

# Vom Klimaplan 2035 zum Standortvorteil: Regionalökonomische Effekte der Energiewende in der Region Hannover

*Eine Studie für die Region Hannover*

**DIW Econ GmbH**

Anton-Wilhelm-Amo-Straße 58  
10117 Berlin

Kontakt:

Dr. Lars Handrich

Tel. +49.30.20 60 972 - 0

Fax +49.30.20 60 972 - 99

[service@diw-econ.de](mailto:service@diw-econ.de)

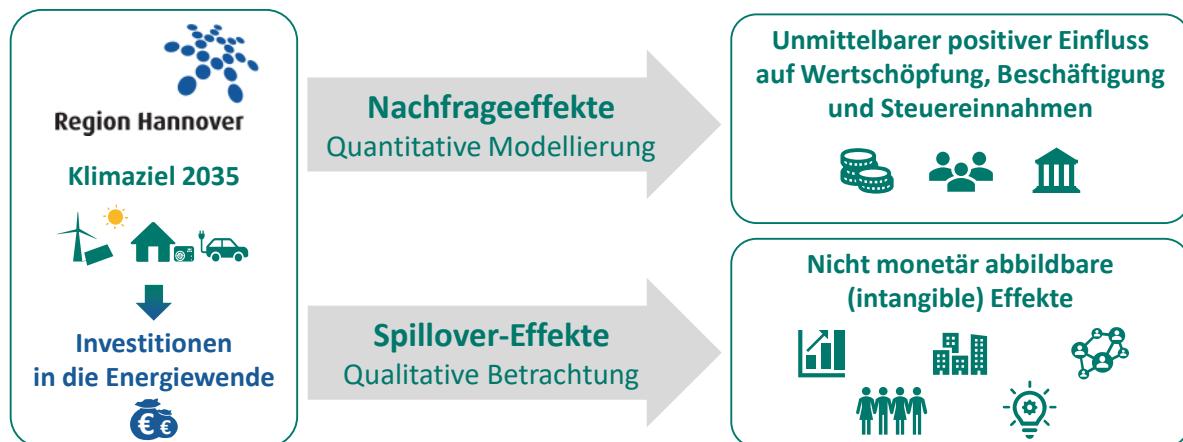
[www.diw-econ.de](http://www.diw-econ.de)

## Kurzfassung

Die Region Hannover mit ihren rund 1,1 Millionen Einwohner\*innen möchte bis zum Jahr 2035 die Treibhausgasneutralität erreichen und damit zehn Jahre früher als auf Bundes- und fünf Jahre früher als auf Landesebene. Entscheidend für die Erreichung dieses strategischen Ziels ist die Energiewende, also der umfassende Umbau des regionalen Energiesystems von Energieerzeugung bis zur Energienutzung in Gebäuden, in der Industrie und im Verkehr. Die Energiewende eröffnet sowohl monetäre Chancen durch Investitionsimpulse als auch nicht monetär erfassbare Wirkungen auf das Energiesystem, die Wirtschaft und die Gesellschaft.

Die DIW Econ wurde von der Regionsverwaltung beauftragt, die durch die Umsetzung der Energiewende in der Region Hannover bis zum Jahr 2035 erzeugten regionalökonomischen Effekte zu erfassen, um regionale Stakeholder über die Chancen der Energiewende zu informieren und die weitere Klimaschutzarbeit der Region Hannover zu unterstützen. Der Fokus der Studie liegt damit auf der quantitativen Erfassung der monetären Nachfrageeffekte, die durch die Investitionen in die Energiewende angestoßen werden. Darüber hinaus werden nicht monetär abbildbare Effekte auf die Innovationskraft, Standortattraktivität und Resilienz in der Region Hannover sowie sektorale Spillover-Effekte und weitere sektorspezifische Effekte qualitativ diskutiert.

**Abbildung: Konzeptioneller Rahmen der Studie**



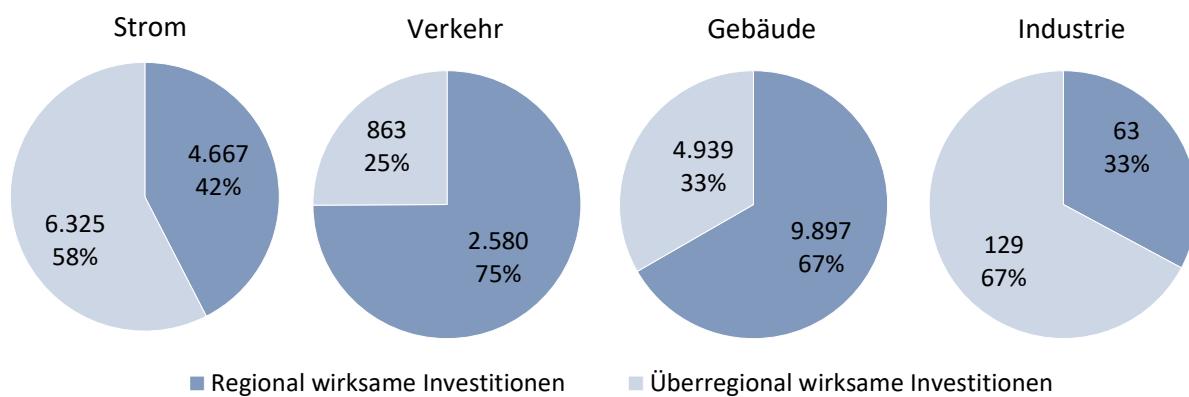
Quelle: DIW Econ.

Die quantitative Erfassung der regionalökonomischen Effekte der Energiewende erfolgt mit Hilfe einer Input-Output-Analyse auf Basis der geschätzten, getätigten bzw. notwendigen Investitionen. Dabei werden direkte / indirekte und induzierte Effekte auf die Bruttowertschöpfung, die Beschäftigung und die öffentlichen Einnahmen ermittelt. Für die Analyse im Zeitraum 2020-2035 auf der regionalen Ebene des Landkreises Region Hannover wird die vom Statistischen Bundesamt veröffentlichte nationale Input-Output-Tabelle in die Zukunft projiziert und regionalisiert. Die Hauptquellen für die Schätzung der

Investitionsvolumina sind die regionalen Planwerke und die Angaben von ausgewählten in der Region Hannover tätigen Unternehmen. Diesen werden entweder direkt die Investitionsvolumina entnommen oder die Ausbaupfade grüner Infrastruktur, von denen auf Basis der Literaturrecherche die notwendigen Investitionen abgeleitet werden. Ausschlaggebend für das Ambitionsniveau und die Transformationspfade ist insbesondere das für die Jahre 2020-2035 erarbeitete Klimaplan-Szenario (Kapfer, et al. 2024), in dem die energetischen Treibhausgasemissionen bis 2035 um 80 Prozent im Vergleich zu 1990 reduziert werden. Die Realisierbarkeit dieser Transformationspfade wird in dieser Studie nicht untersucht. Das Ziel der Studie ist es, die regionalökonomischen Chancen aufzuzeigen, die sich für die Region Hannover ergeben, wenn das Klimaziel wie geplant erreicht wird.

Für die Jahre 2020-2024 werden die bereits erfassten bzw. belastbar geschätzten tatsächlichen Investitionen herangezogen. Für den Zeitraum 2025 bis 2035 werden die Transformationspfade so ermittelt, dass die Ergebnisse des Klimaplan-Szenarios bis 2035 erreicht werden. Dadurch wird ein Nachholbedarf deutlich, der in den Modellrechnungen zu einem sprunghaften Hochlauf der Aktivitäten und Investitionen ab 2025-2026 führt. So sind für die Erreichung der im Klimaplan-Szenario gesetzten Ziele Gesamtinvestitionen in die Energiewende in Höhe von 29,5 Mrd. Euro bis zum Jahr 2035 notwendig. Im Zeitraum 2020-2024 wurden geschätzt 4,6 Mrd. Euro in die Energiewende investiert, im Durchschnitt sind es jährlich 0,9 Mrd. Euro. Damit wurden in dem Zeitraum 2020-2024 ca. 20 Prozent der für die Energiewende in der Region Hannover notwendigen Investitionen getätigt. Zwischen 2025 und 2035 werden für die Energiewende weitere 24,9 Mrd. Euro an Investitionen – 80 Prozent des Gesamtinvestitionsvolumens – notwendig. Von den Gesamtinvestitionen werden durchschnittlich knapp 60 Prozent direkt in der Region Hannover wirksam und steigern so die Nachfrage nach regionalen Gütern und Dienstleistungen. Die regionale Quote variiert jedoch nach Handlungsfeld. In Bereichen, wo Planung, Bau und Montage dominieren, verbleibt besonders viel Wertschöpfung in der Region Hannover.

**Abbildung: Verteilung der Gesamtinvestitionen im Zeitraum 2020-2035 in regional wirksame und überregional wirksame Investitionen, in Millionen Euro und in Prozent**

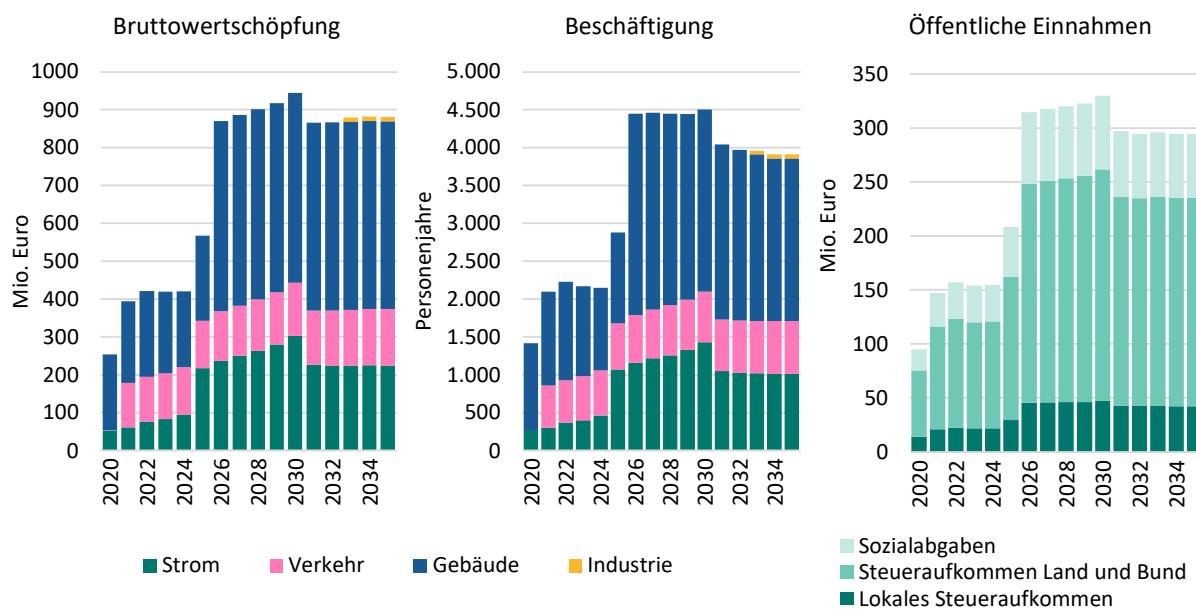


Quelle: DIW Econ.

Damit entstehen durch die Umsetzung des ambitionierten Klimaplan-Szenarios signifikante regionalökonomische Chancen. Für den Zeitraum 2020-2024 resultieren aus den erfassten Ausgaben insgesamt rund 1,9 Mrd. Euro zusätzliche Bruttowertschöpfung in der Region Hannover, was einem jährlichen Durchschnitt von rund 0,4 Mrd. Euro entspricht. Im Durchschnitt werden in dieser Periode 2.000 Arbeitsplätze und rund 0,02 Mrd. Euro an lokalen Steuereinnahmen durch die Investitionen gesichert.

Wenn das Transformationstempo ab dem Jahr 2025 signifikant gesteigert wird, können sich diese Effekte in dem Zeitraum 2025-2035 mit durchschnittlich knapp 0,9 Mrd. Euro an Bruttowertschöpfung und 0,05 Mrd. Euro an lokalen Steuereinnahmen pro Jahr sowie ca. 4.000 Arbeitsplätzen verdoppeln. Diese wirtschaftlichen Effekte der Investitionen in die Energiewende entsprechen rund 1,6 Prozent der gesamten regionalen Bruttowertschöpfung des Jahres 2022, rund 2 Prozent der Steuereinnahmen der Region Hannover im Jahr 2024 bzw. 0,6 Prozent der in 2022 Erwerbstätigten in der Region Hannover. Sie sind mit der Wirtschaftsleistung des gesamten Bausektors in der Region Hannover oder der Beschäftigung eines Großkonzerns mit Hauptsitz in Hannover, wie beispielsweise der TUI, vergleichbar.

**Abbildung: Übersicht der regionalökonomischen Effekte der Investitionen in die Energiewende in der Region Hannover**



Quelle: DIW Econ.

Die Energiewende hat außerdem viele Auswirkungen auf die Innovationskraft, die Attraktivität und die Resilienz der Region Hannover, die sich nicht unmittelbar quantifizieren lassen. Durch die notwendige Umstellung auf klimafreundliche Systeme entsteht Bedarf an technologischen Weiterentwicklungen und Prozessinnovationen. Dies kann zur weiteren Entwicklung von Kooperationen zwischen Unternehmen, Forschungseinrichtungen und qualifizierten Fachkräften beitragen, aber auch zur Entstehung

neuer Formen der Zusammenarbeit und gänzlich neuer Märkte. Clusterstrukturen schaffen Sichtbarkeit, bündeln Kompetenzen und erleichtern den Zugang zu spezialisierten Arbeitskräften, Zulieferern und Forschungseinrichtungen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Energiewende ist der Beitrag der erneuerbaren Strom- und Wärmeerzeugung zur Versorgungssicherheit und zur Resilienz der lokalen Energiesysteme. Vor dem Hintergrund aktueller geopolitischer Spannungen, volatiler Energiepreise und zunehmend spürbarer Klimarisiken gewinnt die Unabhängigkeit von zentralen Großanlagen und Importen fossiler Energieträger an Bedeutung. Ein dezentrales Energiesystem, das auf lokal erzeugte erneuerbare Energie setzt, spielt eine entscheidende Rolle für die Resilienz gegenüber geopolitischen Risiken und Preisschocks auf den Weltenergiemärkten.

Zusammengefasst verdeutlichen die Ergebnisse dieser Studie, dass die Transformation zur Treibhausgasneutralität weit über die Erfüllung ökologischer Ziele hinausgeht. Sie eröffnet der Region Hannover neue wirtschaftliche und gesellschaftliche Chancen und Perspektiven. Eine frühzeitige und ambitionierte Umsetzung der Energiewende ist somit nicht nur aus ökologischer Sicht geboten, sondern auch ein strategischer Beitrag zur regionalen Sicherheit, wirtschaftlichen Stabilität und Krisenfestigkeit. Darüber hinaus können dadurch First-Mover-Vorteile gesichert werden.

Der Weg zu den Klimazielen bleibt anspruchsvoll. Die Ergebnisse zeigen, dass zusätzliche Anstrengungen erforderlich sind, um das für das Klimziel notwendige Investitionstempo zu erreichen. Zentrale Voraussetzungen, um Planungssicherheit zu schaffen und privates Kapital zu mobilisieren, sind politische Verbindlichkeit, stabile Rahmenbedingungen und beschleunigte Genehmigungsverfahren. Eine aktive regionale Energie- und Innovationspolitik kann dazu beitragen, vorhandene Potenziale zu nutzen und die Energiewende als wirtschaftlichen Vorteil zu gestalten. Vor diesem Hintergrund werden in der Studie für die Region Hannover folgende Handlungsempfehlungen vorgeschlagen:

1. Fachkräfte sicherung und Qualifizierung
2. Aufbau und Vernetzung regionaler Cluster
3. Förderung lokaler Innovationsprojekte
4. Stärkung der regionalen Wertschöpfung bei kommunalen Projekten
5. Förderung kommunaler Energiegesellschaften
6. Förderung der Bürgerbeteiligung
7. Förderung der Information und Beratung der Bürger\*innen
8. Aktives Standortmarketing: Erzeugung erneuerbarer Energie als Standortvorteil
9. Einbindung weiterer Branchen und Nutzung sektoraler Synergien
10. Nutzung technologischer Synergien

# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Regionalisierte Input-Output-Analyse der Investitionen in die Energiewende.....</b>	<b>4</b>
2.1	Methodisches Vorgehen.....	4
2.2	Datengrundlage .....	10
2.3	Unsicherheiten und Unschärfen der Analyse.....	16
<b>3.</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>18</b>
3.1	Investitionen in die Energiewende .....	18
3.2	Bruttowertschöpfung .....	24
3.3	Beschäftigung .....	27
3.4	Öffentliche Einnahmen.....	31
<b>4.</b>	<b>Ergebnisdiskussion und Einordnung .....</b>	<b>33</b>
4.1	Wertschöpfung durch Nutzung klimaneutraler Technologien.....	33
4.2	Weitere nicht monetär abbildbare (intangible) Effekte .....	35
4.2.1	Innovationen .....	35
4.2.2	Standortattraktivität und sektorale Spillover-Effekte .....	38
4.2.3	Resilienz.....	40
4.2.4	Weitere sektorale Effekte .....	42
4.3	Potenzielle gegenläufige Entwicklungen durch Umstellung auf grüne Infrastruktur .....	46
4.4	Vorteile des frühen Handelns.....	47
<b>5.</b>	<b>Fazit .....</b>	<b>49</b>
<b>6.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>54</b>
<b>7.</b>	<b>Glossar.....</b>	<b>65</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Konzeptioneller Rahmen der Studie .....	2
Abbildung 1-2: Direkte, indirekte und induzierte Effekte der Investitionen in die Energiewende.....	3
Abbildung 2-2: Indirekte Wertschöpfungseffekte durch Investitionen in die Energiewende .....	7
Abbildung 2-3: Die Region Hannover und ihre Lage in Deutschland .....	8
Abbildung 2-4: Notwendiger jährlicher Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten in der Region Hannover in 2020-2035.....	11
Abbildung 2-5: Notwendige jährliche Sanierungsrate in der Region Hannover in 2020-2035 .....	12
Abbildung 2-6: Faktischer jährlicher Ausbau der Ladeinfrastruktur in der Region Hannover in 2012-2024 und geschätzter Ausbaupfad bis 2035, dargestellt als Anzahl der Wechselstrom (AC) und Gleichstrom (DC) Ladepunkte .....	13
Abbildung 2-7: Prozentuale regionale Lieferquoten und Investitionsanteile nach Input-Output- Sektor.....	16
Abbildung 3-1: Vergleich zwischen regional wirksamen Investitionen in die Energiewende zwischen 2020 und 2035 und dem Investitionsvolumen im produzierenden Gewerbe im Jahr 2023.....	21
Abbildung 3-2: Entwicklung der jährlichen Investitionen in die Energiewende zwischen 2020 und 2035, nach Handlungsfeldern: Anteil der Investitionen in der Region Hannover (rechts) im Vergleich zu den Gesamtinvestitionen (links) .....	22
Abbildung 3-3: Struktur der Gesamtinvestitionen und der regional wirksamen Investitionen im Zeitraum 2020-2035 nach Handlungsfeldern, in Millionen Euro und in Prozent.....	22
Abbildung 3-4: Verteilung der Gesamtinvestitionen im Zeitraum 2020-2035 in regional wirksame und überregional wirksame Investitionen, in Millionen Euro und in Prozent.....	23
Abbildung 3-5: Jährliche Bruttowertschöpfungseffekte durch die Energiewende in der Region Hannover nach Effekt .....	24
Abbildung 3-6: Prozentuale Anteile der Energiewende als Querschnittbranche (2020-2024, 2025-2035) und der Wirtschaftsbereiche (Stand 2022) an der Bruttowertschöpfung der Region Hannover im Jahr 2022.....	25
Abbildung 3-7: Jährliche Bruttowertschöpfungseffekte durch die Energiewende in der Region Hannover zwischen 2020 und 2035 nach Handlungsfeld .....	26

## Abbildung 3-8: Jährliche Beschäftigungseffekte durch die Energiewende in der Region

Hannover zwischen 2020 und 2035 nach Effekt ..... 27

## Abbildung 3-9: Jährliche Beschäftigungseffekte durch die Energiewende in der Region

Hannover zwischen 2020 und 2035 nach Handlungsfeld ..... 28

## Abbildung 3-10: Verteilung des Fachkräftebedarfs für den Bau von PV- und Windkraftanlagen

nach technischen Berufsgruppen, in Prozent..... 29

## Abbildung 3-11: Jährliches Steueraufkommen durch regionale Investitionen in die

Energiewende zwischen 2020 und 2035, in Millionen Euro ..... 32

## Abbildung 3-12: Verteilung der durchschnittlichen jährlichen öffentlichen Einnahmen im

Zeitraum 2020-2035 zwischen lokalem Steueraufkommen,

Steueraufkommen im Land Niedersachsen und im Bund sowie

Sozialabgaben, in Millionen Euro und in Prozent..... 32

## Abbildung 5-1: Übersicht der regionalökonomischen Effekte der Investitionen in die

Energiewende in der Region Hannover..... 50

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Quellen zu Ausbaupfaden und Investitionskosten nach Handlungsfeld .....	15
Tabelle 2-2: Abweichende regionale Lieferquoten in einzelnen Bereichen und Sektoren.....	16
Tabelle 3-1: Jährliche Investitionen in die Energiewende in der Region Hannover nach Handlungsfeld zwischen 2020 und 2035, in Millionen Euro .....	19
Tabelle 4-1: Technische Lebensdauer in Jahren und Betriebskosten ausgewählter klimaneutraler Technologien im Verhältnis zu den Investitionskosten, in Prozent. ....	34

## 1. Einleitung

Um ihren Beitrag für den Klimaschutz zu leisten, strebt die Region Hannover die regionale Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2035 an, 10 Jahre vor dem Ziel Deutschlands. Ein wesentlicher Teil der Klimatransformation ist eine umfassende Energiewende – der Umbau des regionalen Energiesystems von der Stromerzeugung über Mobilität und Industrie bis hin zur Energienutzung in Gebäuden. Sie bringt Chancen sowohl durch monetäre Effekte, die durch den Investitionsimpuls ausgelöst werden, als auch durch nicht monetär abbildbare Wirkungen auf das lokale Energiesystem, die Wirtschaft und die Gesellschaft.

