte					Abweichung in %				
	2020	2022	2023	2025	2030	2020	2022	2023	2025	2030
Komponenten des preisbereinigten BIP	Abweichungen in Mrd. €									
Bruttoinlandsprodukt	0,0	1,3	3,3	6,4	9,7	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3
Privater Konsum	0,0	0,2	0,8	2,1	3,7	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2
Staatskonsum	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ausrüstungen	0,0	0,8	2,0	4,0	7,9	0,0	0,2	0,5	1,0	1,8
Bauten	0,0	0,6	1,4	2,8	5,2	0,0	0,2	0,4	0,8	1,5
Exporte	0,0	0,1	0,1	0,0	-1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1
Importe	0,0	0,5	1,3	2,8	6,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3
Preisindizes	Abw. in Prozentpunkten									
Privater Konsum	0,0	-0,01	-0,01	0,01	0,16	0,0	-0,01	-0,01	0,01	0,13
Produktion	0,0	-0,01	-0,01	0,03	0,25	0,0	0,00	-0,01	0,02	0,18
Arbeitsmarkt	absolute Abweichungen									
Erwerbstätige (Inland) in 1000	0,0	4	12	21	29	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1

Quelle: eigene Berechnungen

Werden die Effekte auf die Beschäftigung in sieben Gruppen von Wirtschaftszweigen (vgl. Abbildung 3) unterteilt, zeigt das Baugewerbe die größten relativen Abweichungen (+0,8 %), gefolgt von den Finanz-, Versicherungs- und Unternehmensdienstleistern (+0,1 %). In der Industrie erreichen die Abweichungen nur noch 0,06 %. Diese Wirtschaftsbereiche reagieren direkt auf die gesteigerte Nachfrage durch die Investitionen. Die sehr geringen relativen Abweichungen in den übrigen Wirtschaftsbereichen ergeben sich vor allem aus Zweit- und Drittrundeneffekten, die durch Veränderungen des Preis-Lohn-Gefüges resultieren.

Abbildung 3: Relative Abweichungen nach sieben Wirtschaftsbereichen, Simulation (PV-Ausbau) ggü. Referenz



Quelle: eigene Berechnungen

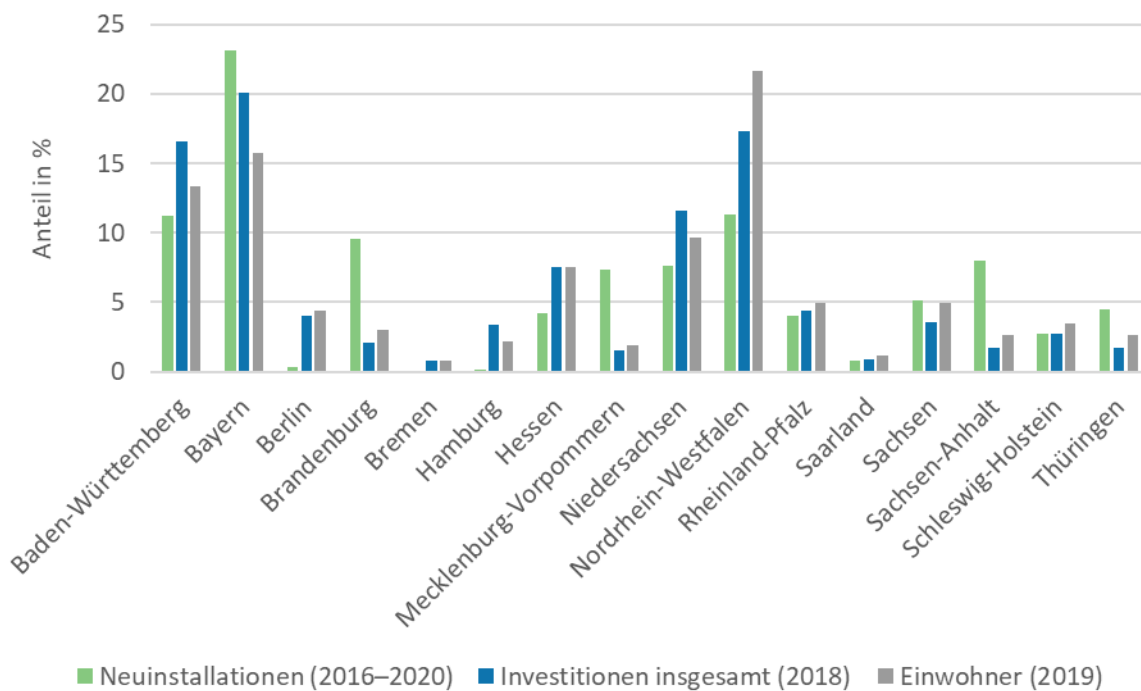
4 REGIONALE ANNAHMEN

Wie verteilen sich die in Abschnitt 3.1 beschriebenen Mehrinvestitionen auf die Regionen? Hier gibt es keine logische Verteilung etwa auf Grundlage technisch-ökonomischer Kriterien. In der Vergangenheit war die Verteilung das Ergebnis unterschiedlicher Faktoren, wobei die natürlichen Potenziale sicherlich eine große Rolle spielen. Bei der Diskussion zukünftiger Verteilungen werden beispielsweise eher technische Faktoren im Netzentwicklungsplan berücksichtigt (Übertragungsnetzbetreiber 2019), Akzeptanzfragen einbezogen (Degel et al. 2016) und unterschiedliche Ansätze verglichen (Ulrich 2022).

Allein der Vergleich der Verteilung der PV-Neuinstallationen in den Jahren 2016 bis 2020 mit zwei anderen hypothetischen Verteilungen zeigt, dass bereits Unterschiede zwischen einfachen schlüssigen Annahmen hoch sein können (vgl. Abbildung 4). Die Anteile nach Neuinstallationen liegen für alle Stadtstaaten und für alle westdeutschen Flächenländer außer Bayern unter ihrem Einwohneranteil. Die ostdeutschen Flächenländer haben hingegen in der Vergangenheit überproportional viele PV-Installationen vorgenommen. In Brandenburg und in Sachsen-Anhalt ist der Anteil um ein Vielfaches höher als der Einwohneranteil. Mit Berechnung der regionalen Anteile der Summe aller Investitionen im Jahr 2018 nach der VGR der Länder ergibt sich die Verteilung wie in den blauen Säulen dargestellt. Diese

liegt näher an der Verteilung nach Einwohnern, jedoch vereinen die beiden südlichsten Bundesländer, in denen knapp 30 % der Einwohner leben, 37 % der Investitionen auf sich. In den ostdeutschen Bundesländern ist die Differenz zur Verteilung der PV-Neuinstallationen nochmal deutlich höher. Insgesamt liegt die Verteilung nach Investitionen etwas näher an jener nach der Anzahl der Einwohner.

Abbildung 4: Vergleich dreier regionaler Verteilungen der Investitionen



Quelle: Bundesnetzagentur, VGR der Länder, eigene Berechnungen

In einer Basisprojektion des LÄNDER-Modells stellt die Verteilung nach den Gesamtinvestitionen die Basisverteilung dar, welche sich im Zeitverlauf nur wenig ändert. Für die hier vorgestellte Simulation wird jedoch die Verteilung eines Teils der Investitionen, nämlich die durch PV-Installationen hervorgerufenen, anders vorgenommen. Es wird unterstellt, dass die PV-Neuinstallationen sich ab 2021 so verteilen wie in den Jahren 2016 bis 2020. Dies wird sowohl für den Referenzlauf als auch die Simulation unterstellt, jedoch mit unterschiedlich hohen Investitionen.

Das Regionalmodell bildet in dieser Simulation primär die Einmaleffekte der zusätzlichen Nachfrage ab. Dass durch den Betrieb der Anlagen zusätzlich Wertschöpfung entsteht, ist zwar im Modell INFORGE komplett abgebildet, die regionale Verteilung dieser zusätzlichen Wertschöpfung entspricht jedoch nicht explizit jener der zusätzlichen Investitionen.¹

¹ Strukturell bedingte Veränderungen der regionalen Stromproduktion und ihre Wirkung auf die Bruttowertschöpfung wie in Ulrich et al. (2018) sind aktuell noch nicht im Modell berücksichtigt.

5 ERGEBNISSE FÜR DIE BUNDESLÄNDER

Der Logik des Modells folgend ist zunächst dargestellt, wie sich die primäre zusätzliche Nachfrage im Inland verteilt. Die zusätzliche primäre Nachfrage durch die Investitionen in PV-Anlagen beträgt preisbereinigt rund 13 Mrd. Euro. Da das Regionalmodell in jeweiligen Preisen rechnet, ist die Preisentwicklung im Folgenden eingerechnet. Damit ergeben sich 16,2 Mrd. Euro zusätzliche Nachfrage. Durch Mehrrundeneffekte ergibt sich bis 2030 eine zusätzliche Bruttonachfrage (inkl. Importe) von etwa 26 Mrd. Euro. Die inländisch wirksame Nachfrage inkl. der Mehrrundeneffekte beträgt 20 Mrd. Euro. Kumulativ ergibt sich bis 2030 eine Inlandsquote von 0,77. Die sich daraus ergebende Produktion beträgt 37,9 Mrd. Euro im Jahr 2030 (Multiplikator 1,87).