Die für die Energiewende in der Region Hannover notwendigen Investitionen lösen regionalökonomische Effekte auf die Bruttowertschöpfung, die Beschäftigung sowie auf die öffentlichen Einnahmen aus. Dabei spielt insbesondere der Umstieg auf erneuerbare Energien eine zentrale Rolle. Der Aufbau von Windkraft- und Photovoltaikkapazitäten führt zu einer Dezentralisierung der Energieerzeugung und hat hierdurch das Potenzial, die damit verbundene Wertschöpfung deutlich stärker regional zu streuen als dies in einem Wirtschaftssystem der Fall wäre, das vornehmlich auf fossile Energieträger setzt. Aber auch Investitionen in andere Teilbereiche der Klimatransformation, etwa im Verkehr oder in Gebäuden, lösen regionalökonomische Nachfrageeffekte aus. Konkret kann die Region Hannover von der Wertschöpfung aus dem Aufbau grüner Infrastruktur direkt durch Steuereinnahmen und kommunale Beteiligungsgesellschaften sowie indirekt durch eine allgemeine Erhöhung der Standortattraktivität für Investor\*innen und durch neue Unternehmensansiedlungen profitieren. Auch für die Bürger\*innen können sich damit die Chancen erhöhen, (zukunftssichere) Arbeitsplätze zu finden oder selbst in Form von Teilhabekonstruktionen an Investitionen in die Energiewende zu partizipieren.

Darüber hinaus sind mit dem Aufbau grüner Infrastruktur Spillover-Effekte für die regionale Wirtschaft verbunden (ZSW 2024, Ulrich 2023). So kann der Fachkräftepool des regionalen Arbeitsmarktes vergrößert, die lokale Infrastruktur gestärkt, Synergiepotenziale mit weiteren Wirtschaftszweigen gehoben sowie grundsätzlich zur Diversifikation der lokalen Wirtschaft beigetragen werden. Durch die Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen aus anderen Regionen, potenzielle Kooperationen und Unternehmenswachstum können auch Spillover-Effekte über die regionalen Grenzen hinaus erzielt werden. Somit birgt die Energiewende vielfältige kurz-, mittel- und langfristig wirksame wirtschaftliche Chancen für die Region Hannover.

Das Ziel der vorliegenden Studie ist es, diese Chancen aus ökonomischer Sicht zu erfassen. Dabei werden die unmittelbaren monetären Effekte, die auf den Nachfrageimpuls durch die Investitionen in die

Energiewende zurückzuführen sind, quantitativ ermittelt. Darüber hinaus werden weitere, nicht monetär abbildbare Effekte der Energiewende qualitativ betrachtet (vgl. Abbildung 1-1).

Abbildung 1-1: Konzeptioneller Rahmen der Studie



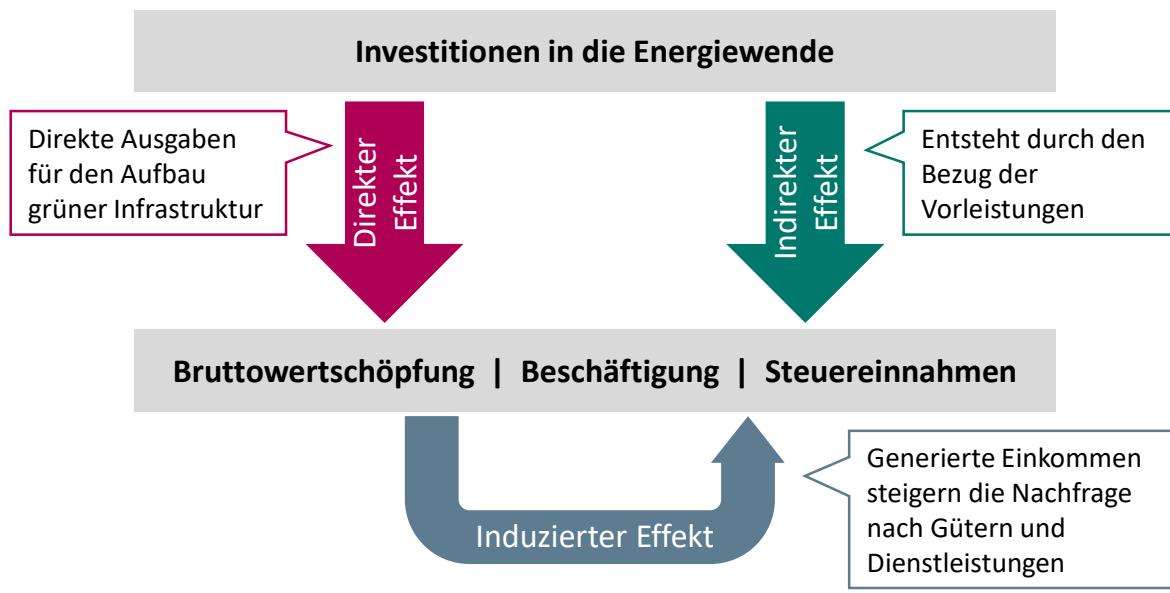
Quelle: DIW Econ.

Der Schwerpunkt der Studie liegt auf der quantitativen Ermittlung des regionalökonomischen Potenzials der Energiewende bis 2035. Die grundlegende Annahme der Studie ist, dass die Klimaziele der Region Hannover erreicht werden, wenngleich dies in den kommenden Jahren eines signifikanten Hochlaufs der Anstrengungen und der damit verbundenen Investitionen bedarf. Die Frage der Realisierbarkeit der Klimaziele ist dabei nicht Gegenstand der Studie, denn diese zielt darauf ab, die regionalökonomischen Chancen aufzuzeigen, die sich für die Region Hannover ergeben, wenn das Klimaziel wie geplant erreicht wird.

Bezüglich des Ambitionsniveaus und der Transformationspfade orientiert sich die Studie am Klimaplan-Szenario, das für die Region Hannover für die Jahre 2020-2035 erarbeitet wurde (Kapfer, et al. 2024), und an anderen regionalen Planwerken, wie dem Verkehrsentwicklungsplan „VEP 2035+“ (Region Hannover 2023). Im Klimaplan-Szenario werden die energetischen Treibhausgasemissionen bis 2035 um 80 Prozent im Vergleich zu 1990 reduziert. Die entsprechenden Energieeinsparungen und Anteile der erneuerbaren Energiequellen im Jahr 2035 werden in der vorliegenden Studie als Zielsetzung verwendet. Für die Jahre 2020-2024 werden die bereits erfassten bzw. belastbar geschätzten tatsächlichen Investitionen herangezogen. Für den Zeitraum 2025 bis 2035 werden die Transformationspfade so ermittelt, dass die Ergebnisse des Klimaplan-Szenarios bis 2035 erreicht werden. Die mit der Transformation einhergehenden Investitionen werden teilweise den regionalen Planwerken und Angaben der ausgewählten in der Region Hannover tätigen Unternehmen entnommen. In Teillbereichen, wo Investitionsvolumina nicht direkt vorliegen, werden diese basierend auf Ausbaupfaden der grünen Infrastruktur geschätzt.

Die regionalökonomischen Effekte der Energiewende werden mit Hinblick auf die Bruttowertschöpfung, die Beschäftigung und die öffentlichen Einnahmen für die Handlungsfelder Strom, Verkehr, Gebäude sowie Industrie ausgewertet.<sup>1</sup> Dabei werden direkte / indirekte sowie induzierte Effekte erfasst. Der direkte Effekt umfasst die direkt bei investitionstätigen Unternehmen erzeugte Wertschöpfung oder Beschäftigung, der indirekte Effekt entsteht dagegen durch den Bezug der Vorleistungen für die durch Investitionen in die Energiewende nachgefragten Güter und Dienstleistungen (vgl. Abbildung 1-2). Die durch beide Effekte erzeugten Einkommen werden wieder ausgegeben, wodurch der induzierte Effekt entsteht. So werden die wirtschaftlichen Auswirkungen der Investitionen in die Energiewende über den initialen Investitionsimpuls hinaus ermittelt.

**Abbildung 1-2: Direkte, indirekte und induzierte Effekte der Investitionen in die Energiewende**



Quelle: DIW Econ.

Die Quantifizierung der regionalökonomischen Effekte wird mithilfe der Input-Output-Analyse durchgeführt, die es ermöglicht, die Vorleistungsverflechtungen innerhalb einer Volkswirtschaft zu berücksichtigen und so wirtschaftliche Auswirkungen der Investitionen in die Energiewende über die direkten Effekte hinaus zu erfassen. Um die regionalökonomischen Effekte bis 2035 auf der regionalen Ebene des Landkreises Region Hannover zu ermitteln, wird die vom Statistischen Bundesamt veröffentlichte nationale Input-Output-Tabelle in die Zukunft projiziert und regionalisiert.

<sup>1</sup> Bruttowertschöpfung spiegelt die Höhe der im Zusammenhang mit der Produktion erzielten Arbeits- und Kapitaleinkommen wider. Unter Beschäftigung wird in dieser Studie die Zahl der Erwerbstätigen verstanden, wenn nicht explizit anders angegeben.

Neben den quantifizierbaren monetären Effekten werden in dieser Studie auch nicht monetär abbildbare Effekte qualitativ eingeordnet. Insbesondere werden die Auswirkungen auf die regionale Innovationskraft, die Standortattraktivität, die möglichen sektoralen Spillover-Effekte sowie die energetische und wirtschaftliche Resilienz diskutiert. Zudem werden für die vier Handlungsfelder Strom, Verkehr, Gebäude und Industrie die jeweiligen sektorspezifischen Effekte erläutert. Angesichts des ambitionierten Zeitraums für die Erreichung der Klimaziele werden darüber hinaus die Vorteile des frühen Handelns aufgezeigt.

Die nachfolgenden Kapitel beleuchten das methodische Vorgehen und die ermittelten quantitativen Ergebnisse im Detail, ordnen diese im Kontext der regionalen Entwicklung ein und diskutieren qualitativ die über die unmittelbaren monetären Effekte hinausgehenden Chancen.

## 2. Regionalisierte Input-Output-Analyse der Investitionen in die Energiewende

### 2.1 Methodisches Vorgehen

Die Wertschöpfungseffekte der Investitionen in die Energiewende werden auf Basis der Investitionsvolumen und deren sektoraler Struktur mit Hilfe einer Input-Output-Analyse für die Jahre 2020-2035 ermittelt (s. Abschnitt 2.2 für mehr Informationen zur Investitionserfassung).

Die Input-Output-Analyse ist ein etabliertes Instrument, mit dem die Stärke eines Nachfrageimpulses auf die Wirtschaftsleistung bestimmt wird. Sie beruht auf wirtschaftsstatistischen Auswertungen über die Vorleistungsverflechtungen zwischen den Produktionsbereichen einer Volkswirtschaft. Grundlage ist die Input-Output-Tabelle – eine tabellarische Auswertung der über die Unternehmen einer Volkswirtschaft aggregierten Produktionswerte innerhalb eines festen Bezugsjahres. Diese werden untergliedert nach Produktionsbereichen und differenziert nach der Verwendung als Vorleistungsprodukte für wiederum andere Produktionsbereiche oder als Verbrauchs- bzw. Investitionsgüter. Somit lässt sich ersehen, in welcher Höhe jeder der Produktionsbereiche Vorleistungen aus anderen Produktionsbereichen bezieht. Diese Information ermöglicht es, neben Produktionswerten auch die Wertschöpfung der einzelnen Bereiche als Differenz zwischen Produktionswert und bezogenen Vorleistungen zu ermitteln. Darüber hinaus ermöglicht die Kombination mit sektoralen Beschäftigtendaten es, Produktivitätskennzahlen zu ermitteln und die Anzahl der Arbeitsplätze zu bestimmen, die mit der Herstellung bestimmter Güter und der Erbringung entsprechender Dienstleistungen verbunden sind.

Die im Rahmen dieser Studie durchgeführte Analyse basiert auf den vom Statistischen Bundesamt im Rahmen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) veröffentlichten Input-Output-Tabellen mit den Bezugsjahren bis 2022, in denen die Vorleistungsverflechtungen zwischen 72 Produktionsbereichen der deutschen Volkswirtschaft angeben werden (Statistisches Bundesamt 2025b). Da die Input-Output-Tabellen mit einer Verzögerung von ca. drei Jahren veröffentlicht werden, wurden die Tabellen für die Jahre 2023–2024 basierend auf den zuletzt veröffentlichten Tabellen und aktuellen VGR-Daten projiziert (sog. „Nowcasting“). Zur Berechnung der wirtschaftlichen Auswirkungen für die Jahre 2025 bis 2035 wurden historische Input-Output-Tabellen, weitere makroökonomische Daten aus VGR (Statistisches Bundesamt 2025b), sowie langfristige Prognosen für das reale Bruttoinlandsprodukt (BIP) und die Bevölkerungsentwicklung in Deutschland (OECD 2025) herangezogen. Damit lassen sich die Input-Output-Tabellen, die Vorleistungen und die Bruttowertschöpfung in Deutschland für den Zeitraum von 2025 bis 2035 prognostizieren. Dafür werden dynamische ökonometrische Modelle und Prognosemethoden verwendet, die denen von Temursho et al. (2020) ähneln.

Die Effekte auf die regionale Wirtschaft werden anhand der folgenden Indikatoren ausgewertet:

- **Bruttowertschöpfung:** Das Hauptaugenmerk liegt auf der Abschätzung der zusätzlichen Wertschöpfung vor Ort, die durch die Investitionen in die Energiewende hervorgerufen wird. Die Bruttowertschöpfung bezeichnet die Summe der regional geschaffenen Produktionswerte abzüglich der verwendeten Vorleistungen und spiegelt zugleich die Höhe der im Zusammenhang mit der Produktion erzielten **Arbeits- und Kapitaleinkommen** wider.
- **Beschäftigung:** Die angestoßenen Produktionszuwächse gehen mit einem erhöhten Bedarf an Arbeitskräften einher. Mithilfe der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) des Statistischen Bundesamtes lässt sich die Zahl der Erwerbstätigen abschätzen, deren Arbeitsplätze mit der Produktion von Gütern und Dienstleistungen für die Energiewende verbunden sind (vgl. Glossar).
- **Öffentliche Einnahmen (Steuern und Abgaben):** Die durch Investitionen in die Energiewende hervorgerufene zusätzliche Wertschöpfung stellt Arbeits- und Kapitaleinkommen dar (s.o.). Dieses Einkommen wird mit der Einkommenssteuer, Sozialversicherungsabgaben, der Körperschaftssteuer und weiteren Steuern belastet. Dadurch entstehen Steuereinnahmen für den Bund, das Land Niedersachsen sowie die Städte und Gemeinden der Region Hannover.

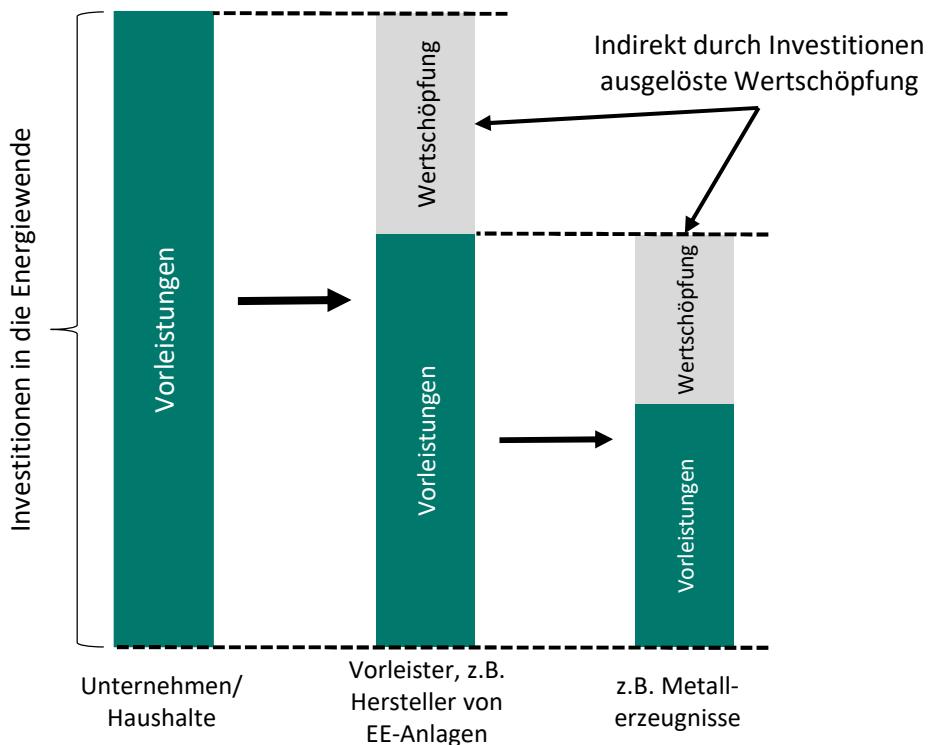
Im vorliegenden Fall besteht der Nachfrageimpuls darin, dass Unternehmen, Haushalte und öffentliche Institutionen gezielt Investitionen in die Energiewende tätigen. Beispiele hierfür sind der Ausbau erneuerbarer Energien, die energetische Sanierung von Gebäuden oder der Ausbau eines klimaneutralen

öffentlichen Verkehrs. Dies erzeugt unmittelbar eine Nachfrage nach Arbeitskräften sowie nach Gütern und Dienstleistungen regionaler Produzent\*innen und wirkt sich damit indirekt positiv auf die Wirtschaftsleistung und das Einkommen in der Region Hannover aus. Analytisch wird die Wirkung des Nachfrageimpulses in drei Teileffekte gegliedert (vgl. Abbildung 1-2 oben):

- Der **direkte Effekt** umfasst die unmittelbar bei investitionstätigen Unternehmen erzeugte Wertschöpfung, die anhand der Löhne und Gehälter der Mitarbeiter\*innen gemessen wird. In diesem Fall ist aber keine klare Abtrennung der direkt mit den Investitionen verbundenen Wertschöpfung in den Unternehmen möglich bzw. die Investitionen werden teilweise von Haushalten getätigten, die keine Wertschöpfung generieren. Der direkte Effekt kann daher nicht explizit bestimmt werden und wird in dieser Studie nicht weiter vom indirekten Effekt getrennt.
- Der **indirekte Effekt** erfasst die Bruttowertschöpfung, die aus der regionalen Bereitstellung der durch Investitionen in die Energiewende nachgefragten Güter und Dienstleistungen sowie sämtlicher Vorleistungsprodukte resultiert. Dies umfasst beispielsweise Ausgaben für Anlagen- und Planungstechnik, Planung und Installation von Anlagen zur erneuerbaren Strom- und Wärmeerzeugung oder die Planung und Durchführung von Sanierungsmaßnahmen in Gebäuden. Die Erfassung des indirekten Effektes bildet den Kern der Input-Output-Analyse.
- Da die vor Ort erzeugte Wertschöpfung sich zu bedeutenden Teilen in den verfügbaren Einkommen in der Region Hannover niederschlägt, erhöht sich wiederum die allgemeine Investitions- und Konsumnachfrage. Der **induzierte Effekt**, dessen Berechnung auf das volkswirtschaftliche Konzept des Ausgabenmultiplikators zurückgreift, bemisst diese Verstärkung des initialen Impulses.

Abbildung 2-2 illustriert die Entstehung der indirekten Wertschöpfungseffekte. Werden Investitionen in die Energiewende getätigten, beziehen die Investor\*innen – Unternehmen, öffentliche Institutionen bzw. Haushalte – Vorleistungen u.a. von Planungsbüros und Anlagenbauunternehmen. Die Anlagenherstellenden zahlen beispielsweise Gehälter, erzielen Gewinne und generieren somit selbst Wertschöpfung. Andererseits müssen sie wiederum Metallerzeugnisse, elektronische Komponenten, Transportleistungen sowie weitere Güter und Dienstleistungen beziehen. Die Hersteller von Metallerzeugnissen erzeugen wiederum Wertschöpfung und tätigen Ausgaben für rohes Metall, Energie, Instandhaltung der Maschinen usw. Auf diese Weise verbreitet sich der ursprüngliche Impuls der Investitionen über die gesamte Wertschöpfungskette als zusätzliches Einkommen.

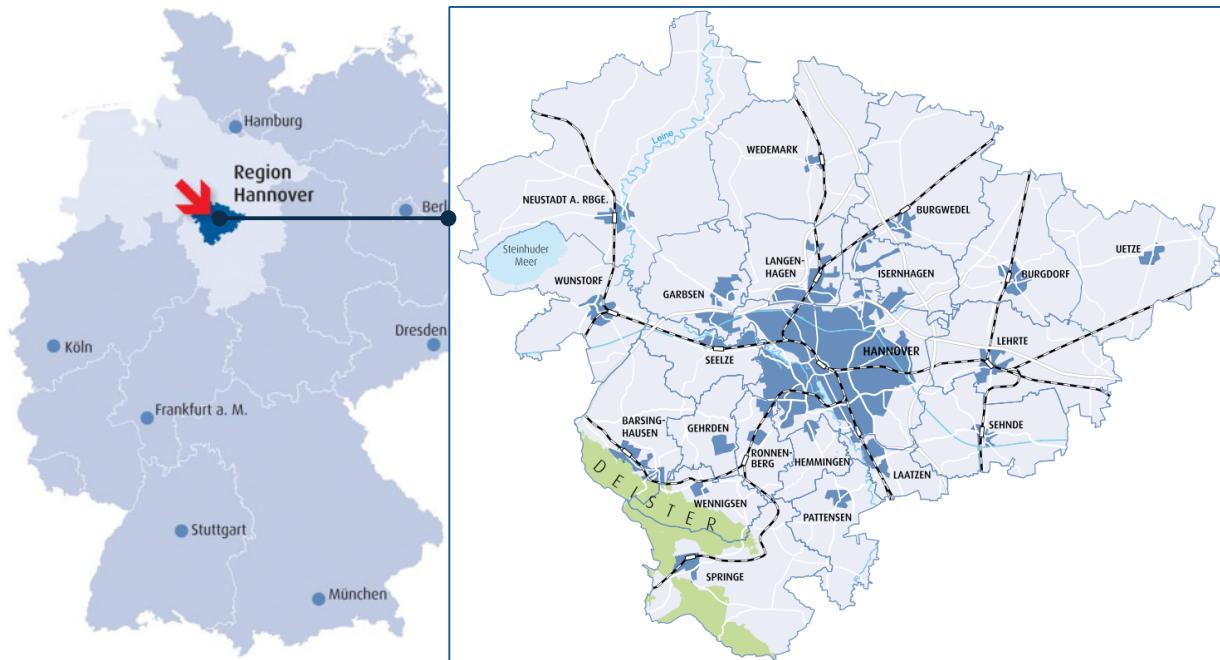
Abbildung 2-1: Indirekte Wertschöpfungseffekte durch Investitionen in die Energiewende



Quelle: DIW Econ.

Die Investitionen in die Energiewende und die damit einhergehenden regionalökonomischen Effekte auf die Bruttowertschöpfung, Beschäftigung und öffentlichen Einnahmen werden auf der Ebene des Landkreises Region Hannover erfasst. Die Region Hannover umfasst die Landeshauptstadt Hannover sowie 20 Städte und Gemeinden mit einer Gesamtbevölkerung von rund 1,1 Mio. Menschen (LSN 2025a). Der Landkreis ist sowohl durch urbane als auch durch ländliche Räume geprägt (vgl. Abbildung 2-3). Die Landeshauptstadt Hannover repräsentiert dabei 9 Prozent der Kreisfläche und knapp die Hälfte der Bevölkerung der Region Hannover (LSN 2025a).

Abbildung 2-2: Die Region Hannover und ihre Lage in Deutschland



Quelle: Region Hannover (2021, 2025a).

Input-Output-Tabellen sind auf regionaler Ebene nicht verfügbar, sodass eine Betrachtung regional-ökonomischer Verflechtungen einer methodischen Erweiterung bedarf. DIW Econ hat, aufbauend auf Forschungsergebnissen im Bereich der Regionalökonomik (Flegg und Tohmo 2013, Kronenberg und Többen 2013), eine solche Erweiterung basierend auf regionalen Beschäftigtendaten entwickelt. Mithilfe dieser werden Koeffizienten ermittelt, die abbilden, welcher Anteil der Effekte auf Wertschöpfung und Beschäftigung regional wirksam wird und welcher Anteil auf Gebiete außerhalb der betrachteten Region entfällt. So werden Bauleistungen, handwerkliche Dienstleistungen oder lokaler Transport etwa typischerweise nicht von geografisch weit entfernten Anbieter\*innen bezogen. Ähnlich verhält es sich mit den persönlichen Dienstleistungen wie Gesundheitsdienstleistungen. Die Herstellung industrieller Güter wie Maschinen oder Fahrzeuge ist dagegen in wenigen deutschen Regionen konzentriert, sodass sie mit höherer Wahrscheinlichkeit in die Bezugsregion importiert werden. Je kleiner die Region, desto höher sind tendenziell die Importquoten.

Aufgrund der Verfügbarkeit regionaler Beschäftigungsdaten in der sektoralen Gliederung der Input-Output-Rechnung wird bei der Regionalisierung der Input-Output-Tabelle statt der Zahl der Erwerbstätigen auf die Zahl der sozialversicherungspflichtigen (SVP) Beschäftigten zurückgegriffen. Die Nutzung dieser Daten wird methodisch dadurch ermöglicht, dass beide Indikatoren stark korrelieren und für die Regionalisierung nicht die absolute Zahl der Beschäftigten ausschlaggebend ist, sondern der Unterschied in der Erwerbsstruktur zwischen dem deutschen Durchschnitt und der analysierten Region. Für die regionale Input-Output-Tabelle wäre die NUTS-3 Ebene (Landkreis Region Hannover)

ideal. Allerdings weisen die für die Regionalisierung erforderlichen Beschäftigungsdaten auf Landkreisebene aufgrund von Datenschutzvorgaben meist zahlreiche Lücken auf. Diese können zwar mit statistischen Methoden geschätzt werden, jedoch reduzieren viele Datenlücken stark die Präzision dieser Imputationsmethoden. Aus diesem Grund wurde die Input-Output-Tabelle auf der Ebene der Raumordnungsregionen (ROR) regionalisiert. Die hier betrachtete ROR 307 umfasst die Region Hannover selbst sowie die Landkreise Nienburg/Weser und Schaumburg. Die Region Hannover ist dabei mit ca. 86 Prozent sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten der größte Landkreis in der ROR. Bei der Nutzung der Input-Output-Tabelle auf ROR-Ebene wird angenommen, dass die regionalen Lieferquoten und die relativen Verhältnisse zwischen den Sektoren in der ROR repräsentativ für die entsprechenden Werte in der Region Hannover sind. Unter Berücksichtigung des Anteils der Region Hannover an der ROR lassen die Daten insbesondere bei den für die Energiewende relevanten Sektoren (wie Maschinenbau, elektrische Ausrüstungen und Bau) erwarten, dass die Nutzung der Input-Output-Tabelle auf ROR-Ebene nicht weniger präzise ist als die Nutzung der Tabelle auf Landkreisebene, bei der es sehr viele geschätzte Werte gibt. Die Berechnung der Effekte auf Bruttowertschöpfung, Beschäftigung und öffentliche Einnahmen erfolgt weiterhin auf der Ebene der Region Hannover, auch wenn die relativen Verhältnisse zwischen den Sektoren einer für die Raumordnungsregion regionalisierten Tabelle entnommen werden.

Die induzierten Effekte werden berechnet, indem die direkten und indirekten Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte mit einem aus statistischen Daten abgeleiteten Konsum-multiplikator kombiniert werden. Bei der sogenannten „Multiplikatoranalyse“ wird davon ausgegangen, dass Verbraucher nur einen Teil ihres Einkommens in der heimischen oder regionalen Wirtschaft ausgeben. Diese Ausgaben generieren jedoch Nachfrage, die mit weiterem Einkommen verbunden ist. Durch die Wiederausgabe dieses Einkommens entsteht erneut Nachfrage und weiteres Einkommen, sodass sich der ursprüngliche Impuls multipliziert. Der Multiplikator  $m$  kann auf der Grundlage eines in der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur umfassend dokumentierten Ansatzes berechnet werden (Mankiw 2012):

$$m = \frac{1}{1 - [(1-s)(1-t)(1-k)]}$$

dabei bezeichnet  $s$  die Sparquote,  $t$  die Steuerquote auf Einkommen und  $k$  die Importquote.

Die Berechnung der induzierten Effekte beruht auf diversen Auswertungen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (Statistisches Bundesamt 2025b), die im wesentlichen Abgabenquoten auf Einkommen, regionale Sparquoten sowie regionale Importquoten abbilden. Diese Informationen ermöglichen eine Abschätzung, welcher Anteil der erzielten Einkommen wiederum eine Erhöhung der Güter- und Dienstleistungsnachfrage vor Ort bewirkt.

## 2.2 Datengrundlage

Die Investitionen in die grüne Infrastruktur für die Energiewende in der Region Hannover werden in vier Handlungsfeldern erfasst:

- Strom,
- Verkehr,
- Gebäude / Wärme,
- Industrie.

Ausgangspunkt für die Erfassung des Investitionsvolumens sind die mit der Energiewende in Zusammenhang stehenden regionalen Planwerke. Das sind hauptsächlich die „Szenarien Klimaplan 2035“ (Kapfer, et al. 2024), der Verkehrsentwicklungsplan „VEP 2035+“ (Region Hannover 2023) und die Angaben der ausgewählten Energie- und Industrieunternehmen in der Region Hannover. Diesen werden die Ausbaupfade der grünen Infrastruktur und teilweise die damit einhergehenden Investitionsvolumina entnommen.

Soweit möglich wird für die bereits vergangenen Jahre 2020-2024 das tatsächliche Aufkommen ermittelt bzw. geschätzt. Beim Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugungsanlagen, Speicherkapazitäten und Ladeinfrastruktur für Elektromobilität werden aktuelle Daten der Bundesnetzagentur (Stand März 2025) herangezogen.

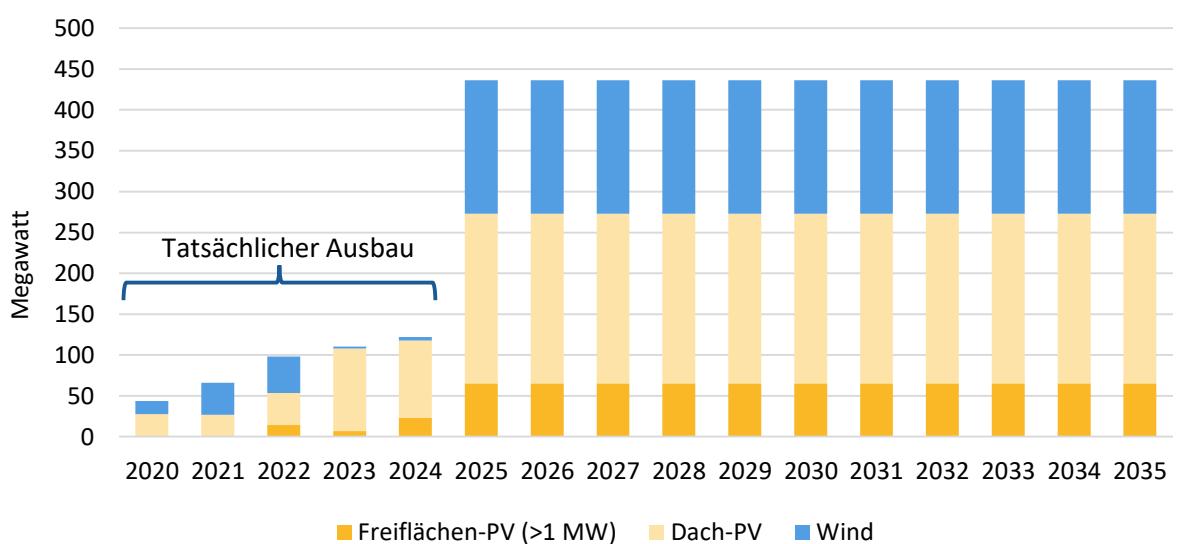
Da die „Szenarien Klimaplan 2035“ das Jahr 2020 als Ausgangspunkt haben und die tatsächlichen Transformationspfade bis 2024 von der Klimaplan-Szenario Modellierung abweichen, werden die Transformationspfade ab 2025 so angepasst, dass die Zielerreichung in den jeweiligen Handlungsfeldern bis 2035 gewährleistet ist. Dies bedeutet, dass das Tempo der Transformation in den kommenden Jahren deutlich erhöht werden muss, sollte die Emissionsreduktion in der Region Hannover bis 2035 entsprechend den „Szenarien Klimaplan 2035“ erreicht werden.<sup>2</sup> So müssen beispielsweise die bisherigen Ausbauraten für Photovoltaik (PV)-Anlagen und die Sanierungsrate in Gebäuden in der Region Hannover mehr als verdoppelt werden (vgl. Abbildung 2-4, Abbildung 2-5). Auch der bisher stockende Ausbau der Windkraftanlagen muss stark ausgeweitet werden. Der kumulative Ausbau der Windener-

<sup>2</sup> Als Zielerreichung wird hier die Erreichung der in den „Szenarien Klimaplan 2035“ modellierten kumulativen erneuerbaren Erzeugungskapazitäten in 2035 bzw. des bis 2035 zu modernisierenden Gebäudebestands verstanden. Kapfer et al. (2024) legen dar, dass unter der Annahme des ambitionierten Klimaplan-Szenarios eine Reduktion der energetischen Treibhausgasemissionen um 80 Prozent bis 2035 im Vergleich zu 1990 resultiert, das regionale Ziel der Klimaneutralität bis 2035 unter den aktuellen Rahmenbedingungen jedoch voraussichtlich nicht erreicht wird.

gie bis zum Jahr 2035 entspricht jedoch den aktuellen Planungen in der Region Hannover. Es wird erwartet, dass durch die in 2025 erfolgte Festlegung von Vorranggebieten für die Windenergienutzung (sog. Windenergiegebieten) auf 2,34 Prozent der Fläche des Regionsgebietes im Regionalen Raumordnungsprogramm die Beschleunigung des Ausbaus der Windenergienutzung gewährleistet wird (Region Hannover 2025g).

Im Rahmen der vorliegenden Analyse wird analog zu den Szenarien Klimaplan (Kapfer, et al. 2024) und dem Sachstandsbericht Solaroffensive 2.0 (Region Hannover 2025e) angenommen, dass das notwendige Transformationstempo bereits zu Anfang der analysierten Zukunftsperiode erreicht wird. In der vorliegenden Analyse beginnt die Zukunftsperiode ab dem Jahr 2025 bzw. 2026. Dadurch entsteht in den Modellrechnungen zum Teil eine sprunghafte Erhöhung des Ausbaus und der damit verbundenen Investitionen.<sup>3</sup>

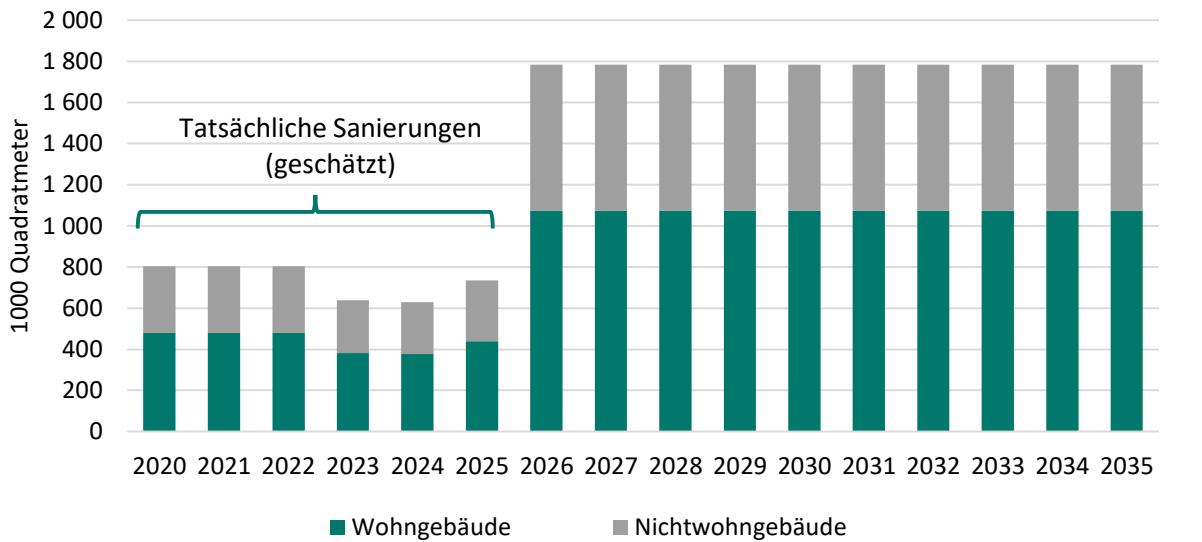
**Abbildung 2-3: Notwendiger jährlicher Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten in der Region Hannover in 2020-2035**



Quelle: DIW Econ.

<sup>3</sup> Zwar könnte argumentiert werden, dass ein gleichmäßigerer Verlauf vorzuziehen wäre, doch sollte beachtet werden, dass dies die Anstrengungen lediglich in die Zukunft verschieben würde. Bei einem verbleibenden Zeitraum von rund zehn Jahren würde die Zielerreichung dann eine noch drastischere Tempohöhung nach 2030 erfordern (vgl. Abschnitte 2.3 und 4.4).

Abbildung 2-4: Notwendige jährliche Sanierungsrate in der Region Hannover in 2020-2035



Quelle: DIW Econ.

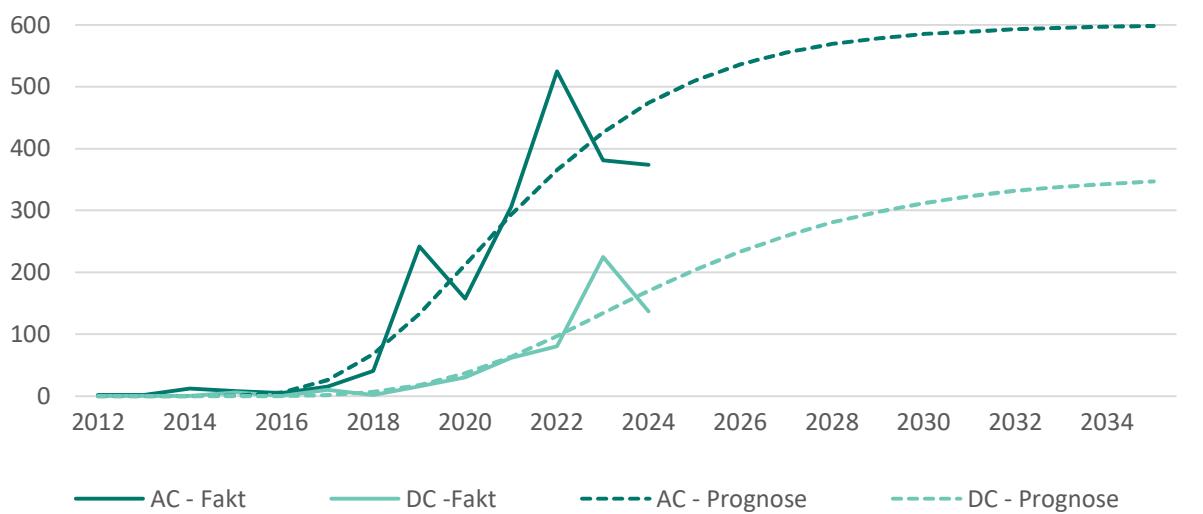
In den Bereichen, wo die Ausbaupfade und/oder Investitionsvolumen nicht aus den „Szenarien Klimaplan 2035“, dem Verkehrsentwicklungsplan „VEP 2035+“ oder den Unternehmensangaben entnommen werden können, werden zusätzliche externe Daten, Studien und Trendabschätzungen hinzugezogen. Die Ausbaupfade, für die nur das Gesamtvolumen über mehrere Jahre vorliegt, werden linear interpoliert. Somit kann zum Beispiel nicht bewertet werden, ob bzw. in welchem Umfang die im Verkehrsentwicklungsplan „VEP 2035+“ vorgesehenen Investitionen bereits in 2020-2024 getätigten wurden, sodass das jährliche durchschnittliche Investitionsvolumen angenommen wird.

Für den Ausbau der Ladeinfrastruktur liegen weder Szenario-Daten noch repräsentative Planungen der Betreiber\*innen vor. Der Ausbau der Ladeinfrastruktur wird von vielen privaten Akteur\*innen vorangetrieben, unter anderem auch Inhaber\*innen von Geschäften, Werkstätten, Hotels und anderen Einrichtungen. So sind im Ladesäulenregister der Bundesnetzagentur im Februar 2025 insgesamt 145 unterschiedliche Ladesäulenbetreiber\*innen in der Region Hannover verzeichnet (BNetzA 2025). Netzbetreiber\*innen, die Informationen zum Ausbau der Ladeinfrastruktur bereitgestellt haben, machen etwa die Hälfte des jährlichen Ausbaus in der Region Hannover bei Normalladeeinrichtungen (AC-Strom) und durchschnittlich unter 20 Prozent bei Schnellladeeinrichtungen (DC-Strom) aus. Der potenzielle Ausbau der Ladeinfrastruktur wird daher basierend auf historischen Daten projiziert und mit den Daten der Netzbetreiber\*innen plausibilisiert.

Die grundlegende Annahme ist, dass der Ausbau der Ladeinfrastruktur einer S-Kurve folgt, die für Technologiediffusion typisch ist. Dies bedeutet, dass der Ausbau anfangs nur langsam erfolgt, sich mittel-

fristig beschleunigt und längerfristig stabilisiert. Als Richtwert und damit Ausgangspunkt für die mögliche langfristige Hochskalierung des Ausbaus werden die Pläne der Netzbetreiber\*innen herangezogen. Danach wird die Form der S-Kurve und das langfristige Ausbauniveau so ermittelt, dass die Kurve die historischen Daten bestmöglich beschreibt. Der Ausbau der Ladeinfrastruktur ab 2025 folgt dann dem ermittelten Pfad (vgl. Abbildung 2-6). Zur Plausibilisierung wurden die verfügbaren Ausbaupläne der Netzbetreiber\*innen mit dem geschätzten Ausbauplan verglichen. Anhand dieses Vergleichs erscheint der Pfad allgemein als realistisch.

**Abbildung 2-5: Faktischer jährlicher Ausbau der Ladeinfrastruktur in der Region Hannover in 2012-2024 und geschätzter Ausbaupfad bis 2035, dargestellt als Anzahl der Wechselstrom (AC) und Gleichstrom (DC) Ladepunkte**



Quelle: DIW Econ basierend auf BNetzA (2025) und Daten der Netzbetreiber\*innen.