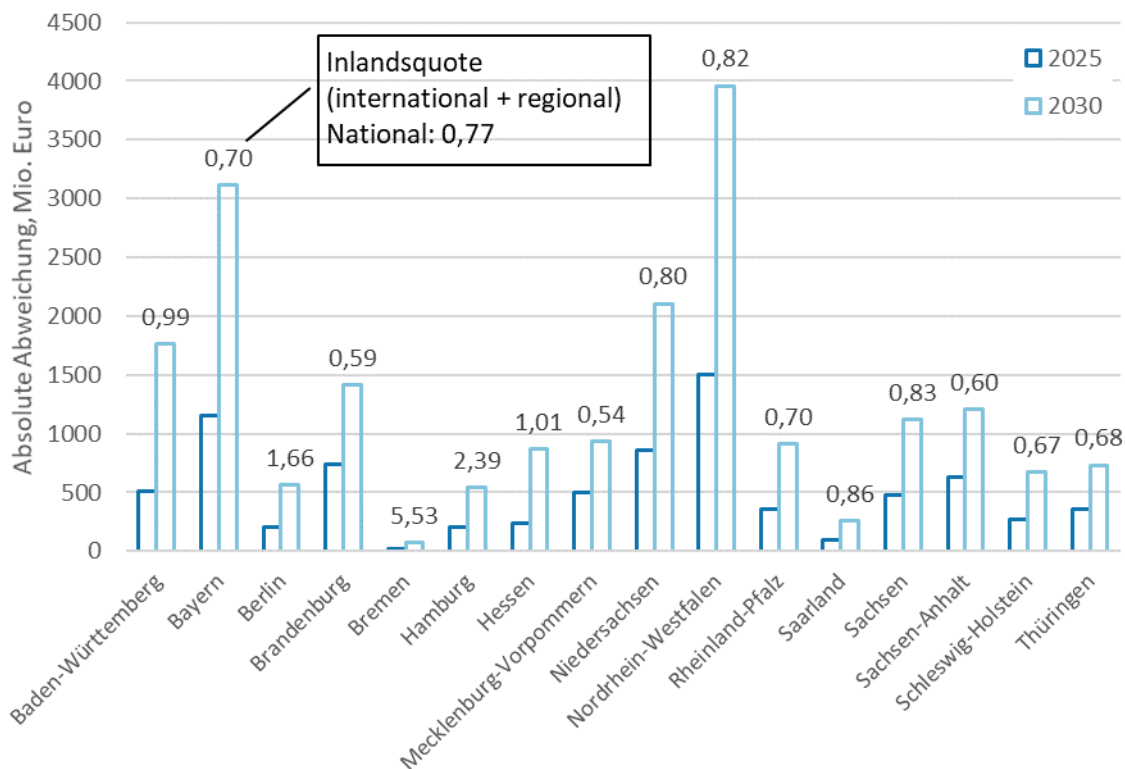
Tabelle 2: Zusätzliche Nachfrage (primär) und Wirkung auf Endnachfrage und Produktion in Deutschland insgesamt, Mrd. Euro

		2025	2030
Primäre Nachfrage	preisbereinigt	6,7	13,2
Primäre Nachfrage	nominal	7,6	16,2
Endnachfrage insgesamt	nominal	10,6	26,3
Inländische Endnachfrage insgesamt	nominal	8,1	20,2
Produktion	nominal	15,1	37,9

Quelle: eigene Berechnungen

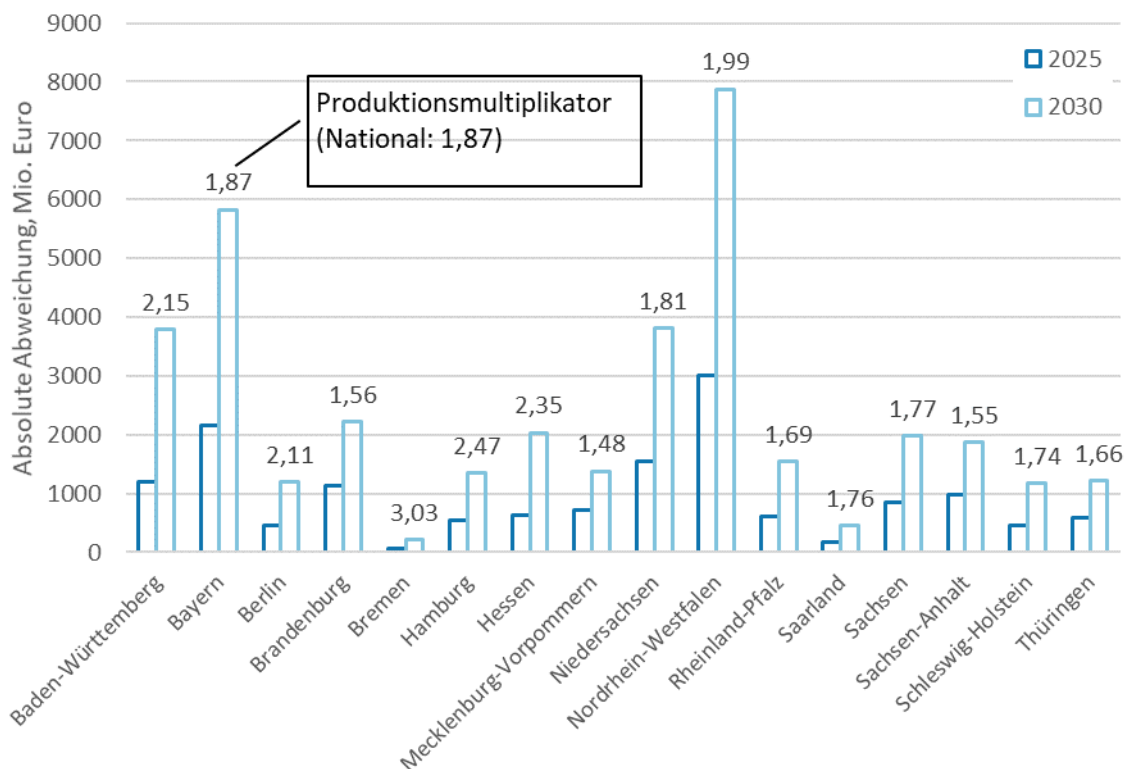
Die großen Flächenländer erreichen intraregionale Quoten, die nahe an oder über der nationalen Inlandsquote liegen. Die Stadtstaaten vervielfältigen die Nachfrage über den interregionalen Handel mit umgebenden Bundesländern, so auch Hessen. Zu erkennen ist, dass Lage, Größe und Wirtschaftsstruktur eine Rolle für den inländischen Anteil spielen. Thüringen und Sachsen-Anhalt liegen zwar nicht in der Peripherie wie Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein, können durch ihre Wirtschaftsstruktur und innerdeutsche Bedeutung jedoch nicht überdurchschnittlich viel Nachfrage anziehen.

Abbildung 5: Abweichung der letzten Verwendung am Produktionsort und Inlandsquote (Simulation – Referenz)



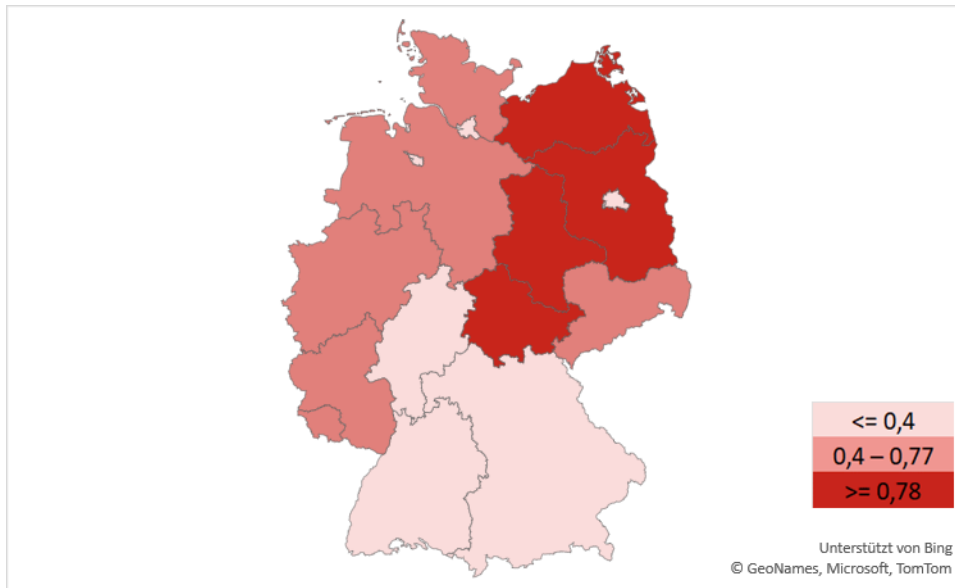
Quelle: eigene Berechnungen

Die Verteilung der Produktionssteigerungen ist zunächst sehr ähnlich wie jene der zusätzlichen Nachfrage, aus der sie resultieren. Dort, wo zuvor eine hohe Inlandsquote erreicht wurde, ist auch der Multiplikator durch die Vorleistungsverflechtung hoch, denn zunächst werden hier die gleichen räumlichen Verflechtungen unterstellt. Der Blick auf die regionalen Anteile zeigt jedoch, dass es zu Umverteilungen im Rahmen der Vorleistungsverflechtungen kommt. Baden-Württemberg, Hessen und Nordrhein-Westfalen sowie die Stadtstaaten gewinnen, während alle anderen Bundesländer weniger von der Produktion als von der Nachfrage abbekommen.

Abbildung 6: Abweichung der Produktion und Multiplikatoren (Szenario – Referenz)

Quelle: eigene Berechnungen

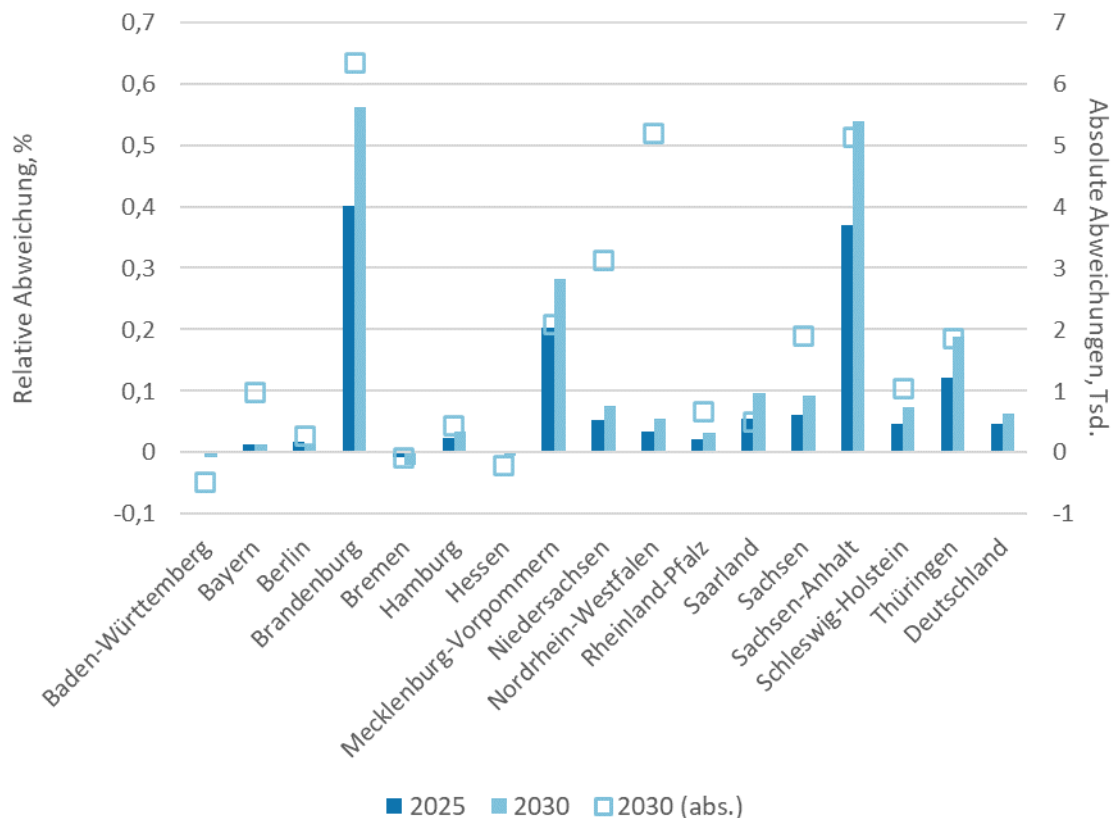
Abbildung 6 vermittelt ein ausgeglichenes Bild in Bezug auf die absolute Nachfrage und die Fortpflanzung der Impulse. Die relativen Abweichungen der gesamten Produktion sind jedoch sehr unterschiedlich und teilen die Bundesländer in drei Gruppen auf. In Baden-Württemberg, Bayern und die Stadtstaaten betragen Abweichungen unter 0,4 %. Dagegen zeigen Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt relative Abweichungen von über 1 % und Thüringen immerhin noch knapp 0,8 %. Die restlichen Bundesländer erreichen Werte zwischen 0,4 und 0,6 % (vgl. Abbildung 7). Die meisten ostdeutschen Flächenländer profitieren demnach überproportional von den zusätzlichen PV-Investitionen. Zum einen vollzieht sich eine Umverteilung von Investitionen im Vergleich zur Referenz, da sich ein größerer Teil nicht an der „üblichen“ Distribution der Investitionen orientiert. Zum anderen wirkt der Struktureffekt in zweifacher Hinsicht: Durch die räumliche Verflechtung ziehen solche Bundesländer überproportional Nachfrage auf sich, bei denen das Baugewerbe eine überdurchschnittliche Bedeutung hat. Nach der Aufsummierung über alle Gütergruppen führt die überdurchschnittliche Bedeutung des für diese Investitionen wichtigen Baugewerbes dazu, dass die Abweichung für die nationale Gesamtwirtschaft ebenfalls überproportional ist (Struktureffekt). Hinzu kommt, dass Bauleistungen einen hohen intraregionalen Anteil haben, sodass zwei Schwerpunkte – hohe Investitionen im Vergleich zum bisherigen Bruttoinlandsprodukt und hohe regionale Bedeutung des Baugewerbes – zusammenfallen.

Abbildung 7: Abweichung der Produktion (Szenario – Referenz) im Jahr 2030, in %

Quelle: eigene Berechnungen

Diese Diskrepanzen schlagen bei den Effekten auf die Beschäftigung durch. Die Abweichungen fallen sehr unterschiedlich – sowohl positiv als auch negativ – aus. Für die meisten Bundesländer (fast die Hälfte) ergeben sich kaum Unterschiede in der Gesamtbeschäftigung ($< 0,1\%$ Abweichungen). Die mit Abstand höchsten positiven Abweichungen ergeben sich in Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Mecklenburg-Vorpommern. Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen erreichen mit durchschnittlichen relativen Abweichungen noch sehr hohe absolute Abweichungen. Weitere ostdeutsche Bundesländer erreichen überdurchschnittlich hohe relative Abweichungen. Die Bundesländer mit nur geringen relativen Produktionszuwächsen zeigen keine nennenswerten oder sogar negative Beschäftigungseffekte.

Abbildung 8: Abweichung (Szenario – Referenz) der Anzahl an Erwerbstätigen relativ (in %) und absolut (in Tsd. Personen)



Quelle: eigene Berechnungen

In einigen Bundesländern – vor allem in Süddeutschland – finden demnach bei den gegebenen Annahmen nicht ausreichend Investitionen statt, um angesichts der regionalen Wirtschaftsstruktur und allgemeinen Produktivitätssteigerungen einen nennenswerten positiven Effekte auf die Beschäftigung zu generieren. Es sind jene Bundesländer, in denen Investitionen normalerweise innerhalb Deutschlands überproportional hoch sind. Die Diskrepanz zwischen der PV-Verteilung in der Vergangenheit und der Verteilung der Gesamtinvestitionen ist besonders stark. Profitieren können Bundesländer, die in der Vergangenheit pro Einwohner besonders stark in PV-Neuinstallationen investiert haben.

Es macht sich vermutlich zusätzlich bemerkbar, dass bei der Definition der regionalen Umverteilung der Investitionen nominale Werte verwendet werden. Dabei werden implizit zusätzliche Investitionen in Bundesländern mit geringem Preisniveau zu hoch bewertet und in Bundesländern mit hohem Preisniveau zu gering.

6 FAZIT UND AUSBLICK

Der verstärkte Ausbau von PV-Anlagen ist ein realistisches Szenario, deren Wirkung auf die Gesamtwirtschaft auch eine wichtige räumliche Komponente hat. Das hier vorgestellte einfache Szenario von zusätzlichen PV-Installationen ergibt, dass die Beschäftigung in Deutschland bis 2030 um 30 000 höher liegt als im Basisszenario. Um Aussagen zur regionalen Verteilung der Effekte machen zu können, müssen Annahmen zur räumlichen Verteilung der zusätzlich notwendigen Investitionen getroffen werden. Die Diskussion über mögliche regionale Verteilungen muss geführt werden, bevor Effekte regionalisiert werden

können. Dabei können Sensitivitätsrechnungen mit unterschiedlichen Verteilungsschlüsseln hilfreich sein. Ferner ist ein makroökonomisches Modell auf Ebene der Bundesländer notwendig. Das hier verwendete Modell LÄNDER wurde schon mehrfach für ähnliche Fragestellungen angewendet und hat umfangreiche Weiterentwicklungen erfahren.