Es ist auch anzumerken, dass Ausbaupfade für Stromspeicher weder im Klimaplan-Szenario explizit vorhanden sind noch von Netzbetreibern aktiv geplant werden. Eine Netzbetreiber\*in hat zwar für die Studie Informationen zu Anträgen auf Netzanschluss großer Speicher zur Verfügung gestellt, jedoch ist noch unklar, wie vielen Anträgen unter Berücksichtigung der Netzsicherheit stattgegeben werden kann und, falls diese genehmigt werden, wie schnell die Speicher gebaut werden. Außerdem bleiben dabei kleinere private und gewerbliche Speicher unberücksichtigt. Für den Speicherausbau wurde daher wie folgt vorgegangen: Für den tatsächlichen Ausbau der Großspeicher wurden für 2020-2024 die Daten der Bundesnetzagentur (Speicher ab 100 kW) genommen. Für kleine Speicher und für alle Speicherkapazitäten in der Periode 2025-2035 wurde angenommen, dass alle neuen PV-Anlagen direkt mit Speicher ausgestattet werden. Die durchschnittliche Speichergröße im Verhältnis zur Größe der PV-Anlage – in Freiflächen-PV, große Dach-PV (über 30 kW Leistung) und kleine Dach-PV (unter 30 kW Leistung) unterteilt – wurde Kost et al. (2024) entnommen.

Für die Zementindustrie wurden ausschließlich Investitionen in die CO<sub>2</sub>-Abscheidung, -Nutzung und -Speicherung (carbon capture, usage and storage – CCUS) erfasst. Grundsätzlich können Unternehmen der Zementindustrie ihre Treibhausgasemissionen durch Effizienzsteigerung sowie die Nutzung alternativer Brenn- und Rohstoffe reduzieren. So wird die CO<sub>2</sub>-Abscheidung nur für unvermeidbare Emissionen eingesetzt. Solche Maßnahmen hängen jedoch von den Bedingungen der jeweiligen Werke ab, sodass sich die notwendigen Investitionen oft individuell gestalten und nur schwer quantifizierbar sind, wenn sie noch nicht getätigten wurden. Aus diesem Grund liegt der Fokus der Studie im Handlungsfeld Industrie auf der CO<sub>2</sub>-Abscheidung. Die Informationen zum geplanten Volumen der CO<sub>2</sub>-Abscheidung wurden von Unternehmen in der Zementindustrie bereitgestellt, die dafür erforderlichen Investitionen wurden anhand der Daten der Dänischen Energieagentur (DEA) geschätzt.

Nach der Erfassung des gesamten Investitionsvolumens in die Energiewende gilt es, dieses auf die regionalen Wirtschaftszweige aufzuteilen. Zum einen müssen hierfür die Ausgaben auf die entsprechenden Wirtschaftszweige aufgeteilt werden, zum anderen muss aber auch die jeweilige regionale Ausgabenquote ermittelt werden, denn es ist davon auszugehen, dass nicht alle Ausgaben in der Region Hannover getätigten werden (s. auch Abschnitt 2.2). So findet z.B. die Herstellung von erneuerbaren Stromerzeugungsanlagen selten in der gleichen Region statt, in der sie installiert werden. Wird diese Aktivität dennoch der regionalen Wertschöpfung aus der Investitionsphase zugerechnet, werden die regionalen Effekte stark überschätzt.

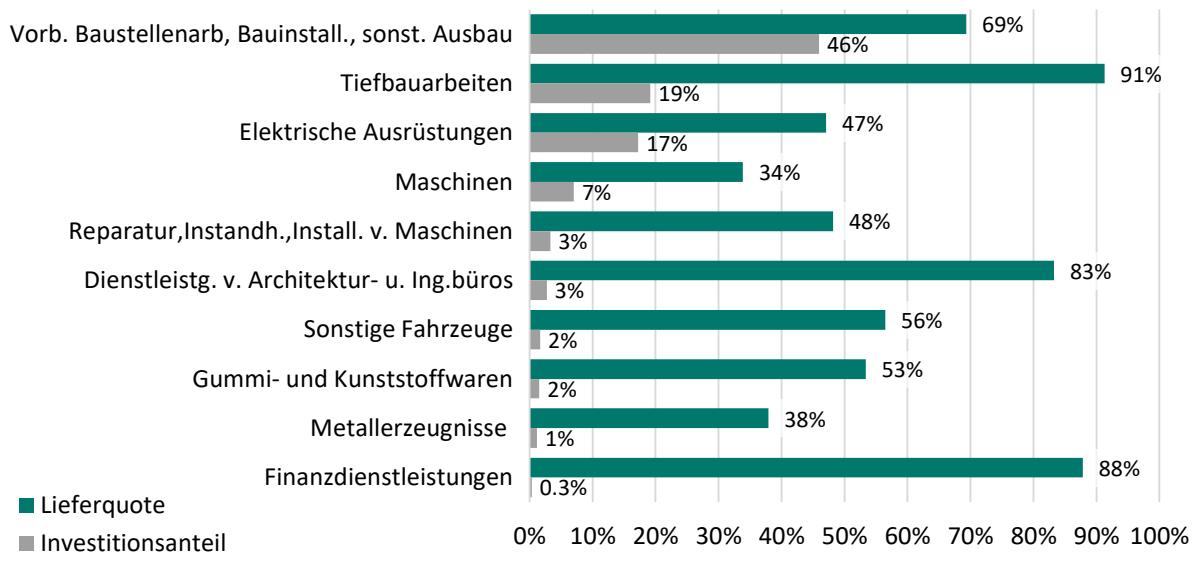
Für die Aufteilung in die Sektoren werden wissenschaftliche Quellen sowie zusammengestellte technische Datenblätter der DEA herangezogen. Tabelle 2-1 bietet eine Übersicht über die verwendeten Quellen.

Zur Ermittlung der regionalen Lieferquoten orientiert sich DIW Econ an der regionalisierten Input-Output-Tabelle. Für einzelne Bereiche und Sektoren wurden jedoch basierend auf eigenen Recherchen abweichende Lieferquoten angenommen. Abbildung 2-7 zeigt die aus der amtlichen Statistik ermittelten Lieferquoten nach den in der Input-Output-Rechnung verwendeten Sektoren, sortiert nach deren Anteil an den Gesamtinvestitionen in die Energiewende in der Region Hannover im gesamten Zeitraum 2020-2035. Tabelle 2-2 listet die Annahmen zu abweichenden Lieferquoten in einzelnen Bereichen und Sektoren auf.

**Tabelle 2-1: Quellen zu Ausbaupfaden und Investitionskosten nach Handlungsfeld**

Handlungsfeld	Quellen
Ausbau Erneuerbare Energien (Wind)	<input type="checkbox"/> Ausbaupfad: Szenarien Klimaplan (Kapfer, et al. 2024) <input type="checkbox"/> Aktuelle Kosten und Verteilung: Deutsche WindGuard (2024), Trinomics & LBST (2020) <input type="checkbox"/> Kostenverlauf bis 2035: Kost et al. (2024)
Ausbau Erneuerbare Energien (PV)	<input type="checkbox"/> Ausbaupfad: Szenarien Klimaplan (Kapfer, et al. 2024) <input type="checkbox"/> Aktuelle Kosten und Kostenverlauf: Kost et al. (2024), Kost et al. (2021) <input type="checkbox"/> Kostenverteilung: Trinomics & LBST (2020)
Ausbau Stromnetze	<input type="checkbox"/> Investitionsvolumen: Netzbetreiber <input type="checkbox"/> Kostenzuteilung: basierend auf IO-Tabelle
Stadtinfrastruktur (Fahrrad, Schiene, Stadtbahn Netz/ Fahrzeugpark)	<input type="checkbox"/> Investitionsvolumen: Verkehrsentwicklungsplan „VEP 2035+“, linear interpoliert zwischen 2020 und 2035 <input type="checkbox"/> Kostenzuteilung: basierend auf IO-Tabelle
Ladeinfrastruktur	<input type="checkbox"/> Ausbaupfad: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 2020-2024: Bundesnetzagentur</li> <li>■ 2025-2035: Fortschreibung der Trends seit 2012, Plausibilisierung mit Daten der Netzbetreiber</li> </ul> <input type="checkbox"/> Kosten: Netzbetreiber <input type="checkbox"/> Kostenverteilung: ACEA (2022)
Gebäudesanierung	<input type="checkbox"/> Sanierungsrate: Szenarien Klimaplan (Kapfer, et al. 2024) <input type="checkbox"/> Bestand Wohngebäude: Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2024), Schätzung der Fläche basierend auf dena (2023) <input type="checkbox"/> Bestand Nichtwohngebäude: Schätzung basierend auf deutschen Bestands- und Flächendaten (Bischof, Hörner und Rodenfels 2024, Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2024, Alkasabreh, et al. 2024) <input type="checkbox"/> Kosten: Walberg et al. (2022), Alkasabreh et al. (2024) <input type="checkbox"/> Kostenzuteilung: basierend auf IO-Tabelle
Austausch Heizungen (Wohngebäude)	<input type="checkbox"/> Ausbaupfad: Schätzung basierend auf Szenarien Klimaplan (Kapfer, et al. 2024) und Heizungsbestand (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2024) <input type="checkbox"/> Kosten und Verteilung: Technische Datenblätter der DEA
Ausbau Nah-/ Fernwärme	<input type="checkbox"/> Ausbaupfad: Netzbetreiber, öffentliche Informationen zum Bau neuer erneuerbarer Wärmeerzeugungsanlagen <input type="checkbox"/> Kosten: Netzbetreiber, öffentliche Projektinformationen, Technische Datenblätter der DEA <input type="checkbox"/> Kostenverteilung: Technische Datenblätter der DEA
Industrie (CCUS in Zementherstellung)	<input type="checkbox"/> Ausbaupfad: Angaben der Industrieunternehmen zum Gesamtausbau, interpoliert über typische Baudauer zu Ende der Periode <input type="checkbox"/> Kosten: Technische Datenblätter der DEA <input type="checkbox"/> Kostenverteilung: Markewitz et al. (2019)

Quelle: DIW Econ.

**Abbildung 2-6: Prozentuale regionale Lieferquoten und Investitionsanteile nach Input-Output-Sektor**


Quelle: DIW Econ.

**Tabelle 2-2: Abweichende regionale Lieferquoten in einzelnen Bereichen und Sektoren**

Handlungsfeld / Bereich	Sektor (Input-Output-Rechnung)	Steht für Ausgaben für...	Liefer- quote
Strom / PV	Elektrische Ausrüstungen	Solarmodule / Verkabelung	0 %
Strom / Wind	Maschinen	Turbine / mechanische Komponenten	10 %
Strom / Wind	Gummi- und Kunststoffwaren	Rotorblätter	0 %
Verkehr / Ladeinfrastruktur	Elektrische Ausrüstungen	Ladetechnik	0 %
Industrie / CCUS	Maschinen	CCUS-Anlagentechnik	0 %
Alle (außer Schienen-/ Stadtbahnenetz)	Sonstige Fahrzeuge	v.a. Fahrzeugpark der Stadtbahn	0 %

Quelle: DIW Econ.

## 2.3 Unsicherheiten und Unschärfen der Analyse

Die vorliegende Analyse basiert auf bestmöglichen, jedoch teilweise mit Unsicherheiten behafteten Eingangsdaten und Annahmen. Mögliche Unsicherheiten beziehen sich insbesondere auf:

- Schätzungen des Ausbaus bzw. des Ambitionsniveaus zur Erreichung der Klimaziele,
- Investitionsschätzungen,
- Schätzungen des regionalen Verbleibs der Investitionen,
- Regionalisierung und Prognose der Input-Output-Tabelle.

Zum einen setzen die „Szenarien Klimaplan 2035“ ein hohes Ambitionsniveau für die Dekarbonisierungsmaßnahmen in der Region Hannover voraus, auch wenn laut Klimaplan-Studie dadurch noch keine Klimaneutralität erreicht wird. Dies betrifft insbesondere den Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung und die Modernisierung des Gebäudebestands bis 2035. Die tatsächlichen Aktivitäten in den ersten Szenario-Jahren (2020-2024) lagen jedoch – auch befeuert durch internationale Krisen (Corona-Pandemie, Energiekrise infolge des Ukraine-Kriegs) – deutlich unter diesem Niveau. Um die dem Klimaplan-Szenario entsprechenden Werte bis 2035 zu erreichen, wird es eine umso größere Anstrengung benötigen. Dabei können viele Faktoren – beispielsweise Genehmigungsdauer, verfügbare Kapazitäten, Fachkräftemangel, Lieferketten und Akzeptanz – den realisierbaren Hochlauf begrenzen. Die Realisierbarkeit des Klimaziels 2035 ist jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Studie. Das Ziel der Analyse ist es, die wirtschaftlichen Chancen aufzuzeigen, die für die Region Hannover entstehen können, wenn das gesteckte Klimaziel wie geplant erreicht wird. Sollte das Ziel der regionalen Treibhausgasneutralität später erreicht werden, so verschieben sich auch die regionalökonomischen Effekte in die Zukunft, wenngleich die Kosten des Verzugs den Gesamteffekt reduzieren würden (vgl. Abschnitt 4.4).

Für die Schätzung der mit den Dekarbonisierungsmaßnahmen einhergehenden Investitionen wird größtenteils auf Schätzungen und Prognosen aus der Literatur zurückgegriffen. Insbesondere bei Zukunftsprognosen und der Übertragbarkeit der Schätzungen auf den deutschen Markt (bzw. auf die Region Hannover) ergeben sich Unsicherheiten. In der Literaturanalyse werden daher Quellen, die sich auf Deutschland beziehen, priorisiert. Fehlen Informationen für Deutschland, werden europäische Schätzungen verwendet. Erst danach werden globale Schätzungen bzw. Schätzungen für nicht-europäische Länder einbezogen. Außerdem werden Quellen der jeweiligen Themenführer, wie z. B. Fraunhofer ISI, DEA (erneuerbare Strom- und Wärmeerzeugung), ARGE e. V. und dena (Gebäudesektor), prioritisiert.

Zur Schätzung des regionalen Verbleibs der Investitionen sowie zur Regionalisierung der Input-Output-Tabelle wird die amtliche Beschäftigungsstatistik herangezogen. Da auf dieser regionalen Ebene keine Statistiken existieren, die den internationalen sowie überregionalen Waren- und Dienstleistungshandel abbilden, ist die Beschäftigungsstatistik die nächstbeste Annäherung an die Frage, wie sich die regionale Produktionsstruktur von der nationalen unterscheidet. Ein weiterer Unsicherheitsfaktor ist, dass die Schätzungen auf einer relativ aggregierten sektoralen Ebene der Input-Output-Tabelle erfolgen. Regionale Lieferquoten für bestimmte Güter und Dienstleistungen können von den sektoralen Durchschnitten abweichen. Wo dies eine besonders starke Auswirkung auf die Ergebnisse haben

könnte und eine Überprüfung durchführbar ist, wurden die Lieferquoten basierend auf eigenen Recherchen individuell angepasst (vgl. Tabelle 2-2 oben).

Die Prognose der Input-Output-Tabelle basiert auf BIP-Projektionen der OECD sowie auf historischen Trends. Im Rahmen der reinen Input-Output-Rechnung ist dies der bisher beste validierte Ansatz. Potenzielle Trendwenden lassen sich dadurch zwar schlecht abbilden, jedoch ändert sich die gesamtwirtschaftliche Struktur nur langsam, sodass der Ansatz für den Zeitraum bis 2035 belastbar ist.

Insgesamt wurde für diese Studie ein konservativer Ansatz gewählt. Wo Unsicherheiten bestehen, werden bewusst konservative Annahmen bzw. durchschnittliche Werte gewählt. Somit stellen die Ergebnisse eher ein vorsichtiges als ein optimistisches Szenario dar – vorausgesetzt, das Klimaziel wird wie geplant bis 2035 erreicht.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Investitionen in die Energiewende

Zur Erreichung der Klimaziele der Region Hannover sind Gesamtinvestitionen in die Energiewende von 29,5 Mrd. Euro bis zum Jahr 2035 notwendig. Davon werden ca. 17,2 Mrd. Euro regional wirksam als Nachfrage vor Ort. In anderen Worten: Es schlagen sich rund 58 Prozent der Gesamtausgaben in Aufträgen für regionale Unternehmen nieder, z.B. bei Handwerksbetrieben oder Planungsbüros.

Im Zeitverlauf ist eine Steigerung der Investitionen zu erkennen. In der ersten Periode, für welche Schätzungen der tatsächlichen Aktivitäten vorliegen (2020-2024), lagen die Gesamtinvestitionen pro Jahr zwischen 0,6 Mrd. Euro im Jahr 2020 und 1,1 Mrd. Euro im Jahr 2023 (vgl. Tabelle 3-1). Insgesamt wurden in dieser Periode schätzungsweise 4,6 Mrd. Euro in die Energiewende investiert, im Durchschnitt sind es jährlich 0,9 Mrd. Euro. Damit wurden in dem Zeitraum 2020-2024 ca. 20 Prozent der für die Energiewende in der Region Hannover notwendigen Investitionen getätigt, die verbleibenden etwa 80 Prozent sollen zwischen 2025 und 2035 erfolgen. Von den Gesamtinvestitionen in dem Zeitraum 2020-2024 wurden 2,9 Mrd. Euro regional wirksam, durchschnittlich rund 0,6 Mrd. Euro pro Jahr. Die regionale Lieferquote lag damit über alle Handlungsfelder hinweg im Durchschnitt bei rund 64 Prozent.

**Tabelle 3-1: Jährliche Investitionen in die Energiewende in der Region Hannover nach Handlungsfeld zwischen 2020 und 2035, in Millionen Euro**

	<i>Gesamtinvestitionen</i>					<i>Regional wirksame Investitionen</i>				
	Strom	Verkehr	Gebäude	Industrie	Zusammen	Strom	Verkehr	Gebäude	Industrie	Zusammen
<b>2020</b>	137	2	461	0	599	79	1	319	0	399
<b>2021</b>	171	218	509	0	898	93	168	343	0	603
<b>2022</b>	232	220	542	0	994	116	168	360	0	644
<b>2023</b>	305	225	533	0	1.063	131	170	340	0	641
<b>2024</b>	326	222	483	0	1.031	144	169	313	0	626
<b>2020-2024</b>	<b>1.171</b>	<b>887</b>	<b>2.528</b>	<b>0</b>	<b>4.585</b>	<b>563</b>	<b>676</b>	<b>1.674</b>	<b>0</b>	<b>2.913</b>
<b>2025</b>	<b>907</b>	<b>226</b>	<b>537</b>	<b>0</b>	<b>1.670</b>	<b>351</b>	<b>171</b>	<b>351</b>	<b>0</b>	<b>873</b>
<b>2026</b>	<b>928</b>	<b>228</b>	<b>1.186</b>	<b>0</b>	<b>2.342</b>	<b>373</b>	<b>171</b>	<b>791</b>	<b>0</b>	<b>1.336</b>
<b>2027</b>	<b>935</b>	<b>230</b>	<b>1.189</b>	<b>0</b>	<b>2.354</b>	<b>388</b>	<b>172</b>	<b>793</b>	<b>0</b>	<b>1.353</b>
<b>2028</b>	<b>943</b>	<b>231</b>	<b>1.186</b>	<b>0</b>	<b>2.360</b>	<b>403</b>	<b>173</b>	<b>791</b>	<b>0</b>	<b>1.367</b>
<b>2029</b>	<b>957</b>	<b>232</b>	<b>1.179</b>	<b>0</b>	<b>2.368</b>	<b>424</b>	<b>173</b>	<b>788</b>	<b>0</b>	<b>1.384</b>
<b>2030</b>	<b>976</b>	<b>233</b>	<b>1.184</b>	<b>0</b>	<b>2.393</b>	<b>448</b>	<b>173</b>	<b>790</b>	<b>0</b>	<b>1.412</b>
<b>2031</b>	<b>859</b>	<b>234</b>	<b>1.170</b>	<b>0</b>	<b>2.263</b>	<b>350</b>	<b>174</b>	<b>784</b>	<b>0</b>	<b>1.307</b>
<b>2032</b>	<b>847</b>	<b>235</b>	<b>1.170</b>	<b>0</b>	<b>2.252</b>	<b>347</b>	<b>174</b>	<b>784</b>	<b>0</b>	<b>1.304</b>
<b>2033</b>	<b>835</b>	<b>235</b>	<b>1.170</b>	<b>64</b>	<b>2.304</b>	<b>344</b>	<b>174</b>	<b>783</b>	<b>21</b>	<b>1.322</b>
<b>2034</b>	<b>823</b>	<b>236</b>	<b>1.169</b>	<b>64</b>	<b>2.292</b>	<b>341</b>	<b>174</b>	<b>783</b>	<b>21</b>	<b>1.319</b>
<b>2035</b>	<b>811</b>	<b>236</b>	<b>1.169</b>	<b>64</b>	<b>2.280</b>	<b>337</b>	<b>174</b>	<b>783</b>	<b>21</b>	<b>1.316</b>
<b>2025-2035</b>	<b>9.822</b>	<b>2.557</b>	<b>12.308</b>	<b>192</b>	<b>24.878</b>	<b>4.105</b>	<b>1.904</b>	<b>8.223</b>	<b>63</b>	<b>14.294</b>
<b>Gesamt</b>	<b>10.992</b>	<b>3.443</b>	<b>14.836</b>	<b>192</b>	<b>29.463</b>	<b>4.667</b>	<b>2.580</b>	<b>9.897</b>	<b>63</b>	<b>17.206</b>

*Durchschnittliche regionale Lieferquote*

2020-2024	48%	76%	66%	-	64%
2025-2035	42%	74%	67%	33%	57%
Gesamt	42%	75%	67%	33%	58%

Anmerkungen: Der Zeitraum von 2020 bis 2024 entspricht den geschätzten tatsächlichen Investitionen, der Zeitraum von 2025 bis 2035 den geschätzten notwendigen Investitionen zur Erreichung der Klimaziele. Die Gesamtinvestitionen beziehen sich auf das gesamte für die Energiewende in der Region Hannover benötigte Investitionsvolumen. Regional wirksame Investitionen beziehen sich auf den Anteil der Gesamtinvestitionen, der durch den Bezug lokaler Vorleistungen in der Region Hannover wirksam wird (d. h. unter Berücksichtigung der regionalen Lieferquoten). Die Veränderungen im Investitionsvolumen in den Hochlauf-Jahren 2025–2026 und ab Ende der Planungsperiode für den Netzausbau im Jahr 2031 sind blau markiert.