Im Gegensatz zur allgemein vorliegenden Verteilung von Anlageinvestitionen wurde in der Vergangenheit überdurchschnittlich stark in den neuen Bundesländern investiert. Unter Zugrundelegung dieser kontrastierenden Annahme zur regionalen Verteilung fallen die Effekte in den Bundesländern sehr unterschiedlich aus. In den Bundesländern Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Mecklenburg-Vorpommern ergeben sich im Jahr 2030 relative Effekte auf die Beschäftigung von +0,2 bis +0,55 %, während sich in westdeutschen Bundesländern teilweise keinen nennenswerten Effekten zeigen. Dies ist nicht nur auf die regionale Annahme zu den Investitionen zurückzuführen, sondern ergibt sich aus einem Zusammenspiel von Strukturmerkmalen (Arbeitsproduktivität), unterschiedlich dynamischen Wirkungszusammenhängen und der Verflechtungen in und zwischen Regionen, die im Modell abgebildet sind.

Es zeigt sich, dass das neue LÄNDER-Modell wichtige Entwicklungsschritte erfolgreich absolviert hat. Impulse aus der Endnachfrage werden unter Berücksichtigung von Verflechtungen zwischen Branchen und Regionen auf eine Weise weiterverarbeitet, dass ein plausibles Gesamtbild für Produktion und Beschäftigung entsteht und zudem strukturelle Unterschiede zur Wirkung kommen. Am vorgestellten Beispiel zeigt sich jedoch, dass die Operationalisierung von unterschiedlichen regionalen Verteilungen für zusätzliche Nachfrage als Eingriff in das Modell sorgfältig vorgenommen werden muss.

Die Weiterentwicklung des Modells ist noch nicht abgeschlossen. Die Handelsbeziehungen zwischen den Bundesländern werden weiter validiert und ggf. neu geschätzt. Es werden weitere regionale Daten zur besseren Regionalisierung von güterspezifischen Endnachfrage und Produktion der Wirtschaftszweige erschlossen. Zudem wird die Schließung des Einkommenskreislaufes über die Lohneinkommen und den privaten Konsum erprobt.

7 ANHANG: DAS MODELL LÄNDER

7.1 ÜBERBLICK

7.1.1 DIE MULTIREGIONALE INPUT-OUTPUT-TABELLE

Eine multiregionale Input-Output-Tabelle stellt ausgehend von einem bundesweiten Analyserahmen ein regionales Abbild einer nationalen Input-Output-Tabelle dar. Die Besonderheit einer Darstellung wirtschaftlicher Verflechtungen für hier 16 Bundesländer ist, dass ein Datenkonstrukt von 16 einzelnen Input-Output-Tabellen kein realistisches Abbild der Realität darstellt, denn die Regionen sind stark untereinander verflochten – je kleiner die Regionen, desto mehr. Das Ziel ist also nicht nur die Darstellung von Branchenverflechtungen, sondern auch von räumlichen Verflechtungen durch den Handel mit Gütern und Dienstleistungen.

In Deutschland werden seitens der statistischen Ämter keine regionalen Input-Output-Tabellen veröffentlicht. Daher müssen bereits für die Regionalisierung einzelner I-O-Tabellen – falls keine spezifischen Erhebungen vorliegen – datenbasierte Abschätzungsmethoden zur Anwendung kommen, die in der Fachwelt intensiv diskutiert werden (vgl. Kronenberg 2009). Notwendig sind dabei mindestens möglichst detaillierte Daten zu Abschätzung der Endnachfrage und der Produktion in den Regionen. Zusätzlich erfordern multiregionale Datensysteme die interregionalen Verflechtungen in Form von Handelsmatrizen, ebenfalls abgeleitet durch Schätzmodelle mit unterschiedlich starker empirischer Fundierung. Für Deutschland hat zuletzt Krebs (2020) einen solchen integrierten Ansatz vorgestellt. Abbildung 9 zeigt die MRIO, die im neuen Ländermodell integriert ist. Bezogen auf die Verbuchung der Importe handelt es sich um eine Input-Output-Tabelle der Variante B (vgl. Kronenberg & Többen 2013).

Abbildung 9: Schema der multiregionalen Input-Output-Tabelle

Verwendung Aufkommen		Region 1			Region 2			Region 16			Inländische Endnachfrage		Exporte												
		PB 1	...	PB 37	PB 1	...	PB 37	PB 1	...	PB 37	Region 1	...		Region 16											
Region 1	GG 1	Vorleistungsverflechtung										Konsum, Investitionen (insg. 6 Kategorien)	(inkl. Re-Exporte)												
	...																								
	GG 37																								
Region 2	GG 1																								
	...																								
Region 16	GG 37																								
	...																								
ROW	GG 1													Importe											
	...																								
	GG 37																								
Bruttowertschöpfung																									
Produktion																									

GG = Gütergruppe; PB = Produktionsbereich; ROW = Rest der Welt

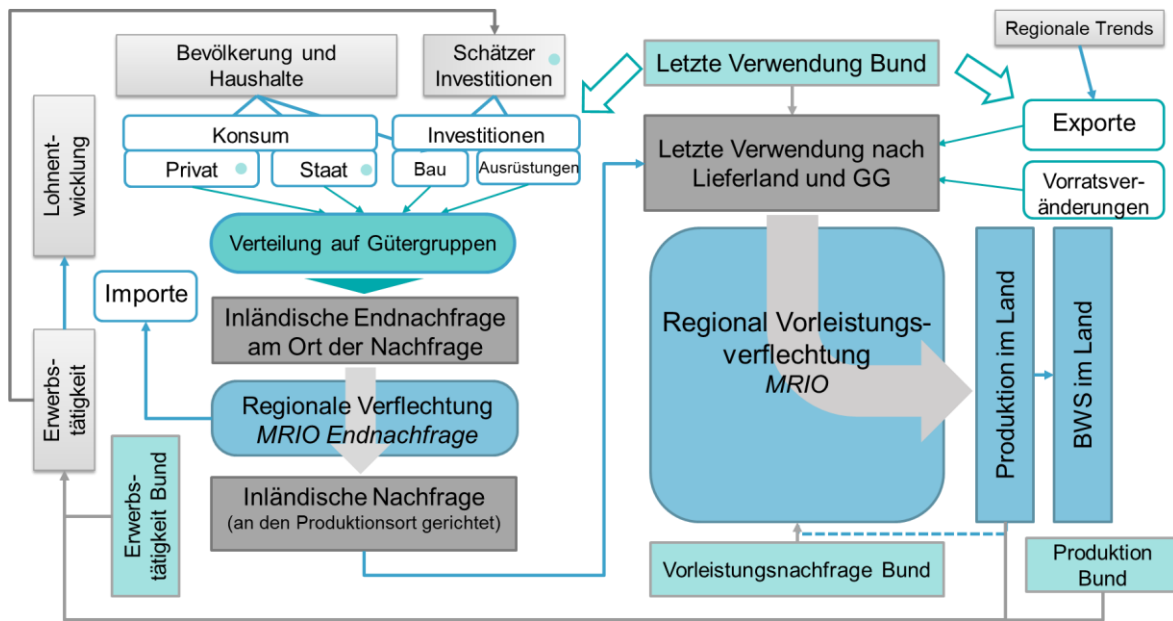
Die Datengrundlagen und Prinzipien der Regionalisierung der Endnachfrage (inkl. Exporten) und der Produktion – als Ränder der I-O-Tabelle – lassen sich im Wesentlichen aus dem nachfolgenden Modellierungsansatz für die Projektion ableiten. Die Handelsverflechtungen zwischen den Bundesländern (inländischer Im- und Export) wurden mithilfe der Schätzungen in einem bestehenden ein Input-Output-Modell kalibriert. Dieses Modell

wurde zur Regionalisierung indirekter Effekte des Ausbaus erneuerbarer Energien entwickelt (vgl. Ulrich 2013, Ulrich et al. 2012), seither in Teilen aktualisiert (Ulrich & Lehr 2018). Die räumlichen Verflechtungen wurden mithilfe internationaler Daten geschätzt, wobei die intraregionalen Quoten und interregionalen Handelsanteile ähnlich wie bei einem Gravitationsmodell auf Grundlage von güterspezifischen Produktionsanteilen und Distanzen approximiert werden.

7.1.2 DIE MODELLIERUNG

Die Modellierung auf Basis der Regionalen Input-Output-Tabelle (RIOT) bildet den Zusammenhang zwischen der Endnachfrage und der Produktion und die Wertschöpfung in den Bundesländern ab. Die Zahl der Erwerbstätigen nach Branchen wird zusammen mit anderen Größen durch die Produktion bestimmt. Das Vorgehen ist analog zu dem im nationalen Modell INFORGE. Die Investitionen und prospektiv auch der Konsum werden von der regionalen Produktion mitbestimmt. Ausgangspunkt der Darstellung (vgl. Abbildung 10) ist die Endnachfrage in den Bundesländern, welche stark von demografischen Entwicklungen sowie der Entwicklung der Löhne und der Erwerbstätigkeit beeinflusst wird. Die Zeitreihen der VGR erfassen die Nachfrage am Nachfrageort. Nach der Schätzung dieser Größen erfolgt die Aufteilung auf die Gütergruppen. Für die Modellierung werden die Güternachfragestrukturen aus INFORGE genutzt und teilweise auf regionalspezifische Strukturen angewendet. Beim privaten Konsum finden die regionalspezifischen Konsumstrukturen aus der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (EVS) Verwendung. Die regionale gütergruppenspezifische Nachfrage wird über die regionale Verflechtungstabelle im Bereich der Endnachfrage umverteilt, wobei die primäre Nachfrage in (a) inländische Nachfrage am Nachfrageort, inländische Lieferungen an (b) und Empfang aus (c) anderen Bundesländern sowie (d) Importe aus dem Ausland aufgeteilt wird. Die daraus abgeleitete Nachfrage am Produktionsort beinhaltet demnach die an das Bundesland gerichtete inländische Endnachfrage. Ergänzt werden nun die Exportvektoren und die Vorratsveränderungen, die nicht der inländischen Verflechtung unterliegen. Die Summe über die Endnachfrage nach der räumlichen Umverteilung ergibt die letzte Verwendung nach Lieferland und nach Gütergruppen. Anschließend wird über die Inputkoeffizienten der MRIO im Bereich Vorleistungen und der Leontief-Inverse die Produktion in den Ländern nach Gütergruppen ermittelt. Anschließend kann diese Produktion zu den Wirtschaftszweigen umgeschlüsselt werden und es erfolgt eine Abstimmung mit den INFORGE-Vektoren. Die Produktion ist dann wesentlicher Treiber der regionalen Erwerbstätigkeit und Beschäftigung. Diese geht aktuell in die Schätzung der regionalen Investitionen ein. Die regionale Produktion und die nationale Vorleistungsverflechtung ist wiederum Eingangsgröße für die Regionalisierung der Vorleistungsverflechtung und der Vorratsveränderung. Daher erfolgt nach der ersten Bestimmung der Produktionswerte eine Nachberechnung der MRIO. Anschließend ist gewährleistet, dass die regionalen Summen der Produktionswerte nach Gütergruppen mit den Werten aus INFORGE übereinstimmen.

Abbildung 10: Flussdiagramm als Überblick über das LÄNDER-Modell



Quelle: eigene Darstellung

7.2 SCHÄTZUNG DER REGIONALEN ENDNACHFRAGE

Die Endnachfrage der 16 Bundesländer ist nach insgesamt sechs Komponenten unterteilt. Die aus den Komponenten „Konsum der privaten Haushalte“, „Konsum der privaten Organisationen ohne Erwerbszweck“, „Investitionen in Bauten“, „Investitionen in Ausrüstungen, geschätzte Nachfrage“ unterliegt einer regionalen Umverteilung. Die Komponenten „Vorratsveränderungen“ und „Exporte aus dem Ausland“ werden anschließend ergänzt. Zu Beginn steht zunächst die Schätzung der landesweiten Aggregate für die Endnachfrage am Nachfrageort. Zentrale Datenquelle sind die VGR der Länder (Band 5 und Band 3).

7.2.1 PRIVATER KONSUM

Der private Konsum teilt sich in den Konsum der privaten Haushalte und den Konsum der Organisationen ohne Erwerbszweck auf. In der VGR der Länder wird diese Unterteilung nicht vorgenommen, sodass zunächst der gesamte private Konsum für die 16 Bundesländer (bl) geschätzt wird. Dabei handelt es sich um eine Funktion der bundesweiten Entwicklung des Konsums der privaten Haushalte aus INFORGE ($cptn$) und der relativen Entwicklung der Bevölkerung ($lbev$).

$$lcptn_{t,bl} = f \left\{ cptn_t, \frac{lbev_{t,bl}}{\sum_{bl} lbev_{t,bl}} \right\}$$

Dieser statistisch gut gesicherte Zusammenhang stellt die Entwicklung des Konsums primär in den Zusammenhang mit der demografischen Entwicklung und berücksichtigt zusätzlich, wie stark das Bundesland auf bundesweite Entwicklung des Konsums reagiert.

Anschließend wird der Konsum der privaten Organisationen ohne Erwerbszweck ($lcpon$) bestimmt. Hier erfolgt eine Regionalisierung entlang der Bevölkerungsverteilung.

$$lcpn_{t,bl} = cpon_t * \frac{lbev_{t,bl}}{\sum_{bl} lbev_{t,bl}}$$

Der Konsum der privaten Haushalte ($lcpn$) ergibt sich aus der Differenz aus dem gesamten Konsum und $lcpn$.

7.2.2 KONSUM DES STAATES

Die Schätzung des gesamten Konsums des Staates ergibt sich ebenfalls aus der zeitreihenanalytischen Bestimmung des Einflusses des bundesweiten Konsums und der Bevölkerung. Es werden die nominalen Werte geschätzt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Bundesaufgaben zur Wahrung der Konsistenz auf die Länder verteilt werden.

$$lcsn_{t,bl} = f \left\{ csn_t, \frac{lbev_{t,bl}}{\sum_{bl} lbev_{t,bl}} \right\}$$

Die Bundesentwicklung und die relative Bevölkerungsentwicklung sind in allen Schätzungen signifikant und führen in Kombination in der Regel zu validen Ansätzen. Die Einzelschätzungen werden an die bundesweite Summe aus INFORGE angeglichen.

7.2.3 AUSRÜSTUNGSINVESTITIONEN

Der Band 3 der VGR der Länder, welcher die Daten zu Bruttoanlageinvestitionen in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland enthält, unterscheidet generell die Investitionen nach insgesamt acht Wirtschaftsbereichen (WZ-Gliederungstabelle im Anhang). Die Daten liegen auch untergliedert nach Investitionen in neue Ausrüstungen und sonstige Anlagen sowie in neue Bauten vor. Diese Investitionsdaten in jeweiligen Preisen sind in das Modell integriert ($lian$, $libn$), um mit ihnen eine regional- und sektorspezifische Fortschreibung der Ausrüstungs- und Bauinvestitionen vorzunehmen.

Es wird die Erwerbstätigkeit der aggregierten Wirtschaftszweige in den Bundesländern genutzt sowie ein der Wirtschaftsstruktur entsprechendes Investitionsverhalten unterstellt, um regional fortzuschreiben. Zunächst werden die durchschnittlichen Investitionen (ian_j) pro Erwerbstätigen (et_j) je Wirtschaftsbereich für Deutschland berechnet und die Werte anschließend für jedes Bundesland mit den dortigen Erwerbstätigenzahlen der Wirtschaftsbereiche ($letwb_{j,bl}$) multipliziert. Das Ergebnis ist eine hypothetische Höhe der Ausrüstungsinvestitionen in den Bundesländern ($lian_{t,j,bl}$), die in ihrem Verlauf tatsächlich die Entwicklung der echten Investitionsdaten aus der VGR der Länder widerspiegelt und im Folgenden für die Fortschreibung der Investitionsdaten als Schätzer verwendet werden kann. Damit die Gesamtheit der errechneten Investitionswerte auch exakt dem Bundesniveau der Ausrüstungsinvestitionen entspricht, werden sie anschließend mittels einer Skalierung an diese Größenordnung angepasst.

Die Ausrüstungsinvestitionen werden wie beschrieben entlang der Entwicklung und Struktur der Erwerbstätigkeit nach acht Wirtschaftsbereichen und aus den Entwicklungen im Bund abgeleitet.

$$lian_{t,j,bl} = \sum_{j=1}^{wb} \frac{ian_{t,j}}{et_{t,j}} letwz_{t-1,j,bl}$$

$$lian_{t,j,bl} = f\{lian_{t,j,bl}\}$$

$$j = \{1, 2, \dots, 8\}$$

Um Kreislaufeffekte, die sich über die Zeit stark verstärken, zu vermeiden, werden die regionalen Werte der Erwerbstätigkeit mit einer Zeitverzögerung von einem Jahr in die Schätzer integriert.