Quelle: DIW Econ.

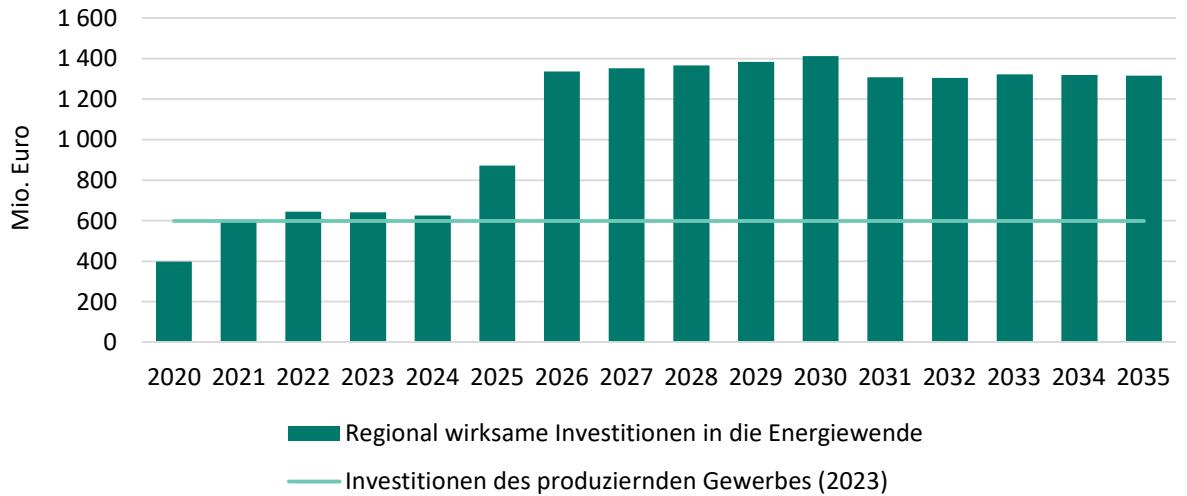
In der zweiten Periode (2025-2035) entsteht ein substanzialer Nachholbedarf, wenn das Klimaziel entsprechend dem Klimaplan-Szenario erreicht werden soll. Damit sind die potenziellen jährlichen Investitionen (sowohl insgesamt als auch regional wirksam) deutlich höher. Entsprechend dem angenommenen starken Hochlauf beim Ausbau der erneuerbaren Strom- und Wärmeerzeugung und der Gebäudemodernisierungen (vgl. Abschnitt 2.2) erhöht sich das geschätzte Investitionsvolumen auf 1,7 Mrd. Euro im Jahr 2025 und auf 2,3 Mrd. Euro im Jahr 2026 und stabilisiert sich dann bis zum Jahr 2030 bei ca. 2,4 Mrd. Euro pro Jahr. Davon werden 1,3-1,4 Mrd. Euro (58 Prozent) regional wirksam.

Diese Verstetigung der Ausgaben kann helfen, Auslastung, Planbarkeit und Qualifizierung in den regionalen Wertschöpfungsketten zu sichern. In den letzten fünf Jahren (2031-2035) gehen die potenziellen Investitionen leicht zurück. Dieser Rückgang entsteht einerseits durch erwartete Kostenreduktionen bei erneuerbaren Energien und Batteriespeichern. Andererseits liegen die Investitionspläne der Netzbetreiber für den Ausbau der Strom- und Wärmenetze nur bis 2030 vor. Für 2031-2035 wird als konservative Schätzung daher der Durchschnitt von Investitionen in dem Zeitraum 2020-2030 angenommen. Dieses Vorgehen erklärt die sprunghafte Reduktion des Investitionsvolumens von 2030 auf 2031, insbesondere im Handlungsfeld Strom.

Im Durchschnitt werden im Zeitraum 2025-2035 jährlich 2,3 Mrd. Euro über alle Handlungsfelder hinweg in die Energiewende investiert werden, wenn der Hochlauf der Dekarbonisierungsmaßnahmen tatsächlich stattfindet. Im Vergleich zur Periode 2020-2024 ist das mehr als eine Verdoppelung. Regional wirksam werden im Durchschnitt 1,3 Mrd. Euro, dies entspricht einer voraussichtlichen regionalen Lieferquote von 57 Prozent. Die Reduktion gegenüber der Periode 2020-2024 entsteht vor allem dadurch, dass ab dem Jahr 2025 viel mehr in erneuerbare Stromerzeugungsanlagen investiert werden muss, dessen Komponenten jedoch nicht in der Region Hannover produziert werden.

Um die Investitionen in die Energiewende größentechnisch einzuordnen, bietet sich ein Vergleich zum Investitionsvolumen des produzierenden Gewerbes an, welches Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden und Verarbeitendes Gewerbe umfasst. Im Jahr 2023 wurden in der Region Hannover rund 598 Mio. Euro im produzierenden Gewerbe investiert (LSN 2025b). Die in 2020-2024 bereits getätigten regional wirksamen Investitionen in die Energiewende – durchschnittlich 583 Mio. Euro pro Jahr – entsprechen damit nahezu den Investitionen der gesamten Industrie in der Region Hannover. Sollte das Transformationstempo ab 2025 für die Zielerreichung anziehen, müsste in der Region Hannover das doppelte an Investitionen getätigt werden (vgl. Abbildung 3-1). Das verdeutlicht den erforderlichen Investitionsumfang, aber auch den starken Investitionsimpuls, der durch die Energiewende ausgelöst wird.

**Abbildung 3-1: Vergleich zwischen regional wirksamen Investitionen in die Energiewende zwischen 2020 und 2035 und dem Investitionsvolumen im produzierenden Gewerbe im Jahr 2023**



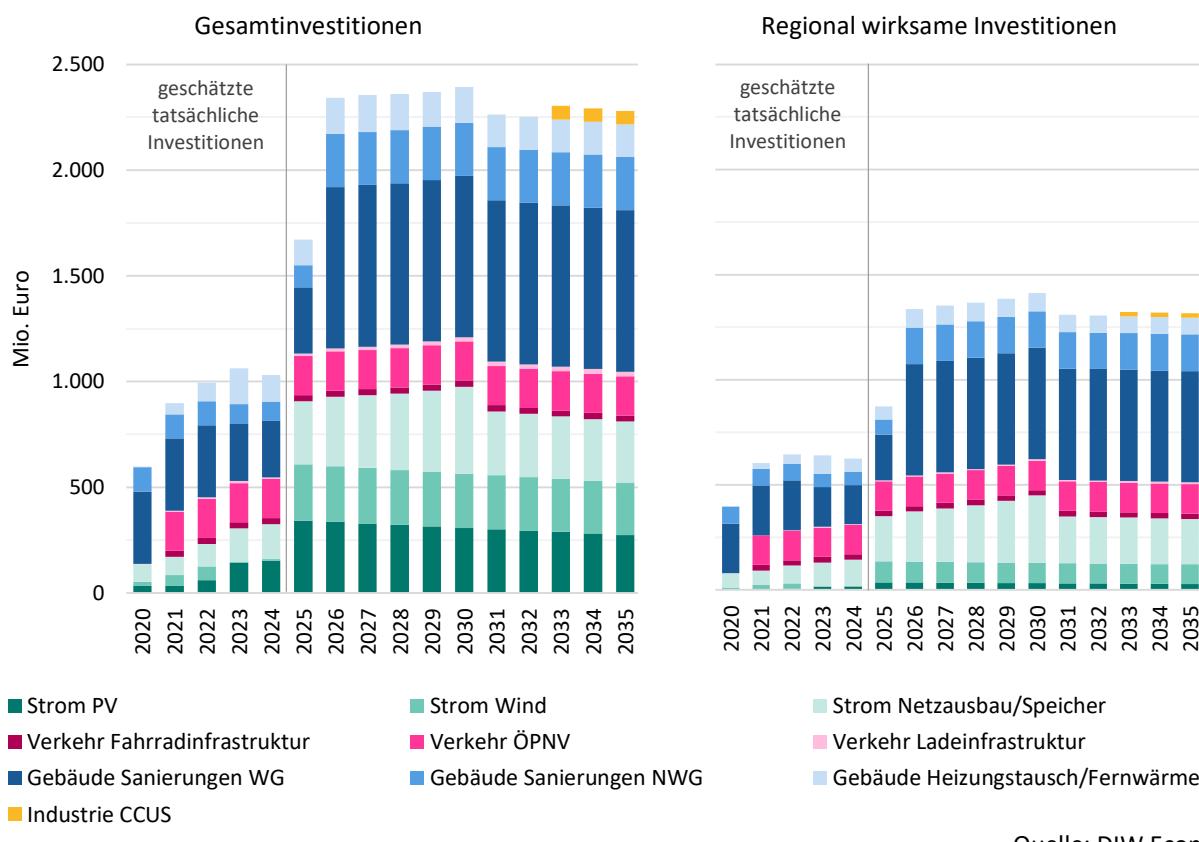
Quelle: DIW Econ.

Wie in Abbildung 3-2 und Abbildung 3-3 zu erkennen ist, prägen innerhalb der Handlungsfelder unterschiedliche Ausgabenblöcke die regionale Wirkung. Das Handlungsfeld Gebäude ist der größte Bereich, sowohl in Gesamtinvestitionen (14,8 Mrd. Euro, 50 Prozent des Investitionsvolumens) als auch in regional wirksamen Investitionen (9,9 Mrd. Euro mit durchschnittlicher regionaler Lieferquote von 67 Prozent). Dies ist vor allem auf die Sanierungskosten im Gebäudebestand zurückzuführen, die zu einer kontinuierlichen Nachfrage bei Baugewerken, technischer Gebäudeausrüstung und Planung führen.<sup>4</sup> Der Heizungstausch sowie der Aufbau einer Fernwärme-Infrastruktur spielen (zumindest regional) eine untergeordnete Rolle im Verhältnis zum gesamten Investitionsvolumen in diesem Handlungsfeld.

Der Stromsektor ist mit einem ermittelten Gesamtvolume von 10,9 Mrd. Euro (37 Prozent des Investitionsvolumens) und einem regionalen Anteil von 4,7 Mrd. Euro das zweitgrößte Handlungsfeld. Der Ausbau einer Netz- und Speicherinfrastruktur in der Region Hannover sorgt im Stromsektor für regional wirksame Investitionen, vor allem durch Planungs- und Bauaktivitäten beim Netzausbau. Der Ausbau von PV- und Windkraftanlagen hingegen entspricht zwar fast zwei Dritteln der Gesamtinvestitionen im Sektor, erzeugt regional aber fast ausschließlich eine Nachfrage nach Planungs- und Installationsdienstleistungen – produziert werden die Anlagen und Anlagenteile größtenteils außerhalb der Region. So liegt die durchschnittliche regionale Lieferquote in diesem Handlungsfeld bei ca. 42 Prozent (vgl. Abbildung 3-4).

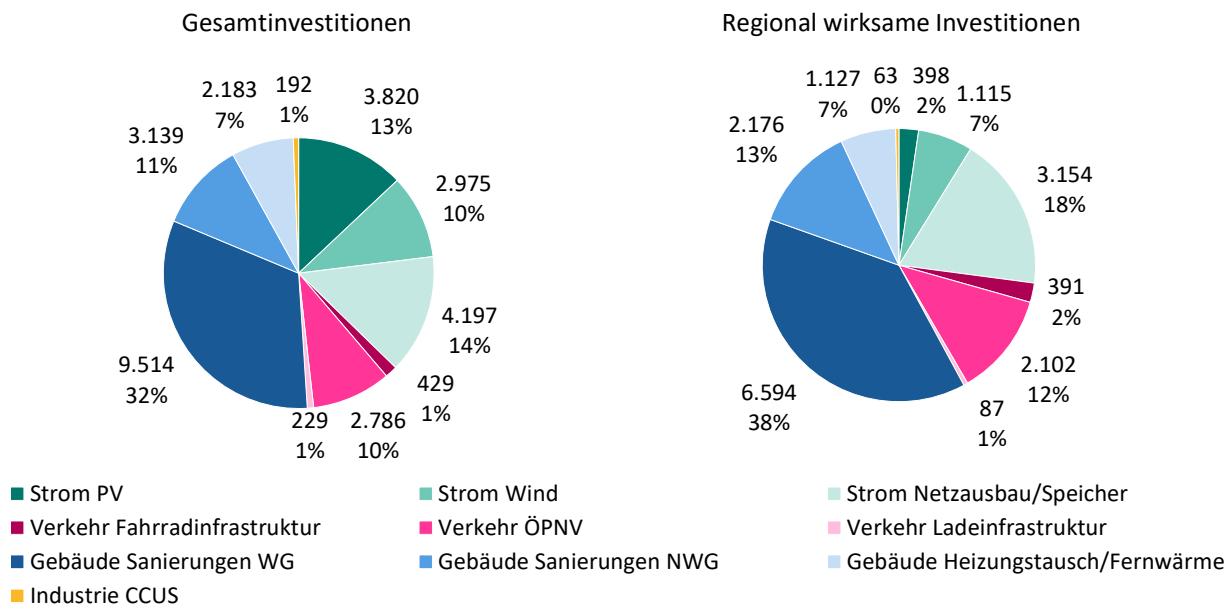
<sup>4</sup> Es ist jedoch auch anzumerken, dass gerade im Bereich der Gebäudemodernisierung die Realisierbarkeit einer raschen Verdoppelung der historischen Sanierungsraten unsicher ist.

**Abbildung 3-2: Entwicklung der jährlichen Investitionen in die Energiewende zwischen 2020 und 2035, nach Handlungsfeldern: Anteil der Investitionen in der Region Hannover (rechts) im Vergleich zu den Gesamtinvestitionen (links)**



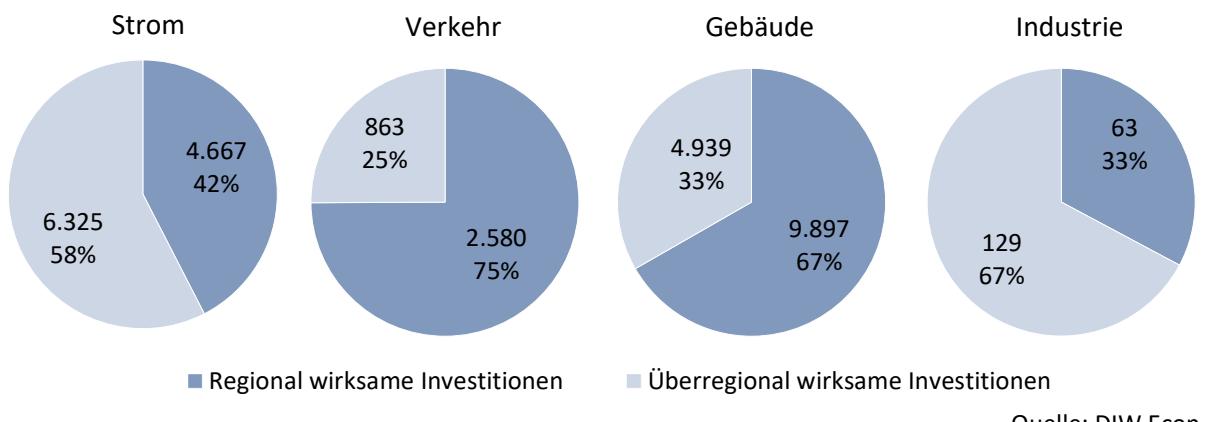
Quelle: DIW Econ.

**Abbildung 3-3: Struktur der Gesamtinvestitionen und der regional wirksamen Investitionen im Zeitraum 2020-2035 nach Handlungsfeldern, in Millionen Euro und in Prozent**



Quelle: DIW Econ.

**Abbildung 3-4: Verteilung der Gesamtinvestitionen im Zeitraum 2020-2035 in regional wirksame und überregional wirksame Investitionen, in Millionen Euro und in Prozent**



Quelle: DIW Econ.

Die Handlungsfelder Verkehr und Industrie sind mit 3,4 Mrd. Euro (12 Prozent des Investitionsvolumens) bzw. 0,2 Mrd. Euro (1 Prozent) deutlich kleiner. Da im Verkehrssektor jedoch vor allem der mit Bau- und Ingenieurleistungen verbundene ÖPNV-Ausbau (Schiennennetz und Stadtbahn, inklusive Fahrzeugpark) die Investitionsausgaben dominiert, ist hier die durchschnittliche regionale Lieferquote mit 75 Prozent am höchsten. Im Handlungsfeld Industrie umfassen die Investitionen hingegen nur die CO<sub>2</sub>-Abscheidung, Nutzung und Speicherung (carbon capture, usage and storage – CCUS) in der Zementindustrie, was das vergleichsweise geringe Investitionsvolumen erklärt. Die CCUS-Anlagen machen dabei den Großteil der Kosten aus und müssten in die Region Hannover importiert werden, während regionale Effekte eher über Planung, Bau und Montage entstehen. Mit 33 Prozent ist die durchschnittliche regionale Lieferquote in diesem Handlungsfeld daher am niedrigsten.

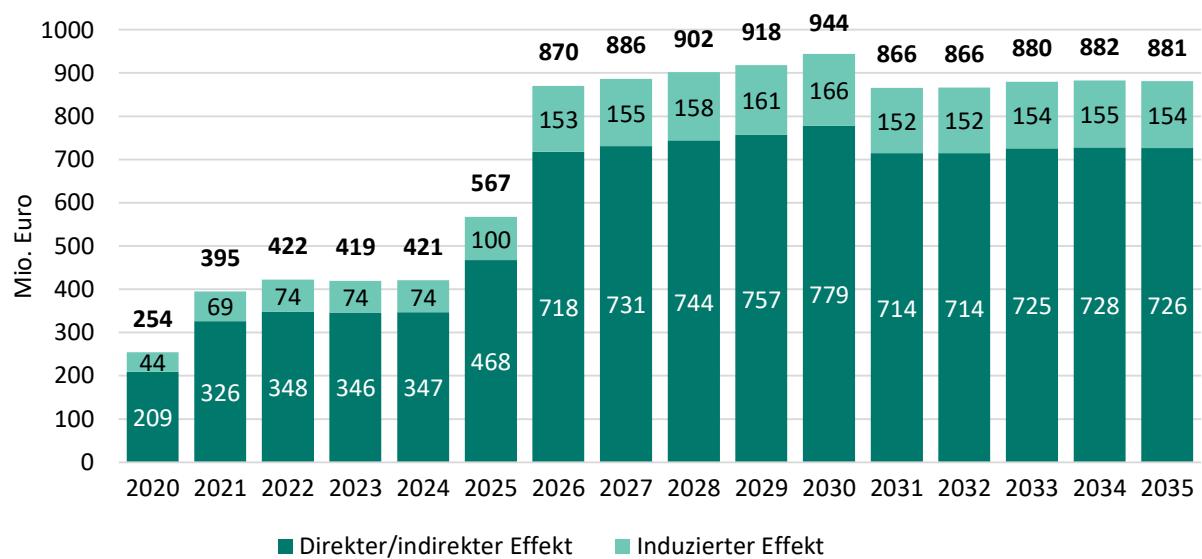
Zusammenfassend resultieren die Unterschiede in der regionalen Wirksamkeit der Investitionen aus den stark variierenden regionalen Lieferquoten einzelner Technologien und Produkte. In Bereichen, wo Planung, Bau und Montage dominieren, bleibt besonders viel Wertschöpfung in der Region Hannover. Für die regionalen Unternehmen und Beschäftigten in diesen Bereichen kann die Energiewende eine kontinuierliche, planbare Nachfrage über mehr als ein Jahrzehnt schaffen. Das würde Umsätze bei Bau- und Ausbaugewerken auf hohem Niveau stabilisieren und Arbeit insbesondere für Handwerker\*innen, Ingenieur\*innen und Mitarbeiter\*innen in Planung, Logistik und Betrieb schaffen.

Die Unterschiede in den regionalen Lieferquoten zeigen, dass der lokale Anteil umso höher ausfällt, je stärker regionale Lieferketten ausgebaut werden. Die Politik kann die regionalen Lieferketten beispielsweise durch den Aufbau regionaler Cluster in relevanten Sektoren (z.B. durch Förderung der Vernetzung im Handwerk, Bau, Elektrotechnik), die Stärkung der regionalen Anteile bei kommunalen Projekten der Energiewende (z.B. durch kommunale Vergabekriterien) oder Standortmarketing weiter stärken.

### 3.2 Bruttowertschöpfung

Die mit der Energiewende verbundenen Investitionen entfalten bereits heute spürbare Effekte auf die regionale Wirtschaftsleistung. Für den Zeitraum 2020-2024 resultieren aus den erfassten Ausgaben insgesamt rund 1,9 Mrd. Euro zusätzliche Bruttowertschöpfung in der Region Hannover. Davon entfallen ca. 1,6 Mrd. Euro – rund 80 Prozent – auf die entlang der regionalen Wertschöpfungsketten ausgelösten direkten und indirekten Effekte, während rund 0,3 Mrd. Euro als induzierte Effekte über zusätzliche Einkommen und den damit einhergehenden Konsum wirksam werden (Abbildung 3-5).

**Abbildung 3-5: Jährliche Bruttowertschöpfungseffekte durch die Energiewende in der Region Hannover nach Effekt**

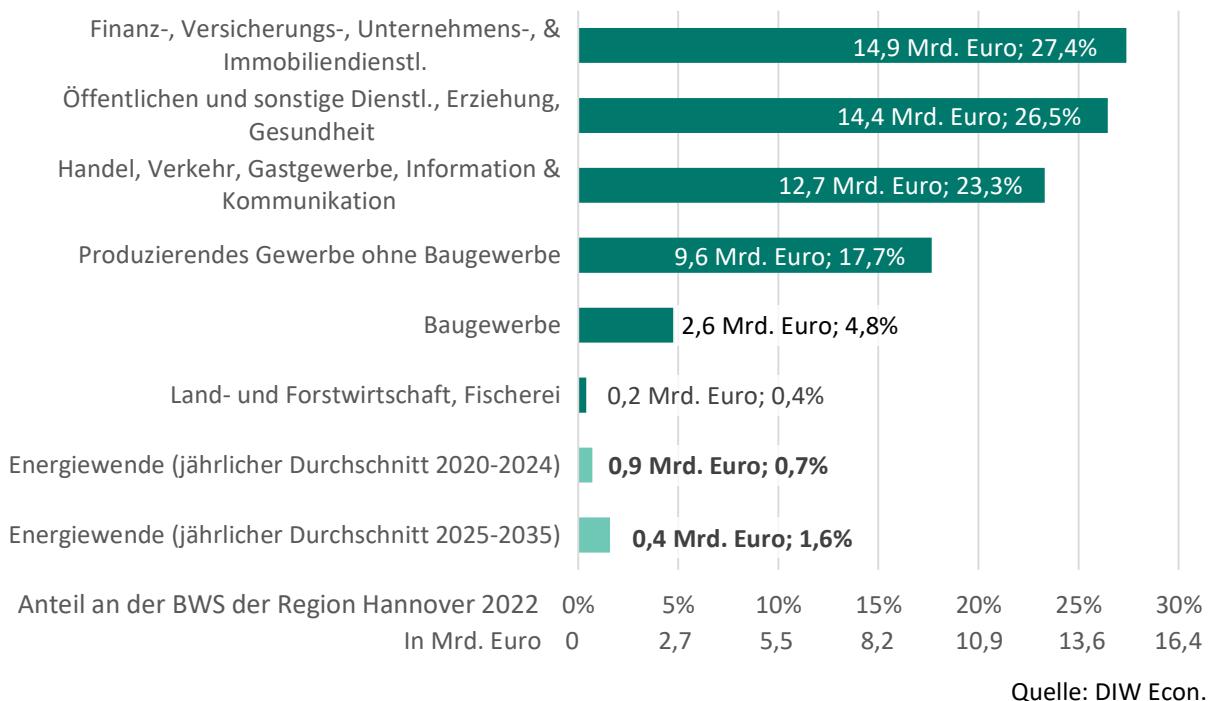


Quelle: DIW Econ.

Mit Blick auf den weiteren Transformationspfad würden zwischen 2025 und 2035 insgesamt rund 9,5 Mrd. Euro an Bruttowertschöpfung durch die Energiewende in der Region Hannover entstehen (vgl. Abbildung 3-5). Fällt der Bruttowertschöpfungseffekt zwischen 2020 und 2024 mit jährlichem Durchschnitt von 0,4 Mrd. Euro noch moderat aus, kann dieser in der Periode zwischen 2025 und 2035 entsprechend dem Investitionsanstieg auf einen jährlichen Durchschnitt von knapp 0,9 Mrd. Euro steigen und sich damit mehr als verdoppeln. Der durchschnittliche jährliche Bruttowertschöpfungseffekt entspricht in der Periode 2020-2024 rund 0,7 Prozent der gesamten regionalen Bruttowertschöpfung des Jahres 2022 und steigt perspektivisch auf rund 1,6 Prozent in der Periode 2025-2035 (Statistisches Bundesamt 2025a). Dies entspricht einem jährlichen Bruttowertschöpfungseffekt von ca. 340 Euro pro Kopf von 2020-2024 sowie ca. 760 Euro pro Kopf von 2025-2035 (bezogen auf die Einwohnerzahl der Region Hannover 2022). Dies verdeutlicht die makroökonomische Relevanz der Investitionsoffensive für die regionale Wirtschaftsleistung.

Um diese Zahlen besser einordnen zu können, bietet sich ein Vergleich zu den Wertschöpfungsanteilen verschiedener Sektoren in der Region Hannover. Dabei ist anzumerken, dass die Energiewende keinem einzelnen Sektor zuzuordnen ist, sondern eine Art „Querschnittsbranche“ darstellt, die in unterschiedlichen Sektoren Impulse setzt. Auch wenn viele Investitionen der Energiewende auf Bauaktivitäten entfallen und insbesondere diese regional wirksam werden (vgl. auch Abbildung 2-7), entstehen auch in anderen Industrie- und Dienstleistungsbranchen Nachfrageimpulse. Zieht man jedoch einen Vergleich zu einzelnen Wirtschaftsabschnitten, entfällt beispielsweise auf das Baugewerbe mit rund 4,8 Prozent (2,6 Mrd. Euro) ein signifikanter Anteil der gesamten Bruttowertschöpfung der Region Hannover im Jahr 2022 (Statistisches Bundesamt 2025a) (vgl. Abbildung 3-6). Die durchschnittlichen jährlichen Effekte der Energiewende in 2020-2024 entsprechen mit 0,7 Prozent der gesamten regionalen Bruttowertschöpfung bzw. ca. 15 Prozent der Bruttowertschöpfung des Baugewerbes. In den Jahren 2025-2035 könnten die jährlichen Wertschöpfungseffekte der Energiewende auf einen Dritt der Wertschöpfung im gesamten Baugewerbe der Region Hannover ansteigen.

**Abbildung 3-6: Prozentuale Anteile der Energiewende als Querschnittsbranche (2020-2024, 2025-2035) und der Wirtschaftsbereiche (Stand 2022) an der Bruttowertschöpfung der Region Hannover im Jahr 2022**

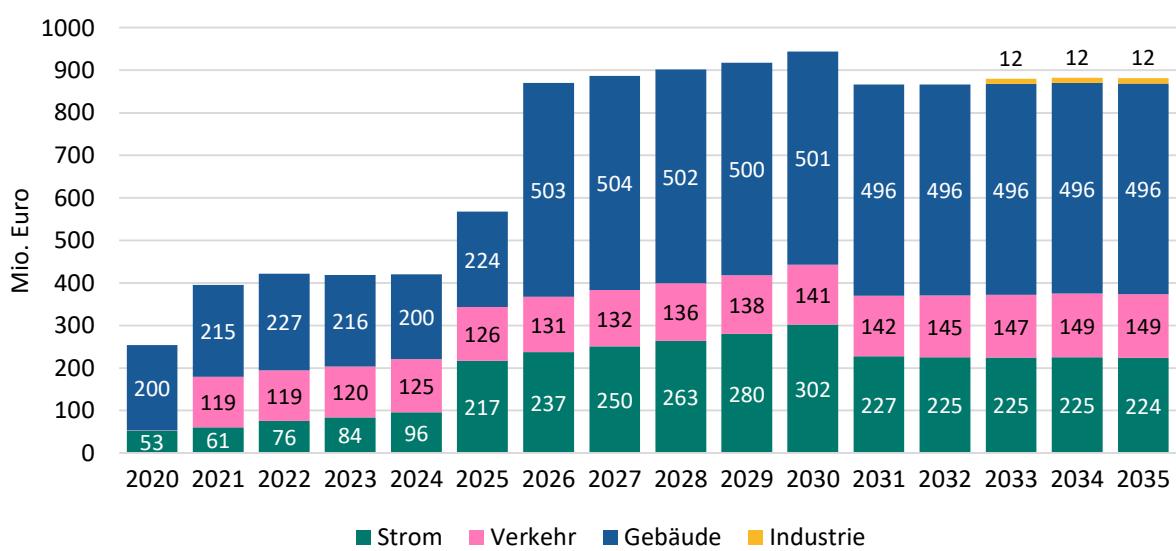


Quelle: DIW Econ.

Abbildung 3-7 zeigt die Verteilung der Bruttowertschöpfungseffekte nach Handlungsfeldern. Die Effekte konzentrieren sich erwartungsgemäß dort, wo das Investitionsaufkommen besonders hoch ist und regionale Lieferketten stark verankert sind. Das Handlungsfeld Gebäude trägt im Zeitraum 2020-2024 mit durchschnittlich 0,2 Mrd. Euro pro Jahr 55 Prozent und damit den größten Anteil zum Gesamteffekt bei. Würden die Sanierungsraten entsprechend dem Klimaplan-Szenario aufgeholt, könnte

der entsprechende Bruttowertschöpfungseffekt ab 2026 auf ca. 0,5 Mrd. Euro jährlich steigen. Da aber die Effekte auch in anderen Handlungsfeldern stark ansteigen, bliebe der Anteil am Gesamteffekt konstant. Im zweitgrößten Handlungsfeld Strom waren in 2020-2024 durchschnittlich 0,07 Mrd. Euro an direkter, indirekter und induzierter Bruttowertschöpfung mit den Investitionen in die erneuerbare Stromerzeugung und den Netzausbau verbunden. Das entspricht 19 Prozent des Gesamteffektes. Wird der Ausbau ab dem Jahr 2025 aufgeholt, können in der Region hier jährlich bis zu 0,3 Mrd. Euro an zusätzlicher Bruttowertschöpfung entstehen. Der Anteil des Handlungsfelds Strom könnte damit auf durchschnittlich 28 Prozent wachsen. Der restliche Bruttowertschöpfungseffekt entfällt überwiegend auf das Handlungsfeld Verkehr. Diese Struktur spiegelt die hohe Bedeutung baulicher Maßnahmen (u. a. energetische Sanierung, Heizungstausch, Netzinfrastruktur) und den Ausbau erneuerbarer Stromerzeugung samt Planung und Installation wider und verdeutlicht erneut, dass hohe regionale Lieferquoten in Bau- und Ingenieurleistungen viel Wertschöpfung vor Ort binden.

**Abbildung 3-7: Jährliche Bruttowertschöpfungseffekte durch die Energiewende in der Region Hannover zwischen 2020 und 2035 nach Handlungsfeld**

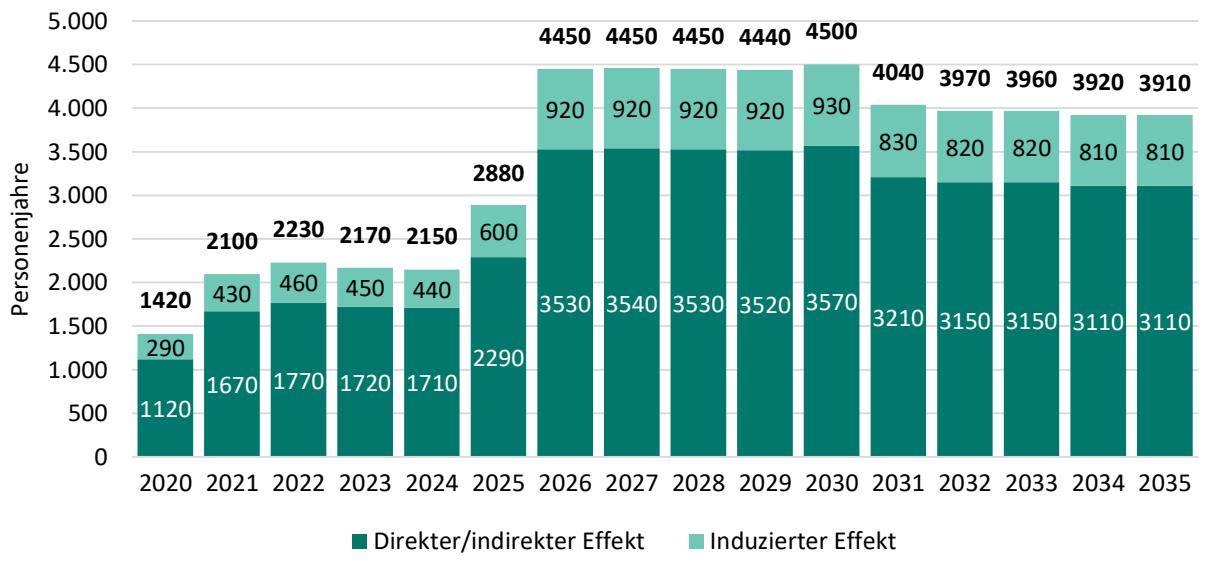


Quelle: DIW Econ.

### 3.3 Beschäftigung

Bereits heute stützen sich zahlreiche Arbeitsplätze in der Region Hannover auf die Investitionen in die Energiewende, und zukünftig wird dies weiter zunehmen. Im Zeitraum 2020-2024 wurden im Durchschnitt rund 2.000 Arbeitsplätze in der Region Hannover durch die Investitionen gesichert bzw. geschaffen (vgl. Abbildung 3-8).<sup>5</sup> Beim erfolgreichen Investitionsanstieg im Zeitraum 2025-2035 können Beschäftigungseffekte von durchschnittlich rund 4.100 Arbeitsplätzen entstehen. Davon entfallen rund 80 Prozent (3.250 Beschäftigte) auf Tätigkeiten, die direkt bzw. indirekt in der regionalen Wertschöpfungskette anfallen. Der Beschäftigungseffekt entspricht im Zeitraum 2020-2024 rund 0,3 Prozent und im Zeitraum 2025-2035 rund 0,6 Prozent der in 2022 Erwerbstätigten in der Region Hannover<sup>6</sup> – ein sichtbarer Beitrag zur regionalen Beschäftigung. Die Größenordnung des Beschäftigungseffektes in der Periode 2025-2035 ist mit der Belegschaft eines Großunternehmens in der Region Hannover vergleichbar. Ein Beispiel hierfür ist die TUI mit insgesamt etwa 4.500 Mitarbeitenden in Deutschland, davon 3.500 am Hauptsitz in Hannover (Schmöll 2025, IHK Hannover 2023).

**Abbildung 3-8: Jährliche Beschäftigungseffekte durch die Energiewende in der Region Hannover zwischen 2020 und 2035 nach Effekt**



Quelle: DIW Econ.

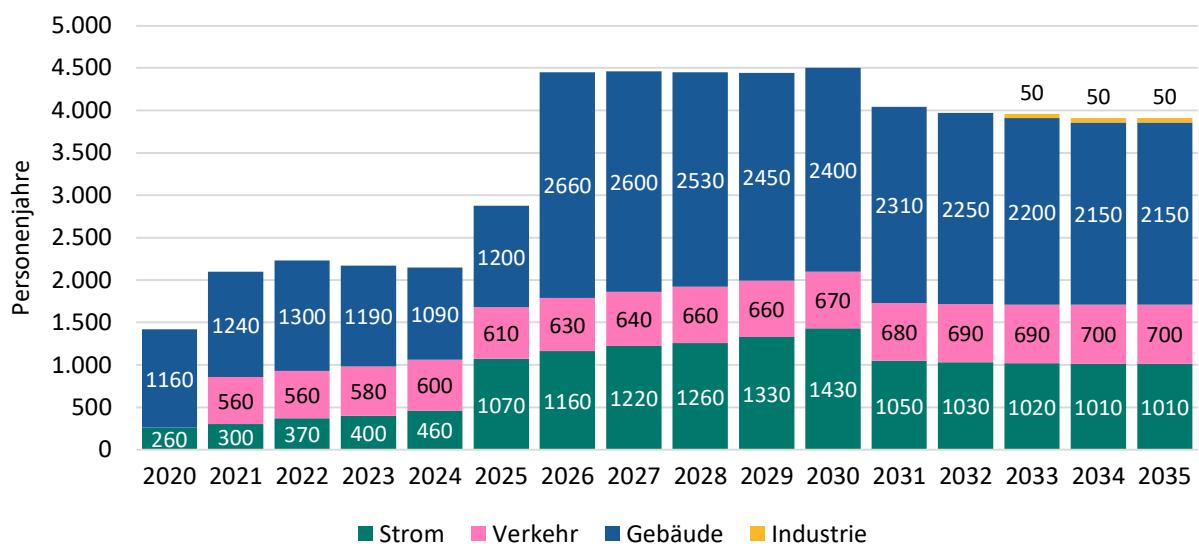
Analog zur Bruttowertschöpfung entstehen die meisten Beschäftigungseffekte im Handlungsfeld Gebäude (vgl. Abbildung 3-9). Mit durchschnittlich 1.200 Beschäftigten im Zeitraum 2020-2024 macht das

<sup>5</sup> Die jährlich ausgewiesenen Beschäftigungseffekte sind als Personenjahre zu verstehen und damit nicht den jährlich neu geschaffenen Arbeitsplätzen gleichzustellen. Einmal geschaffen, kann der gleiche Arbeitsplatz durch weitere Investitionen erhalten bleiben. Daher werden in diesem Abschnitt hauptsächlich Durchschnittswerte beschrieben, die ungefähr der Anzahl der geschaffenen und bis 2035 gesicherten Arbeitsplätze entsprechen.

<sup>6</sup> Geschätzt auf Basis von Daten der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (2023), LSN (2025a).

Handlungsfeld ca. 59 Prozent des Gesamteffektes aus. Im Zeitraum 2025-2035 steigt die Anzahl auf durchschnittlich 2.260 Beschäftigte. Da aber andere Sektoren Beschäftigungszuwächse erfahren, sinkt der Effektanteil im Handlungsfeld Gebäude auf 55 Prozent. Dass der Beschäftigtenanteil des Gebäuderbereichs leicht über dem entsprechenden Bruttowertschöpfungsanteil liegt (vgl. Abschnitt 3.2), spiegelt die höhere Arbeitsintensität bau- und installationsnaher Tätigkeiten (z. B. Handwerk, Baugewerbe, technische Gebäudeausrüstung) wider. Im zweitgrößten Handlungsfeld Strom sind mit den im Zeitraum 2020-2024 getätigten Investitionen durchschnittlich 360 Arbeitsplätze verbunden (18 Prozent des Gesamteffektes). Im Zeitraum 2025-2035 verdreifacht sich diese Zahl auf durchschnittlich rund 1.150 Beschäftigte und macht dann 28 Prozent des Gesamteffektes aus.

**Abbildung 3-9: Jährliche Beschäftigungseffekte durch die Energiewende in der Region Hannover zwischen 2020 und 2035 nach Handlungsfeld**



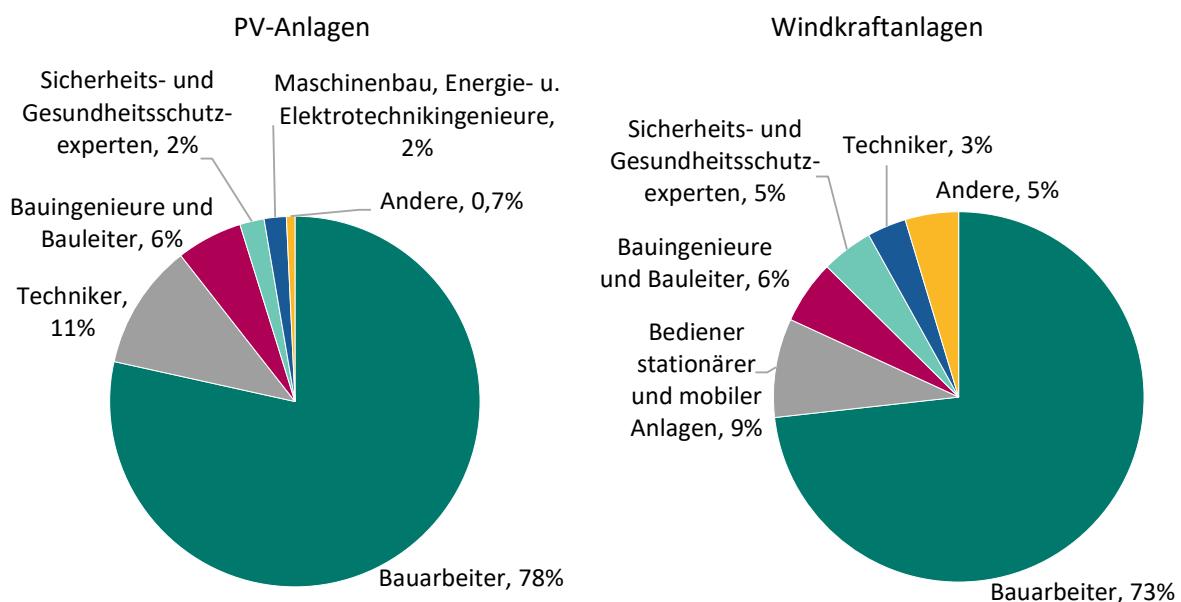
Quelle: DIW Econ.

Die Ergebnisse zeugen von großen Arbeitsmarktchancen durch die Energiewende. Gleichzeitig unterstreichen sie den Bedarf an qualifizierten Fachkräften entlang der regionalen Transformationspfade. Der zusätzliche Arbeitskräftebedarf durch den für die Zielerreichung notwendigen Investitionsanstieg kann den bereits bestehenden Fachkräftemangel weiter verschärfen. Bundesweit fehlen bis 2035 rund 560.000 Fachkräfte in transformationsrelevanten Berufen, wobei die Engpässe besonders in der Elektrotechnik und im Handwerk ausgeprägt sind (Prognos 2024). Im Jahr 2023 benötigten Unternehmen im Durchschnitt 112 Tage, um eine Stelle in der Berufsgruppe „Mechatronik-, Energie- und Elektroberufe“ oder in der Berufsgruppe „Informatik-, Informations- und Kommunikationstechnologieberufe“ zu besetzen. Für eine Stelle in der Berufsgruppe „Maschinen- und Fahrzeugtechnikberufe“ waren es 101 Tage und für eine Stelle in der Berufsgruppe „Bauplanungs-, Architektur- und Vermessungsberufe“

94 Tage.<sup>7</sup> Es wird prognostiziert, dass die Suchdauer bis 2040 weiter ansteigt (Maier, et al. 2024). In der Arbeitsmarktregion Hannover liegt die durchschnittliche Suchdauer oft 1-3 Tage über dem bundesweiten Durchschnitt, was auf teils noch stärkere Engpässe hindeutet (BIBB, IAB und GWS 2025).<sup>8</sup>

Für die Region Hannover bedeutet dies, dass die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende eine integrierte Strategie erfordert. Neben der Investitionsförderung gilt es, gezielt in Aus- und Weiterbildung zu investieren, überregionale und internationale Fachkräfte zu gewinnen und bisher ungenutzte Arbeitskräftepotenziale zu mobilisieren. Insbesondere Berufe im Bau- und Energiebereich sowie in der Elektrotechnik werden bei der Energiewende eine wichtige Rolle spielen. So werden beispielsweise auch beim Ausbau erneuerbarer Energien vor allem Fachkräfte in der Bauplanung und im Bau benötigt, während Fachkräfte in Elektrotechnik bei der Planung und oft erst bei dem Anschluss und der Inbetriebnahme der Anlagen tätig werden (vgl. Abbildung 3-10).