7.2.4 BAUINVESTITIONEN

Ähnlich zum Vorgehen bei den Ausrüstungsinvestitionen wird auch bei den Bauinvestitionen ein Ansatz verfolgt, der die Investitionen über die Branchenstruktur der Erwerbstätigkeit in den Bundesländern fortschreibt. Für die Bauinvestitionen aller oben genannten Wirtschaftsbereiche – mit Ausnahme des Grundstücks- und Wohnungswesens – wird ein Strukturschätzer berechnet und verwendet. Dieser enthält die deutschlandweit durchschnittlichen Bauinvestitionen (ibn_j) pro Erwerbstätigen (et_j) je Wirtschaftszweig multipliziert mit den bundeslandspezifischen Erwerbstätigenzahlen des entsprechenden Wirtschaftszweigs.

$$libnh_{t,j,bl} = \sum_{j=1}^{wb} \frac{ibn_{t,j}}{et_{t,j}} letwz_{t-1,j,bl}$$

$$libn_{t,j,bl} = f\{libnh_{t,j,bl}\}$$

Für den Wirtschaftsbereich des Grundstücks- und Wohnungswesens wird ein etwas spezifischerer Ansatz (passend zum Wohnungsbau) verwendet. Die bundeslandspezifischen Bauinvestitionen dieses Wirtschaftszweigs werden per regressionsanalytischem Ansatz geschätzt, der als erklärende Variablen die Bauinvestitionen des Grundstücks- und Wohnungswesens aus Bundesebene ($ibnwb$) sowie den Anteil des Bundeslands an der gesamtdeutschen Einwohnerzahl enthält.

$$libn_{t,j=7,bl} = f\left\{ ibnwb_t, \frac{lbev_{t,bl}}{\sum_{bl} lbev_{t,bl}} \right\}$$

7.2.5 EXPORTE

Die VGR der Länder kennt bei der Entstehung des BIP keine Exporte, sondern nur den Außenbeitrag als Saldo aus Im- und Exporten – sowohl inländisch als auch aus oder vom Ausland. Da primär eine Güternachfrage fortgeschrieben wird, kann dieser Datensatz nicht herangezogen werden. Wenn unterstellt wird, dass hier nur die Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen maßgeblich ist, gibt es hier unterschiedliche Datenquellen: die Außenhandelsstatistik des Güterverzeichnisses für Produktionsstatistiken (GP 2009) für Bundesländer und die Außenhandelsumsätze aus den Jahresberichten des verarbeitenden Gewerbes (WZ-2-Steller). Insgesamt sind die Entwicklungen der regionalen Anteile in diesen beiden Statistiken gerade für die wichtigen Investitionsgüter sehr ähnlich. Der Vorteil der Außenhandelsstatistik liegt darin, dass sie gut verfügbar ist und keine Geheimhaltung enthält. Sie umfasst ferner Angaben zu nicht industriellen Gütern aus der Land- und Forstwirtschaft sowie der Energieversorgung. Wesentlicher Nachteil ist, dass die Werte für die Stadtstaaten Hamburg und Bremen stark verzerrt sind. Offensichtlich werden viele Ausfuhren bei den Händlern und Speditionen erfasst. Hier ist die Industriestatistik deutlich präziser. Ein weiterer Vorteil ist, dass dieser Datensatz schon bei der Schätzung der Produktionswerte der Statistik verwendet wird.

Für die Regionalisierung der gütergruppenspezifischen Exporte werden die Auslandsumsätze der Industriestatistik verwendet und deren regionaler Anteil fortgeschrieben. Unterschieden wird dabei zwischen den acht industriellen Wirtschaftszweigen $k = \{1, \dots, 8\}$.

$$luazs_{t,k,bl} = \frac{luaz_{t,k,bl}}{\sum_{bl} luaz_{t,k,bl}}$$

$$luazs_{t,k,bl} = f\{Trend\}$$

7.3 ÜBERTRAGUNG DER ENDNACHFRAGEKOMPONENTEN IN DEN LÄNDERN IN DIE I-O-SYSTEMATIK

Der Konsum und die Investitionen, wie in der VGR der Länder berichtet und in Abschnitt 7.2 beschrieben fortgeschrieben, werden als letzte Verwendung der Bundesländer in die MRIO-Systematik übertragen. Dies bedeutet konkret, dass der Makrowert auf die 37 Gütergruppen (vv) aufgeteilt werden muss und zugleich die Eckwerte aus der nationalen Input-Output-Tabelle und INFORGE übernommen werden. LVV ist die verwendungsseitige Nachfrage am Ort der Nachfrage, lvb der jeweilige Nachfragevektor aus INFORGE und lv die jeweilige gesamte Nachfrage der Bundesländer, deren Fortschreibung in Abschnitt 7.2 beschrieben ist.

$$LVV = \begin{bmatrix} lv_{vv,lv} & \cdots & lv_{vv,lv} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ lv_{n,lv} & \cdots & lv_{n,l} \end{bmatrix}$$

$$lv = \begin{bmatrix} v_{lv} \\ \vdots \\ v_l \end{bmatrix}$$

$$lvb = \begin{bmatrix} vb_{vv} \\ \vdots \\ vb_n \end{bmatrix}$$

$$LVV = lvb * lv$$

Innerhalb der Länder-Gütergruppen-Matrizen bezeichnet lv die Länder der letzten Verwendung nach vv Gütergruppen und lp die Produktionsort-Länder mit Produktion/Lieferung nach pp Gütergruppen.

Für die Bundesländer wird also dieselbe Verteilung der Endnachfrage auf Güter unterstellt wie im Bund. Aktuell wird nur der Konsum der privaten Haushalte mit einem gesonderten Schlüssel verteilt. Zusätzlich zu den Randsummen für Deutschland sind die regionalspezifischen Konsumstrukturen hinterlegt (vgl. Abschnitt 7.2.1), die jedoch konstant gehalten werden. Das Ergebnis für den Konsum (Private Haushalte und NGOs) und Investitionen (Ausrüstungen und Bauten) stellt die **inländische Endnachfrage am Ort der letzten Verwendung** bzw. Nachfrageort dar (LVP). Die folgende Tabelle stellt diese Komponenten in der ersten Spalte mit ihren Variablennamen dar. Diese Matrizen sind der Ausgangspunkt für die räumliche Verflechtung im Endnachfrageblock.

Tabelle 3: Übersicht über die Endnachfragekomponenten, Variablennamen und die Behandlung im Modell

	Am Nachfrageort (vor räumlicher Verflechtung)	Am Produktionsort (nach räumlicher Verflechtung)
	LVV	LVP
Konsum der privaten Haushalte	LCP37N	LCPML
Konsum der priv. O. ohne E.	LCPO37N	LCPOML
Konsum des Staates	LCS37N	LCSML
Neue Ausrüstungen	LIA37N	LIAML
Neue Bauten	LIB37N	LIBML
	Ohne räumliche Verflechtung (LVP = LVV)	
Vorratsveränderungen	LIV37N	
Exporte	LEX37N	

Ziel ist es, nach der Ermittlung der Makrogrößen zur Endnachfrage in den Ländern abzuschätzen, welche regionale Nachfrage welcher Gütergruppe in den Bundesländern tatsächlich wirksam wird. Über interregionale Verflechtungen wird die letzte Verwendung eines Gutes in einem Bundesland für ein anderes Bundesland zu einer realisierten Nachfrage. Die innerdeutsche Handelsmatrix verteilt die inländische Nachfrage (Anwendung der gütergruppenspezifischen Importquoten, *impq*) über intra- und interregionale Lieferquoten auf die liefernden Bundesländer. Dies geschieht getrennt für den Konsum der privaten Haushalte, den Konsum der Organisationen ohne Erwerbszweck, den Konsum des Staates, die Investitionen in Ausrüstungen und die Investitionen in Bauten. Sie unterliegen der inländischen Verflechtung (37x16=592 Lieferquoten). Die Vorratsveränderungen und Exporte werden durch spezifische Verteilungsschlüssel auf die Bundesländer verteilt – im Falle der Exporte auch regional- und gütergruppenspezifisch.

In der MRIO-Systematik ergibt die Summe der Zeilen (592+37 Zeilen) die Nachfrage am Nachfrageort. Die Summe der Spalten (16x5+2) entspricht wiederum der tatsächlich realisierten Nachfrage beim Lieferland. Dies ist dann die für die regionalspezifische Produktion relevante Endnachfrage.

$$LVP = \begin{bmatrix} lv_{pp,lp} & \cdots & lv_{pp,lp} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ lv_{n,lp} & \cdots & lv_{n,l} \end{bmatrix}$$

Die inländische Verflechtungsmatrix *TSD* legt fest, wie sich die inländische Nachfrage an den 16 Nachfrageorten auf die 16 Produktionsorte (Standorte der Lieferanten) verteilt. Auch wenn diese Verflechtungsmatrix nicht unabhängig von der Entwicklung der Regionen ist, wird sie jedoch ausgehend vom Basisjahr konstant gehalten. Die Elemente *lp* stellen die Bundesländer als Produktionsort dar und *lv* die Bundesländer als Nachfrageort / Ort der letzten Verwendung. Im Folgenden werden die räumlichen Verflechtungsmatrizen für eine bestimmte Gütergruppe *pp* als Schicht aus der dreidimensionalen Matrix dargestellt.

$$i, j = \{1, 2, \dots, 592\}; vv = pp = \{1, 2, \dots, 37\}; lp = lv = \{1, 2, \dots, 16\}$$

$$TSD(pp) = \begin{bmatrix} ts_{lv,lp} & \cdots & ts_{lv,l} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ ts_{l,lp} & \cdots & ts_{l,l} \end{bmatrix}$$

$$ims = \begin{bmatrix} is_{pp} \\ \vdots \\ is_n \end{bmatrix}$$

Diese inländische Verflechtungsmatrix ergibt zusammen mit der aktuell geltenden güter-spezifischen Importquote (*ims*) für Deutschland die gesamte Verflechtungsmatrix *TSM*.

$$TSM(pp) = TSD(pp) * (1 - ims(pp))$$

Die Verteilung der Nachfrage am Nachfrageort (*LVV*) auf die Produktionsorte, dann *LVP*, ergibt sich aus der folgenden Gleichung.

$$LVP(pp) = TSM(pp) * LVV(pp)$$

Auf diese Weise werden *LCP37L*, *LCPO37N*, *LCS37N*, *LIA37N* und *LIB37N* regional umverteilt zu *LCPML*, *LCPOML*, *LCSML*, *LIAML* und *LIBML*. Fortan handelt es sich um regionale, inländische Nachfrage und die ausländischen Importe werden separat als Aufkommen gebucht.