**Abbildung 3-10: Verteilung des Fachkräftebedarfs für den Bau von PV- und Windkraftanlagen nach technischen Berufsgruppen, in Prozent**



Anmerkungen: Administrative Berufe (bspw. Verwaltung, Buchhaltung) werden nicht berücksichtigt. Zur besseren Lesbarkeit wird in der Grafik auf gendergerechte Schreibweise verzichtet. Alle Geschlechter sind mitgemeint.

Quelle: DIW Econ basierend auf eigenen Recherchen.

<sup>7</sup> Nach mehr als 90 Tagen Personalsuche ist das Risiko, die Stelle nicht zu besetzen, höher als die Chance auf eine erfolgreiche Besetzung (Maier, et al. 2024).

<sup>8</sup> Die Arbeitsmarktregion Hannover umfasst die folgenden Kreise und kreisfreien Städte: Braunschweig, Kreisfreie Stadt; Salzgitter, Kreisfreie Stadt; Wolfsburg, Kreisfreie Stadt; Gifhorn, Landkreis; Goslar, Landkreis; Helmstedt, Landkreis; Peine, Landkreis; Wolfenbüttel, Landkreis; Region Hannover, Landkreis; Hameln-Pyrmont, Landkreis; Hildesheim, Landkreis; Nienburg (Weser), Landkreis; Schaumburg, Landkreis; Celle, Landkreis; Heidekreis, Landkreis.

Aus der Verteilung des Fachkräftebedarfs nach Berufsgruppen ist auch ersichtlich, dass viele Berufe kein Hochschulstudium brauchen und damit je nach Anforderung einem geringen bis oberen mittleren Qualifikationsniveau entsprechen (DIW Econ 2024b, DIW Econ 2025d).<sup>9</sup> Das kann die notwendige Weiterbildung bzw. Umschulung der Fachkräfte deutlich beschleunigen. Gleichzeitig bedeuten diese Qualifikationsanforderungen nicht, dass die entsprechenden Stellen schlechter bezahlt werden. Im Gegenteil: Es wird erwartet, dass es eine starke Nachfrage nach vielen gering- bis mittelqualifizierten Berufen im Bereich der erneuerbaren Energien geben wird, die wettbewerbsfähige Gehälter bieten (American Clean Power Association 2021, Farrell und Lawhorn 2022).

Die Bundesregierung hat mit ihrer Fachkräftestrategie (Bundesregierung 2022), unterschiedlichen Förderinstrumenten für Weiterbildung und der Reform des Fachkräfteeinwanderungsgesetzes (2023/2024) bereits wichtige Weichen gestellt, etwa durch die Einführung der „Chancenkarte“ mit Punktesystem und vereinfachte Anerkennungsverfahren für ausländische Berufsabschlüsse. Darauf aufbauend können regional gezielte Bildungsangebote, Beschäftigungsprogramme für benachteiligte bzw. vulnerable Bevölkerungsgruppen und Infrastruktur für überregionale und internationale Fachkräfte unterstützen. Die Region Hannover kann dabei auf die Arbeit der Fachkräfteallianz Hannover aufbauen, die als Teil der Fachkräfteinitiative Niedersachsen bereits seit zehn Jahren die Stärkung der regionalen Fachkräftebasis fördert. Ihre Aktivitäten gliedern sich in fünf Handlungsfelder (Region Hannover 2025b), die die oben genannten Maßnahmenbereiche größtenteils abdecken:

- Übergang Schule-Beruf / Schule-Hochschule,
- Vereinbarkeit von Familie und Beruf,
- Weiterbildung für Unternehmen,
- Fachkräfteeinwanderung,
- Hochschulen und Region.

Des Weiteren kann künstliche Intelligenz (KI) in bestimmten Bereichen wie beispielsweise Planung oder Instandhaltung und Monitoring unterstützend eingesetzt werden, wenngleich sie den Bedarf an Fachkräften im Bauwesen, in der Elektrotechnik und der technischen Gebäudeausrüstung nicht ersetzt.

<sup>9</sup> Hierunter fallen auch Techniker\*innen und gleichrangige nicht-technische Berufe (Stufe 3 der Internationalen Klassifikation der Berufe, ISCO), die vom Statistischen Bundesamt als hochqualifizierte Berufe eingestuft werden. Da diese Berufe aber in der Regel einen kurzen tertiären Bildungsgang und keinen Hochschulabschluss erfordern (Stufe 5 Internationale Standardklassifikation für das Bildungswesen, ISCED), werden sie hier dem oberen mittleren Qualifikationsniveau zugeordnet.

Die Region Hannover zeichnet sich bereits durch eine starke Wirtschaftsstruktur aus, die einen Mix aus exportorientierten Branchen wie der Automobilwirtschaft und der Produktionstechnik, wissensbasier-ten Dienstleistungen, der Informationstechnologie- und Kommunikationsbranche, dem Handwerk so- wie den Logistik-, Finanz- und Gesundheitsdienstleistungen umfasst (Region Hannover 2025d). Über diesen Branchenmix und eine Kombination aus großen, kleinen und mittelständischen Unternehmen verfügt sie auch über einen breiten Arbeitsmarkt mit qualifizierten Arbeitskräften (Region Hannover 2025h). Gleichzeitig ist sie ein starker Wissenschaftsstandort. Damit verfügt die Region Hannover über gute Voraussetzungen, diese Herausforderung erfolgreich zu meistern und sich als Vorreiterregion der Energiewende zu positionieren.

### 3.4 Öffentliche Einnahmen

Die durch die Energiewende angestoßenen regionalen Aktivitäten generieren erhebliche fiskalische Effekte für die öffentliche Hand. In der bisherigen Entwicklung in der Periode von 2020-2024 sind die regionalen Investitionen mit einem durchschnittlichen Steueraufkommen von rund 110 Mio. Euro jähr-lich in der Region Hannover verbunden, ergänzt um weitere 30 Mio. Euro an Sozialabgaben. Diese Steuer- und Abgabenvolumina entstehen durch die regionale Bruttowertschöpfung, die von den loka- len Investitionen in die Energiewende ausgelöst werden, und fließen dabei sowohl dem Bund als auch dem Land Niedersachsen sowie den Städten und Gemeinden in der Region Hannover zu.

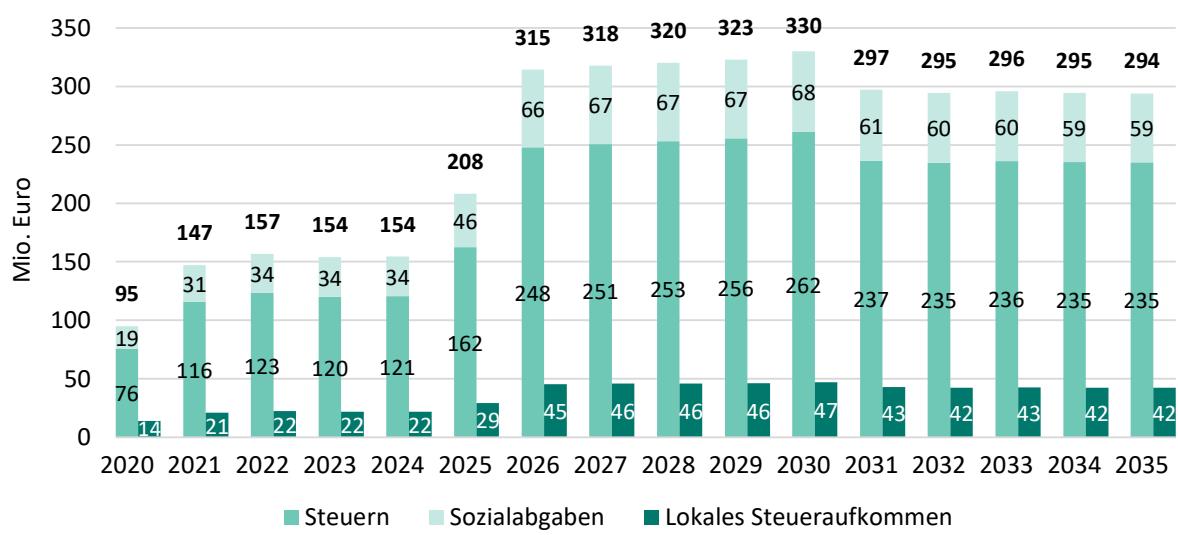
Die fiskalischen Effekte würden sich deutlich verstärken, wenn die Energiewende beschleunigt würde, um das Klimaplan-Szenario aufzuholen. Das durchschnittliche jährliche Steueraufkommen würde sich auf etwa 240 Mio. Euro mehr als verdoppeln, während sich die Sozialabgaben auf rund 60 Mio. Euro gleichermaßen verdoppeln würden. Dieser Anstieg spiegelt die erhebliche Intensivierung der regiona- len Wirtschaftsaktivitäten wider, die durch die verstärkten Investitionen in Gebäudesanierung, Netz- ausbau, erneuerbare Energien und Verkehrsinfrastruktur ausgelöst werden.

Für die kommunalen Haushalte ist jedoch zu berücksichtigen, dass vom gesamten Steueraufkommen nur bestimmte Steuerarten bei den Gemeinden verbleiben. Nach dem aktuellen Steuerverteilungs-schlüssel fließen etwa 91 Prozent der Gewerbesteuer (Stand 2024), 15 Prozent der Lohnsteuer und knapp 3 Prozent der Mehrwertsteuer (Stand 2023) in die kommunalen Haushalte, während der Rest zwischen Bund und Ländern aufgeteilt wird (BMF 2025). Damit entstand in der Region Hannover ein zusätzliches jährliches Steueraufkommen von bis zu 22 Mio. Euro im Zeitraum 2020-2024. Im Zeitraum 2025-2035 verdoppelt sich das prognostizierte jährliche Aufkommen auf bis zu 47 Mio. Euro Sozialab- gaben hingegen fließen nicht in die Haushalte von Bund, Ländern oder Kommunen und werden daher für das lokale Aufkommen öffentlicher Einnahmen nicht berücksichtigt. Die lokalen Steuereinnahmen

entsprechen damit durchschnittlich ca. 14 Prozent der öffentlichen Einnahmen, die durch regionale Investitionen in die Energiewende generiert werden (vgl. Abbildung 3-12).

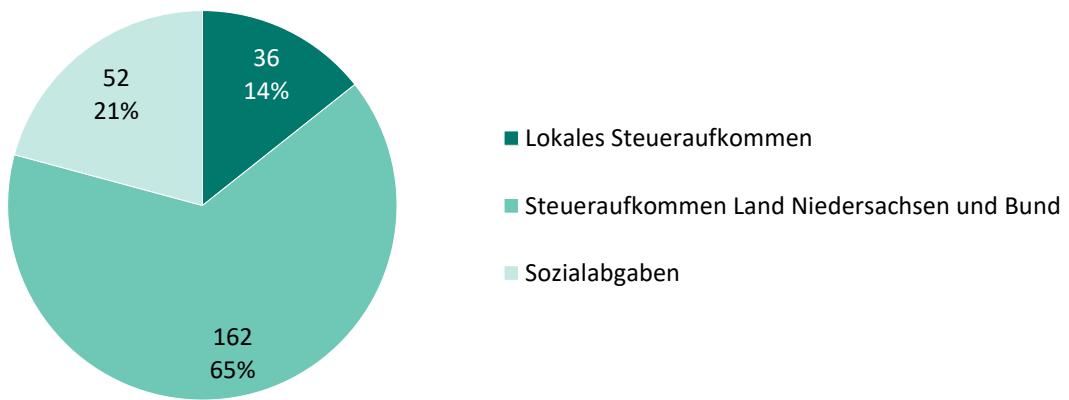
Es ist anzumerken, dass die Investitionen in die Energiewende in der Region Hannover auch Nachfrageeffekte in anderen deutschen Regionen auslösen. Die dadurch angestoßene Produktion und Wertschöpfung außerhalb der Region Hannover erhöht das Steueraufkommen für den Bund zusätzlich. Da die vorliegende Analyse die regionalökonomischen Effekte der Energiewende in der Region Hannover durch ausschließlich regional wirksame Investitionen modelliert, bleiben diese überregionalen Effekte unberücksichtigt.

**Abbildung 3-11: Jährliches Steueraufkommen durch regionale Investitionen in die Energiewende zwischen 2020 und 2035, in Millionen Euro**



Quelle: DIW Econ.

**Abbildung 3-12: Verteilung der durchschnittlichen jährlichen öffentlichen Einnahmen im Zeitraum 2020-2035 zwischen lokalem Steueraufkommen, Steueraufkommen im Land Niedersachsen und im Bund sowie Sozialabgaben, in Millionen Euro und in Prozent**



Quelle: DIW Econ.

## 4. Ergebnisdiskussion und Einordnung

Die ermittelten regionalökonomischen Effekte der Investitionen in die Energiewende sind beträchtlich und verdeutlichen die erheblichen Chancen, die mit der Klimatransformation verbunden sind. Sie zeigen, dass die erforderlichen Investitionen nicht nur einen Beitrag zum Klimaschutz leisten, sondern zugleich wichtige Impulse für Wertschöpfung, Beschäftigung und Steuereinnahmen in der Region Hannover setzen können.

Kein Bestandteil der vorliegenden Modellierung waren hingegen jene wirtschaftlichen Potenziale, die über den initialen Investitionsschub hinausgehen. Diese ergeben sich insbesondere aus der laufenden Anwendung klimaneutraler Technologien und werden in Abschnitt 4.1 näher erläutert. Über die quantifizierbaren Effekte hinaus bringt die Energiewende eine Reihe weiterer positiver Wirkungen mit sich, die sich nicht unmittelbar monetär erfassen lassen. Dazu zählen beispielsweise eine Steigerung der Standortattraktivität, die Förderung von Innovationen und eine Stärkung der lokalen Resilienz. Diese qualitativen Aspekte werden im Abschnitt 4.2 vertiefend diskutiert. Abschnitt 4.3 beleuchtet übergangsbedingte Herausforderungen der Energiewende, wie die notwendigen Doppelstrukturen oder den Beschäftigungsrückgang in emissionsintensiven Prozessen. Abschnitt 4.4 diskutiert anschließend die Vorteile eines frühzeitigen Handelns für die Erreichung der Klimaziele.

### 4.1 Wertschöpfung durch Nutzung klimaneutraler Technologien

Neben den einmaligen Investitionskosten entstehen im Zuge der Energiewende in vielen Bereichen auch laufende Betriebskosten. So müssen beispielsweise Anlagen zur erneuerbaren Strom- und Wärmeerzeugung, die Stadtinfrastruktur und klimaneutrale Verkehrsmittel gewartet und instand gehalten werden. Dadurch entstehen über die gesamte Lebensdauer der Anlagen hinweg Wertschöpfung, Beschäftigung und öffentliche Einnahmen. Auch wenn die Betriebskosten mit 1 Prozent bis 4,6 Prozent pro Jahr im Verhältnis zu den Investitionskosten gering ausfallen, lösen sie über einen Zeitraum von 25 bis 35 Jahren beträchtliche ökonomische Impulse aus (vgl. Übersicht der Betriebskosten und technischen Lebensdauer unterschiedlicher Anlagen in Tabelle 4-1). Bei den Gesamtinvestitionen von 29,5 Mrd. Euro bis 2035 (vgl. Abschnitt 3.1) würde die erfolgte Energiewende in der Region Hannover nach dem Jahr 2035 mit mindestens 0,3 Mrd. Euro an jährlichen Betriebsausgaben auch langfristig starke ökonomische Impulse setzen. Nachdem die technische Lebensdauer der Anlage ausgeschöpft ist, erfolgt oft eine Erneuerung, die einen neuen Investitionsschub, wenngleich meist etwas geringer als beim Neubau, sowie die Fortführung der Betriebsausgaben mit sich bringt.

**Tabelle 4-1: Technische Lebensdauer in Jahren und Betriebskosten ausgewählter klimaneutraler Technologien im Verhältnis zu den Investitionskosten, in Prozent.**

Technologie	Technische Lebensdauer	Jährliche Betriebskosten, Prozent von Investition
Dach-PV (Wohngebäude)	35	1,0 Prozent
Dach-PV (Nichtwohngebäude)	35	1,2 Prozent
Freiflächen-PV	35	2,0 Prozent
Windkraftanlage an Land	27	4,2 Prozent
Großwärmepumpe (Abwärme)	25	1,3 Prozent
Geothermales Heizwerk	25	1,5 Prozent
Wärmepumpe (Luft-Wasser, EFH)	16	4,6 Prozent
CCUS-Anlage (Nachrüstung Zementwerk)	25	3,5 Prozent

Quelle: DIW Econ basierend auf technischen Datenblättern der DEA.

In der Input-Output-Klassifikation fallen die Betriebskosten größtenteils unter „Reparatur, Instandhaltung und Installation von Maschinen und Ausrüstungen“. Insbesondere im Bereich der Verkehrsinfrastruktur fallen die entsprechenden Dienstleistungen auch in das Baugewerbe. Im Vergleich zu den Anlagenkomponenten – Maschinen und Ausrüstungen – weisen diese Sektoren relativ hohe regionale Lieferquoten auf (vgl. Abschnitt 2.2). Das bedeutet, dass bei den Betriebskosten ein vergleichsweise hoher Anteil der Ausgaben regional wirksam bleibt.

Die Dezentralität der Anlagen zur erneuerbaren Strom- und Wärmeerzeugung stärkt darüber hinaus die wirtschaftlichen Chancen auf regionaler Ebene: Im Gegensatz zu großen, meist zentralisierten mit fossilen Energieträgern betriebenen Kraftwerken bieten dezentrale erneuerbare Energieerzeugungs-Systeme vielfältige Möglichkeiten für die Entwicklung und den Betrieb lokaler Unternehmen, insbesondere in den Bereichen Wartung, Dienstleistungen und technischer Betrieb. Dadurch können auch exportfähige Services entwickelt und lokale Know-How Hubs etabliert werden (Sauthoff und Löber 2025). Dies fördert nicht nur die regionale Wertschöpfung, sondern stärkt auch die lokalen Beschäftigungspotenziale, die wirtschaftliche Resilienz und das regionale Wachstumspotenzial. Während mit dem Rückgang der Energiegewinnung aus fossilen Brennstoffen vor allem zentralisierte Betriebsausgaben außerhalb der Region Hannover entfallen, verbleiben bei erneuerbaren Energien größere Teile der laufenden Ausgaben im regionalen Wirtschaftskreislauf. In der Betriebsphase können außerdem Pachteinnahmen entstehen, die bei lokalen Grundeigentümer\*innen zusätzliches Einkommen generieren. Dies unterstreicht die positive Rolle einer dezentralen Energiewende für die regionale Entwicklung.

## 4.2 Weitere nicht monetär abbildbare (intangible) Effekte

### 4.2.1 Innovationen

Der mit der Umsetzung der Energiewende einhergehende Investitionsschub entfaltet weitreichende Impulse für die Innovationskraft von Regionen. Der Ausbau der Strom-, Wärme- und Verkehrsinfrastrukturen wirkt nicht nur als Nachfrageimpuls für die regionale Wirtschaft, sondern stärkt auch die regionalen Innovationsökosysteme. Die Umstellung auf klimafreundliche Systeme erfordert technologische Weiterentwicklungen wie effizientere Speicherlösungen, intelligente Netze oder neue Formen der Sektorkopplung. Dadurch entsteht ein kontinuierlicher Bedarf an Forschung, Entwicklung und technologischem Lernen. In diesem Umfeld arbeiten Unternehmen, Forschungseinrichtungen und qualifizierte Fachkräfte zunehmend enger zusammen, um praxisorientierte Lösungen zu entwickeln und diese marktfähig zu machen. Diese enge Kooperation fördert die Entstehung neuer Cluster und Wertschöpfungsnetzwerke. Insbesondere durch die räumliche Nähe der Akteur\*innen entstehen Wissensspillover, die den Austausch von Erfahrungen, Ideen und Technologien erleichtern und so Entwicklungs- und Markteinführungsprozesse beschleunigen (Breschi und Lissoni 2001). Die Energiewende wirkt somit als Katalysator für kooperative Innovation und stärkt die regionale Fähigkeit, neue technische und organisatorische Lösungen zu entwickeln.

Innovationen im Kontext der Energiewende umfassen weit mehr als nur technologische Fortschritte. Neben der Weiterentwicklung von Anlagen und Systemkomponenten entstehen auch Prozessinnovationen, neue Formen der Zusammenarbeit und gänzlich neue Märkte. Die Sektorkopplung, also die intelligente Vernetzung von Strom, Wärme, Verkehr und Industrie zur Optimierung der Energienutzung über bisher getrennte Systemgrenzen hinweg, gilt als Schlüsselprinzip einer integrierten Energiewirtschaft und eröffnet zusätzliche Innovationsräume. Zusammen mit der Digitalisierung hebt sie die Systemeffizienz und schafft neue Geschäftsmodelle. So kann ein System entstehen, das Lastspitzen glättet und durch die optimale Steuerung zwischen Strom, Wärme und energienutzenden Sektoren den Netzausbaubedarf reduziert (bdew 2020).