Die Aufteilung der Exporte auf die Gütergruppen erfolgt prinzipiell proportional zu der zuletzt vorliegenden Güterverteilung der MRIO unter Verwendung der disaggregierten Endnachfrage im bundesweiten Modell INFORGE. Für die Exporte von industriellen Gütern liegen jedoch regionalspezifische Anteile (*luazs*) vor, die auch regionalspezifisch fortgeschrieben werden. Die Vorratsveränderungen werden mit den im I-O-Modell ermittelten regionalen Produktionsvektoren regionalisiert. Hier verändern sich entsprechend die Gütergruppengewichte der Regionen in der Projektion.

Aus der inländischen letzten Verwendung nach der räumlichen Umverteilung und den regionalisierten Exporten und Vorratsveränderungen ergibt sich die letzte Verwendung insgesamt (*LFDML*). Dabei werden die Matrizen in einen langen Vektor gebucht.

$$fd = \begin{bmatrix} fd_{i=1} \\ \vdots \\ fd_{37} \\ fd_{38} \\ \vdots \\ fd_{592} \end{bmatrix} \begin{matrix} pp = 1, lp = 1 \\ \vdots \\ pp = 37, lp = 1 \\ pp = 1, lp = 2 \\ \vdots \\ pp = n, lp = l \end{matrix}$$

$$fd = vec(lvp(Konsum) + lvp(Investitionen) + \dots + ex(Exporte))$$

$$\text{Mit } i = (lp - 1) * 37 + pp$$

7.4 ABLEITUNG DER PRODUKTION IN DEN BUNDESLÄNDERN

Mit der Summe der Nachfrage – also der am Produktionsort wirksamen letzten Verwendung – kann nun über die Vorleistungsverflechtung die Produktion in den Bundesländern abgeleitet werden. Die Kombination aus 37 Gütergruppen (*vv*) und *lv* Bundesländern stellt die Zeilen der Matrix dar (*i*). Die Kombination aus 37 Produktionsbereichen (*pp*) und *lp* Bundesländern ergibt die Spalten der Matrix (*j*). Die Inputkoeffizientenmatrix hat 592 Zeilen und 592 Spalten. Die Endnachfrage und die Produktion sind originär abgelegt in 37x16-Matrizen

und werden jeweils vektorisiert. Aus i und j lassen sich mit Nummer für die Region die Gütergruppen und mit der Nummer für die Gütergruppe die Region ableiten (hier am Beispiel der Zeilen der Matrix):

$$lv = \frac{1}{37}(-vv + i + 37), \text{Bundesländer}$$

$$vv = -37 * lv + i + 37, \text{Gütergruppen}$$

$$i = j = \{1, 2, \dots, 592\}$$

IDM ist das Aufkommen und die Verwendung von Vorleistungen, *ARM* die Matrix der Inputkoeffizienten.

$$ARM := (a_{i,j})$$

$$IDM := (x_{i,j})$$

$$yn := (y_i)$$

$$a_{i,j} := \frac{x_{i,j}}{y_j}$$

Mit den vorgenommenen Schätzungen der ans Inland gerichteten Nachfrage am Produktionsort (fd) und den Inputkoeffizienten der RIOT wird die Produktion yn ermittelt, die an dieser Stelle so aufgebaut ist wie fd . Es gilt:

$$yn = (I - LRM)^{-1} * fd$$

Die über die inländische Verflechtung ermittelte Endnachfrage fd enthält keine ausländischen Importe. Daher müssen sie hier nicht abgezogen werden.

In Folgeschritten können die Vorleistungen (inklusive intradeutsche Importe) und die Bruttowertschöpfung (bgn) berechnet werden. Zuvor werden die Nettogütersteuern (ngn) anhand der (neuen) Verteilung der Produktionswerte regional verteilt.

$$bgn = yn - ngn - \sum_i x_{i,j}$$

Aus der gütergruppenspezifischen Produktion ist die wirtschaftszweigspezifische Produktion $lyswz$ in den Bundesländern abgeleitet. Die gütergruppenspezifische Produktion wird als regionales Gewicht auf die bundesweite Produktion der Wirtschaftszweige angewendet. Es wird demnach unterstellt, dass sich die Produktionsstruktur der Wirtschaftszweige in Bezug auf die Gütergruppen in allen Bundesländern gleich entwickelt.

7.5 SCHÄTZUNG DER ERWERBSTÄTIGKEIT

Die jeweils 37 Zeitreihen für die Analyse und Fortschreibung der Anzahl der Erwerbstätigen werden mithilfe einer Sonderauswertung der VGR der Länder (Gliederung A38) und der Beschäftigungsstatistik der Bundesagentur für Arbeit (BA) generiert. Die **Anzahl der Erwerbstätigen** wird mit der bundesweiten Entwicklung ($letwz$) und mit der relativen Entwicklung der spezifischen Produktion der Wirtschaftszweige $lyswz$ fortgeschrieben. Geschätzt wird mit der nominalen Produktion, sodass unterstellt ist, dass die wirtschaftszweigspezifischen Preisentwicklungen überall in Deutschland gleich sind.

$$letwz_{t,wz,bl} = f \left\{ etwz_{t,wz}, \frac{lyswz_{t,wz,bl}}{\sum_{bl} llyswz_{t,wz,bl}} \right\}$$

Die Arbeitsproduktivität kann sich in den Bundesländern entsprechend unterschiedlich entwickeln. Nach der Ermittlung aller 592 Schätzungen wird die Summe über die Bundesländer an den Wert im nationalen Modell angepasst.

Für weitere Arbeitsmarktanalysen ist eine Untergliederung der Anzahl der Erwerbstätigen, die aus Selbstständigen (inkl. mithelfende Angehörige) und Arbeitnehmern/-innen (inkl. Beamte/-innen und Soldaten/-innen) erforderlich. Auch hier ist nicht anzunehmen, dass die Variablen in den Regionen parallel verlaufen. Die **Anzahl der Selbstständigen** wird über die nationale Entwicklung (*sewz*) und die relative Entwicklung der Erwerbstätigen insgesamt geschätzt.

$$lsewz_{t,wz,bl} = f \left\{ sewz_{t,wz}, \frac{letwz_{t,wz,bl}}{\sum_{bl} letwz_{t,wz,bl}} \right\}$$

Die Anzahl der Arbeitnehmer/-innen ergibt sich – gemäß der Definitiorik der Erwerbstätigenrechnung – als Differenz aus der Anzahl der Erwerbstätigen und der Anzahl der Selbstständigen.

$$lanwz_{wz,bl} = letwz_{wz,bl} - lsewz_{wz,bl}$$

7.6 GLIEDERUNGSSYSTEMATIK

Tabelle 4: Übersicht über die Gliederung nach 37 Wirtschaftszweigen

Lfd. Nr.	WZ 08-1	WZ 08-2	Bezeichnung	8 WB (Investitionen)
1	A		Land- u. Forstwirtschaft, Fischerei (A)	1
2	B		Bergbau u. Gewinnung v. Steinen u. Erden (B)	2
3	C	10–12	H. v. Nahrungs- u. Futtermitteln; Getränkeherstellung; Tabakverarbeitung (CA)	3
4		20–21	H. v. chemischen und pharmazeutischen Erzeugnissen (CE-F)	
5		22–23	H. v. Gummi-, Kunststoff-, Glaswaren, Keramik u.Ä. (CG)	
6		24–25	Metallerzeugung u. -bearbeitung, H. v. Metallerzeugnissen (CH)	
7		26–27	H. v. DV-Geräten, elektronischen u. optischen Erzeugnissen u. elektronischen Ausrüstungen (CI–CJ)	
8		28	Maschinenbau (CK)	
9		28–29	Fahrzeugbau (CL)	
10		13–19, 30–33	Übriges verarbeitendes Gewerbe (CX)	
11	D		Energieversorgung (D)	2
12	E		Wasserversorgung; Abwasser- u. Abfallentsorgung u. Ä. (E)	2
13	F		Baugewerbe (F)	4
14	G	45	Kfz-Handel; Instandhaltung u. Rep. v. Kfz (GA)	5
15		46	Großhandel (ohne Handel mit Kfz) (GB)	
16		47	Einzelhandel (ohne Handel mit Kfz) (GC)	
17	49	Landverkehr u. Transport in Rohrfernleitungen (HA)		
18	H	53	Post-, Kurier- u. Expressdienste (HE)	
19		50–52	Übrige Verkehr u. Lagerei (HX)	
20	I		Gastgewerbe (I)	
21	J	62–63	IT- u. Informationsdienstleister (JC)	
22		58–61	Übrige Information u. Kommunikation (JX)	
23	K		Finanz- u. Versicherungsdienstleister (K)	6
24	L		Grundstücks- u. Wohnungswesen (L)	7
25	M	69–70	Rechts- u. Steuerberatung, Unternehmensberatung (MAA)	6
26		71	Architektur- u. Ingenieurbüros; technische Untersuchung (MAB)	
27		72–75	Übrige freiberufliche, wissenschaftliche u. technische Dienstleister (MX)	
28	N	78	Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften (78)	
29		79–82	Sonstige wirtschaftliche Unternehmensdienstleister (NX)	
30	O		Öffentliche Verwaltung, Verteidigung; Sozialversicherung (O)	
31	P		Erziehung u. Unterricht (P)	
32	Q	86	Gesundheitswesen (QA)	8
33		87–88	Heime und Sozialwesen (QB)	
34	R		Kunst, Unterhaltung u. Erholung (R)	
35	S	94	Interessenvertretungen, religiöse Vereinigungen (SB)	
36		95–96	Sonstige Dienstleister a. n. g. (SX)	
37	T		Private Haushalte mit Hauspersonal (T)	

8 LITERATURVERZEICHNIS

- Becker, L., Bernardt, F., Bieritz, L., Mönnig, A., Parton, F., Ulrich, P. & Wolter, M. I. (2022): INFORGE in a Pocket. GWS-Kurzmitteilung 2022/02. <https://www.gws-os.com/de/publikationen/gws-kurzmitteilungen/detail/inforge-in-a-pocket>.
- Becker, L. & Lutz, C. (2021): Jobmotor Klimaschutz: Beschäftigungseffekte durch ambitionierten Klimaschutz. GWS Research Report 2021/1.
- BMWi & AGEE-Stat (Hg.) (2021): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland.
- Degel, M., Christ, M., Becker, L., Grünert, J. & Wingenbach, C. (2016): Sozial-ökologische und technisch-ökonomische Modellierung von Entwicklungspfaden der Energiewende. Unter Mitarbeit von Europa-Universität Flensburg und Deutsche Umwelthilfe e.V. Forschungsergebnisse / Zentrum für Nachhaltige Energiesysteme, Universität Flensburg.
- Kemmler, A., Kirchner, A., auf der Maur, A., Ess, F., Kreidelmeyer, S., Piégsa, A., Spillmann, T., Straßburg, S., Wunsch, M. & Ziegenhagen, I. (2020): Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgeabschätzungen 2030/2050 – Dokumentation von Referenzszenario und Szenario mit Klimaschutzprogramm 2030. Hg. v. Prognos AG, Basel.
- Krebs, O. (2020): RIOTs in Germany – constructing an interregional input-output table for Germany. University of Tübingen Working Papers in Business and Economics. University of Tuebingen, Faculty of Economics and Social Sciences, School of Business and Economics. BGPE Discussion Paper 132. <https://ideas.repec.org/p/zbw/tuewef/132.html>.
- Kronenberg, T. (2009): Construction of Regional Input-Output Tables Using Nonsurvey Methods. *International Regional Science Review* 32 (1), S. 40–64. DOI: 10.1177/0160017608322555.
- Kronenberg, T. & Többen, J. (2013): Über die Erstellung regionaler Input-Output-Tabellen und die Verbuchung von Importen. Institut für Wirtschaftsforschung Halle. Neuere Anwendungsfelder der Input-Output-Analyse. Beiträge zum Halleschen Input-Output-Workshop. DOI: 10.13140/RG.2.1.5153.4162.
- Lehr, U., Mönnig, A., Wolter, M. I., Lutz, C., Schade, W. & Krail, M. (2011): Die Modelle ASTRA und PATA RHEI zur Abschätzung gesamtwirtschaftlicher Wirkungen umweltpolitischer Instrumente – ein Vergleich. GWS Discussion Paper 2011/4, Osnabrück, Karlsruhe.
- Lehr, U., Ulrich, P., Lutz, C., Thobe, I., Edler, D., O'Sullivan, M., Simon, S., Naegler, T., Pfenning, U., Frank, P., Sakowski, F. & Bickel, P. (2015): Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland – Ausbau und Betrieb, heute und morgen. Politikberatung kompakt 101. DIW, Berlin. http://www.diw.de/sixcms/detail.php?id=diw_01.c.510579.de.
- Lutz, C., Becker, L., Ulrich, P. & Distelkamp, M. (2019): Sozioökonomische Szenarien als Grundlage der Vulnerabilitätsanalysen für Deutschland – Teilbericht des Vorhabens „Politikinstrumente zur Klimaanpassung. Hg. v. Umweltbundesamt. CLIMATE CHANGE 25/2019. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/soziooekonomische-szenarien-als-grundlage-der>, abgerufen am 06.12.2021.

Naegler, T., Becker, L., Buchgeister, J., Hauser, W., Hottenroth, H., Junne, T., Lehr, U., Scheel, O., Schmidt-Scheele, R., Simon, S., Sutardio, C., Tietze, I., Ulrich, P., Viere, T. & Weidlich, A. (2021): Integrated Multidimensional Sustainability Assessment of Energy System Transformation Pathways. *Sustainability* 13 (9).

Sonnenburg, A., Stöver, B., Ulrich, P. & Wolter, M. I. (2015): Auswirkungen des demographischen Wandels auf Branchen in Deutschland und potenzielle Rückwirkungen auf Hamburg – Endbericht. Studie im Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg, Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation. <https://papers.gws-os.com/fhh-endbericht.pdf>, abgerufen am 08.07.2022.

Übertragungsnetzbetreiber (2019): Netzentwicklungsplan Strom – Szenariorahmen für den Netzentwicklungsplan Strom 2030.

Ulrich, P. (2013): Regionalisierung indirekter Effekte unter Verwendung nationaler Input-Output-Tabellen und eines räumlichen Allokationsmodells. In: Neuere Anwendungsfelder der Input-Output-Analyse. Beiträge zum Halleschen Input-Output-Workshop 2012. Sonderheft / Institut für Wirtschaftsforschung Halle 1, Halle (Saale).

Ulrich, P. (2022): Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende in den Bundesländern – Struktur, Dynamik und räumliche Verteilung. Informationen zur Raumentwicklung 1/2022.

Ulrich, P., Distelkamp, M. & Lehr, U. (2012): Employment Effects of Renewable Energy Expansion on a Regional Level – First Results of a Model-Based Approach for Germany. *Sustainability* 4 (2), S. 227–243. <http://doi.org/10.3390/su4020227>.

Ulrich, P., Lehr, U. & Lutz, C. (2018): Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende in den Bundesländern – methodische Ansätze und Ergebnisse. GWS Research Report 2018/05. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/gesamtwirtschaftliche-effekte-der-energiewende-in-den-bundeslaendern.pdf>, abgerufen am 08.07.2022.

Ulrich, P. & Wolter, M. I. (2013): LÄNDER-Modell 2013 – Grundlagen, Ansätze und erste Analysen zum aktuellen Modell. GWS Discussion Paper 2013/6, Osnabrück.

Wolter, M. I., Helmrich, R., Maier, T., Weber, E., Zika, G., Großmann, A. & Dreuw, P. (2022): Zeitenwende: Russischer Angriff auf die Ukraine – Herausforderungen für den Arbeitsmarkt und die Wirtschaft – eine Sortierung. GWS Kurzmitteilung | QuBe-Essay 2/2022, Osnabrück. https://downloads.gws-os.com/QuBe-Essay_2_2022.pdf, abgerufen am 08.07.2022.

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) (2022): Wirtschaftliche Impulse durch Erneuerbare Energien – Zahlen und Daten zum Erneuerbaren-Ausbau als Wirtschaftsfaktor, Stuttgart, Februar 2021.

Zika, G., Schneemann, C., Hummel, M., Maier, T., Kalinowski, M., Bernardt, F., Mönnig, A., Parton, F., Sonnenburg, A., Ulrich, P. & Wolter, M. I. (2020): Langfristige Folgen von Demografie und Strukturwandel für regionale Arbeitsmärkte – Daten, Methoden und Ergebnisse der 5. Welle der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsprojektionen. Hg. v. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. IAB-Forschungsbericht 01/2020.