Zu den Beispielen in der Region Hannover gehören laufende Projekte des lokalen Energiekonzerns enercity und des ebenfalls in Niedersachsen ansässigen Energieversorgungsunternehmens Avacon. So hat enercity im Jahr 2023 den Bau einer Power-to-Heat-Anlage in Hannover gestartet (enercity 2025d). Power-to-Heat-Anlagen sind Elektrodenheizkessel, die Strom mit hoher Effizienz in Wärme umwandeln und überschüssigen, erneuerbaren Strom nutzen können. In Verbindung mit Wärmespeichern können sie die Wärme auch zu einem späteren Zeitpunkt abgeben und so dabei helfen, Spitzen in Er-

zeugung und Nachfrage auszugleichen. Ihre hohe Flexibilität und schnelle Reaktionszeiten unterstützen die Netzdienlichkeit.<sup>10</sup> Ein anderes Kopplungsbeispiel ist der Bau einer Großwärmepumpe am Klärwerk Hannover, die voraussichtlich im Jahr 2027 ans Netz gehen soll (enercity 2025c). Die Wärmepumpe kann ebenfalls mit erneuerbarem Strom betrieben werden und wird die Restwärme im geklärten Wasser der Kläranlage als Energiequelle nutzen, um Fernwärme zu erzeugen. Gleichzeitig senkt der Energieentzug die Temperatur des geklärten Wassers, bevor es in den Fluss geleitet wird. Einen ähnlichen Ansatz verfolgt die für das Jahr 2026 geplante Anlage, die die Wärme aus dem nahegelegenen Abwasserkanal gewinnt (Avacon 2025b). Im Zusammenhang mit der steigenden Digitalisierung und der damit einhergehenden Stromnachfrage kann auch der Bau des Rechenzentrums Sehnde erwähnt werden, welches die regionale IT-Infrastruktur stärkt. Das Rechenzentrum wurde bereits in der Planungsphase für einen energieeffizienten Betrieb und die Nutzung von erneuerbarem Strom konzipiert. Zum Teil wird es über eine eigene Freiflächen-PV-Anlage versorgt, während die Abwärme zukünftig für die Heizungs- und Klimaversorgung genutzt werden kann (Avacon 2025a, envia TEL 2025).

Ein zentraler Treiber im Zusammenhang mit der Sektorkopplung ist der Einsatz digitaler Technologien und künstlicher Intelligenz (KI). Durch präzisere Erzeugungs- und Nachfrageprognosen lassen sich erneuerbare Energien besser in das Gesamtsystem integrieren. Virtuelle Kraftwerke verknüpfen dezentrale Erzeugungs- und Speicheranlagen, sodass diese gemeinsam wie ein großes Kraftwerk agieren und flexibel auf Schwankungen reagieren können. Automatisiertes Lastmanagement hilft, Lastspitzen zu glätten und somit den Netzausbaubedarf zu reduzieren. Insbesondere durch den steigenden Anteil dezentraler, fluktuierender Stromerzeuger und die Verschiebung der Lastprofile durch die Nutzung von PV-Anlagen und Speichern für den Eigenverbrauch stoßen die existierenden Modelle an ihre Grenzen. KI kann daher eine wichtige Rolle bei der Generierung der notwendigen Datenbasis und Echtzeitüberwachung spielen (Solar Promotion GmbH 2025). Ein wichtiger Aspekt ist auch die Digitalisierung der Netze, denn sie hilft dabei, die Wartungsprozesse zu optimieren und die Netzstruktur zukunftssicher auszubauen. Derzeit wird beispielsweise die Hochspannungsinfrastruktur in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt, darunter auch in der Region Hannover, digitalisiert (Avacon 2024).

Aus diesen technologischen Entwicklungen entstehen neue Märkte für Flexibilitäts- und Aggregationsdienstleistungen (also Angebote, die Energieflüsse systemweit optimieren und die Stabilität des Gesamtsystems sichern), die auch für die Region Hannover Chancen darstellen können. Unternehmen,

<sup>10</sup> Netzdienlichkeit bezeichnet die Fähigkeit von Erzeugungsanlagen, Speichern oder Verbrauchseinheiten, durch ihr Verhalten – etwa durch Einspeisung, Speicherung oder Lastverschiebung – zur Stabilität, Effizienz und Versorgungssicherheit des Stromnetzes beizutragen.

die frühzeitig Kompetenzen in diesen Bereichen aufbauen, können sich nicht nur lokal, sondern auch überregional als Anbieter innovativer Energiedienstleistungen positionieren.

Auch im Mobilitätssektor führt die Energiewende zu erheblichen Innovationsimpulsen. Neben dem Ausbau der Ladeinfrastruktur für Elektromobilität, erfordert die Energiewende im Verkehr die Entwicklung neuer Nutzungskonzepte, wie beispielsweise den breiteren Einsatz von Carsharing, vernetzte Verkehrssysteme und perspektivisch autonome Fahrzeugflotten. Diese Anwendungen schaffen eine wachsende Nachfrage nach Sensorik, Datenplattformen und Optimierungssoftware. Die dabei entstehenden technologischen Kompetenzen wirken wiederum in andere Branchen hinein: in die Logistik, den öffentlichen Verkehr, die kommunalen Dienste und industrielle Produktionsprozesse. Dadurch entstehen vielfältige Spillover-Effekte, die über die Grenzen des Energiesektors hinausreichen und die Innovationslandschaft insgesamt stärken.

Ein weiterer Bereich mit großem Innovationspotenzial ist die Industrie, insbesondere emissionsintensive Branchen wie die Zementproduktion. Die Einführung von Technologien zur Abscheidung, Nutzung und Speicherung von CO<sub>2</sub> eröffnet hier neue Entwicklungspfade. Zwar ist die emissionsarme Klinkerproduktion heute noch deutlich teurer als konventionelle Verfahren, jedoch können Lernkurven, Skalierung und Prozessinnovationen ihre Wirtschaftlichkeit verbessern und die Nachfrage nach emissionsarmen Zementprodukten steigern (McKinsey & Company 2023). Darüber hinaus entstehen rund um die Nutzung des abgeschiedenen Kohlenstoffs eigenständige Märkte, beispielsweise für synthetische Kraftstoffe, chemische Folgeprodukte oder die Karbonatisierung mineralischer Rohstoffe (WWF 2019).<sup>11</sup> Ein früher Einstieg in diese Technologien kann dazu beitragen, Know-How aufzubauen, Technologieführerschaft zu sichern und Chancen im Maschinen- und Anlagenbau zu eröffnen.

Auch in weniger energieintensiven Industrieunternehmen können Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien zu Prozessinnovationen sowie zu einem erhöhten Einsatz digitaler Lösungen zur Prozessoptimierung und -steuerung führen. Dadurch können auch Synergien mit Automatisierung und Digitalisierung entstehen.

Die Innovationswirkungen der Energiewende gehen somit weit über einzelne technologische Neuerungen hinaus. Sie beeinflussen ganze Wertschöpfungsketten und begünstigen die Entstehung neuer Geschäftsmodelle, Branchen und Marktsegmente. Unternehmen werden angeregt, ihre Produktionsprozesse anzupassen, neue Partnerschaften einzugehen und ihre Forschungsaktivitäten auszuweiten.

<sup>11</sup> Die Karbonatisierung mineralischer Rohstoffe bezeichnet ein Verfahren, bei dem CO<sub>2</sub> gezielt mit mineralischen Materialien wie Zement, Beton oder industriellen Nebenprodukten reagiert. Dabei wird das CO<sub>2</sub> chemisch gebunden und in Form stabiler Karbonate fixiert. Dieser Prozess trägt nicht nur zur dauerhaften Speicherung von CO<sub>2</sub> bei, sondern kann auch die Materialeigenschaften verbessern, beispielsweise die Festigkeit von Beton.

Gleichzeitig profitieren Hochschulen und Forschungseinrichtungen von praxisnahen Kooperationen mit der Wirtschaft, wodurch sich die Anwendung und Kommerzialisierung neuer Technologien beschleunigt. So kann ein sich selbst verstärkender Innovationskreislauf in Gang gesetzt werden. Investitionen in klimaneutrale Technologien erzeugen neue Lernprozesse, aus denen wiederum Innovationen hervorgehen, die Effizienzsteigerungen und Kostensenkungen ermöglichen.

Diese Dynamik hat auch eine strukturelle Bedeutung für die regionale Entwicklung. Regionen, die frühzeitig Kompetenzen in Schlüsseltechnologien der Energiewende aufbauen, werden für technologieorientierte Unternehmen und hochqualifizierte Fachkräfte zunehmend attraktiver. Damit kann in der Region Hannover durch die Verbindung von Energie-, Digital- und Industriekompetenzen ein zukunftsorientiertes Innovationsprofil entstehen, das ökonomische und ökologische Vorteile vereint. Die Stärkung dieses Innovationsprofils erfordert jedoch geeignete Rahmenbedingungen. Während Rahmenbedingungen für Innovationen oft auf Bundes- und sogar europäischer Ebene entstehen, kann auch die regionale Politik das lokale Innovationsökosystem unterstützen, indem sie beispielsweise lokale Innovationsprojekte und Innovationskooperationen zwischen Forschungseinrichtungen, Start-ups und bestehenden Unternehmen fördert und den Aufbau regionaler Cluster unterstützt.

#### 4.2.2 Standortattraktivität und sektorale Spillover-Effekte

Die Energiewende entfaltet über direkte Investitions- und Innovationsimpulse hinaus vielfältige positive Wirkungen auf die regionale Standortattraktivität und führt auch zu Spillover-Effekten zwischen Branchen. Im Abschnitt 4.2.1 wurde bereits auf die Bedeutung von Clusterbildung hingewiesen. Diese spielt jedoch nicht nur für technologische Lernprozesse eine Rolle, sondern auch für die generelle Positionierung einer Region im Standortwettbewerb. Clusterstrukturen schaffen Sichtbarkeit, bündeln Kompetenzen und erleichtern den Zugang zu spezialisierten Arbeitskräften, Zulieferern und Forschungseinrichtungen. Gerade im Bereich der erneuerbaren Energien kann die Region Hannover auf einer bereits bestehenden Basis aufbauen: Das niedersächsische Umfeld verfügt über umfangreiche Erfahrungen in Windenergie an Land und auf See sowie über eine starke Biogaswirtschaft (BWE 2025a, GEM 2025a). Diese gewachsenen Strukturen bieten eine solide Grundlage, um bestehende Netzwerke zu erweitern und neue Akteur\*innen, beispielsweise aus den Bereichen Wasserstoff, Speichertechnologien oder Energiemanagement, anzuziehen.

Für die in einer Region ansässigen Unternehmen ergeben sich daraus potenzielle Wachstumseffekte, die über den unmittelbaren Energiesektor hinausreichen. Ein starker Standort für erneuerbare Energien und Energiedienstleistungen verbessert die Wettbewerbsposition lokaler Unternehmen, die ihr

Know-how in der Region weiterentwickeln und anschließend auch in andere Märkte übertragen können. Das Beispiel energicity zeigt, wie ein Unternehmen durch den frühzeitigen Einstieg in nachhaltige Energieinfrastrukturen Kompetenzen aufbaut, die über die regionale Ebene hinaus angewendet werden (enercity 2025e). Solche First-Mover-Vorteile können entscheidend dazu beitragen, die Region Hannover weiter als Pionierstandort im Bereich der Energie- und Wärmewende zu etablieren. Besonders im Bereich der Fernwärme zählt die Region Hannover zu den Vorreitern, was nicht nur technologische und planerische Fähigkeiten stärkt, sondern auch die regionale Attraktivität für Investitionen und Fachkräfte erhöht. So ist die Landeshauptstadt Hannover eine der ersten wenigen deutschen Städte und Gemeinden sowie eine von fünf niedersächsischen Kommunen, die bereits ihre kommunale Wärmeplanung abgeschlossen haben (Stand Mai 2025). Auch andere Gemeinden der Region Hannover haben die kommunale Wärmeplanung bereits begonnen (BBSR 2025a).

Über den Energiesektor hinaus profitieren auch andere Wirtschaftszweige von der Transformation. Ein zentrales Beispiel ist die Landwirtschaft, die in mehrfacher Hinsicht in die Energiewende eingebunden werden sollte. Einerseits ergeben sich Einnahmemöglichkeiten durch die Verpachtung von Flächen für Windkraft- oder Photovoltaikanlagen, andererseits entstehen neue, kombinierte Nutzungsformen, bei denen Energieerzeugung und landwirtschaftliche Produktion sich gegenseitig ergänzen. Agri-PV erlaubt beispielsweise die gleichzeitige Nutzung von Flächen für Stromerzeugung und Pflanzenbau, während Weidehaltung unter Freiflächen-PV oder Windenergieanlagen gut mit der landwirtschaftlichen Nutzung vereinbar ist. Solche Ansätze verdeutlichen, dass erneuerbare Energien und Landwirtschaft nicht im direkten Wettbewerb um Flächen stehen müssen, sondern vielmehr Synergien erzeugen können.

Für eine erfolgreiche Umsetzung dieser Potenziale ist es wichtig, auch Branchen einzubeziehen, die nicht unmittelbar mit der Energiewende in Verbindung stehen, und Kooperationen zwischen den Branchen zu fördern, um positive Wechselwirkungen zu verstärken. Die Einbindung nicht-energetischer Branchen trägt außerdem dazu bei, die gesellschaftliche Akzeptanz zu sichern und die Energiewende als gesamtwirtschaftliches Modernisierungsprojekt zu verankern.

Neben den wirtschaftlichen Spillovern können sich auch Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt und die regionale Entwicklung ergeben. Der Aufbau neuer Cluster und die daraus entstehenden Wachstumschancen können weitere qualifizierte Arbeitskräfte anziehen und somit zusätzliche sekundäre Wachstumseffekte auslösen, die über die im Abschnitt 3.3 erfassten Effekte hinausgehen. Neue Beschäftigte und ihre Familien erhöhen wiederum die Nachfrage nach Dienstleistungen, Wohnraum und sozialer Infrastruktur – etwa Kindertagesstätten, Schulen oder Nahversorgung. Solche Effekte sind in der quantitativen Modellierung schwer abzubilden, tragen jedoch zu der lokalen Entwicklung bei.

Damit erzeugt die Energiewende eine sich selbst verstärkende Dynamik: Investitionen und Innovationen stärken die Standortattraktivität, wodurch weitere Unternehmen und Fachkräfte angezogen werden, die wiederum neue Impulse für Beschäftigung und regionale Wertschöpfung geben. Regionen, die frühzeitig die Chancen dieser Spillover-Effekte erkennen und strategisch nutzen, können ihre Position im Wettbewerb um zukunftsorientierte Investitionen deutlich verbessern. Für die Region Hannover bedeutet dies, dass die Energiewende weit über ihre unmittelbaren ökologischen und ökonomischen Ziele hinaus als Motor einer nachhaltigen, innovationsgetriebenen Standortentwicklung wirkt. Um diese Chancen zu nutzen, sind integrierte Strategien notwendig, die neben bereits oben erwähnten Fachkräftesicherung und Aufbau regionaler Cluster auch Maßnahmen wie Standortmarketing und Nutzung der erneuerbaren Energie und Sektorkopplung als Standortvorteil umfasst.

#### 4.2.3 Resilienz

Resilienz ist zu einer zentralen Voraussetzung für eine verlässliche Energieversorgung und stabile wirtschaftliche Entwicklung geworden. Die jüngsten geopolitischen und klimatischen Schocks haben deutlich gemacht, wie verletzlich bestehende Versorgungsstrukturen sein können. Hohe Importabhängigkeiten, volatile Brennstoffpreise und zunehmende physische Risiken durch den Klimawandel verdeutlichen die Notwendigkeit, Energiesysteme robuster, flexibler und regional anpassungsfähiger zu gestalten. In diesem Kontext leistet die Energiewende einen entscheidenden Beitrag, um die Resilienz und Versorgungssicherheit auch lokal langfristig zu stärken.

Ein zentrales Element ist dabei die zunehmende Dezentralisierung der Energieerzeugung. Durch den wachsenden Anteil erneuerbarer Energien aus Wind, Sonne und Biomasse entsteht ein vielfältigeres und weniger importabhängiges Erzeugungsportfolio. Regionen, die einen Großteil ihres Energiebedarfs lokal decken und durch Lastmanagement Angebot und Nachfrage flexibler aufeinander abstimmen können, sind weniger anfällig für internationale Marktschwankungen oder geopolitische Lieferengpässe (Breitschopf, et al. 2014, Simon und Diaz Anadon 2025). Eine intelligent gesteuerte, dezentrale Struktur kann Lastspitzen abfedern, regionale Netze stabilisieren und damit auch überregionale Infrastrukturen entlasten. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass der Ausbau der regionalen Netze, Speicher und digitalen Steuerungssysteme konsequent mit der Erzeugungsentwicklung Schritt hält (IEA 2024).

Neben der Versorgungssicherheit leistet die Dezentralisierung auch einen Beitrag zur Preisstabilität. Höhere Anteile erneuerbarer Energien führen in der Regel zu niedrigeren Durchschnittserzeugungskosten, insbesondere in Phasen hoher Einspeisung (Cevik und Ninomiya 2022). Auch flexibles Lastma-

nagement wirkt dämpfend auf Preisspitzen. Ein optimierter Mix aus zentralen und dezentralen Lösungen, die intelligent vernetzt sind, senkt darüber hinaus die Investitions- und laufenden Kosten und erhöht somit die Gesamtkosteneffizienz im deutschen Energiesystem (Sauthoff und Löber 2025). So kann die regionale Energiewende nicht nur die physische Sicherheit der Versorgung, sondern auch deren ökonomische Belastbarkeit erhöhen.

Ein weiterer zentraler Resilienzfaktor liegt in der Fähigkeit des Energiesystems, auf Extremwetterereignisse zu reagieren. Der Klimawandel bringt zunehmende Risiken durch Hitzewellen, Dürren oder Starkregen mit sich. Ein Stromsystem, in dem die variable Stromerzeugung durch Windkraft- und PV-Anlagen zunehmend dominiert, ist gleichzeitig stärker durch längere wind- und sonnenarme Phasen (sog. Dunkelflauten) gefährdet. Ein belastbarer Flexibilitätsmix aus Speichern, steuerbarer Nachfrage und sektorübergreifender Kopplung von Strom-, Wärme- und Verkehrssektor erhöht die Anpassungsfähigkeit an solche Situationen. Wenn Energieflüsse über mehrere Sektoren hinweg intelligent gesteuert werden können, lassen sich kurzfristige Schwankungen besser ausgleichen. Gleichzeitig verringern unterschiedliche Erzeugungsprofile an verschiedenen Standorten die Wetterexposition, Batteriespeicher puffern kurzfristige Schwankungen und überbrücken zumindest teilweise ungünstige Wetterlagen (Di Bella und Colelli 2025). Neben den „traditionellen“ fluktuierenden erneuerbaren Quellen können außerdem sowohl etablierte als auch neue grundlast- und flexibilitätsfähige erneuerbare Technologien wie Bioenergie, Geothermie oder Flugwindenergie zur längerfristigen (z.B. saisonalen) Stabilisierung der Energieversorgung beitragen. Nachhaltige Biomasse und Geothermie können dabei je nach Standort als Kraft-Wärme-Kopplung sowohl zur Strom- als auch zur Wärmeversorgung beitragen. Zu beachten ist jedoch, dass die geothermische Stromerzeugung in Deutschland aufgrund der erforderlichen hohen Temperaturen nur an wenigen Standorten möglich ist und in gewisser Konkurrenz zur Wärmebereitstellung steht (Engelmann, et al. 2021). Die Lage der Region Hannover ist insbesondere für mitteltiefe und tiefe Geothermie vorteilhaft (Agemar 2022), und die Nutzung von innovativen Technologien, die weniger abhängig von Grundwasser- oder geologischen Bedingungen sind (enercity 2025a), kann das Potenzial weiter erhöhen. Die Region Hannover erstellt derzeit eine geologische Vorstudie, die das Potenzial für mitteltiefe Geothermie untersucht (Klimaschutzagentur Region Hannover 2025).

Resilienz umfasst jedoch nicht nur die technische und infrastrukturelle Ebene, sondern auch die wirtschaftliche Struktur einer Region. Ein widerstandsfähiges Energiesystem ist eng mit einer diversifizierten und lernfähigen Wirtschaftslandschaft verbunden. Regionale Cluster aus Unternehmen, Zulieferern, Forschungseinrichtungen und Bildungsträgern fördern Wissensaustausch und beschleunigen Lernkurven. Sie erleichtern den Zugang zu Fachkräften und tragen dazu bei, dass Kompetenzen in zent-

ralen Zukunftsthemen, wie erneuerbare Energien, Speichertechnologien oder digitale Energiedienstleistungen, kontinuierlich weiterentwickelt werden. Dadurch steigt die Wettbewerbsfähigkeit lokaler Unternehmen in der Transformation und ihre Fähigkeit auf neue Marktbedingungen zu reagieren.

Wie im Abschnitt 4.1 beschrieben, bietet die Dezentralität der Erzeugung zugleich neue Chancen für lokale Betriebe und Fachkräfte. Betrieb, Wartung und Optimierung dezentraler Anlagen schaffen dauerhafte Beschäftigungsmöglichkeiten, die im Gegensatz zu fossil betriebenen Großkraftwerken stärker in einer Region verankert sind. So trägt die Energiewende nicht nur zur technischen Resilienz, sondern auch zur sozialen und wirtschaftlichen Stabilität bei. Eine breite Beteiligung lokaler Akteur\*innen – von Energiegenossenschaften über Handwerksbetriebe bis zu kommunalen Versorgern – verankert die Transformation in der regionalen Wirtschaft und stärkt ihre langfristige Tragfähigkeit. Die regionale Politik kann hier unterstützend wirken, indem sie beispielsweise regionale Anteile bei kommunalen Projekten der Energiewende (z.B. durch kommunale Vergabekriterien) und regionale Energiegesellschaften und Genossenschaftsmodelle (z.B. durch Beteiligung von Kommunen an erneuerbaren Energieerzeugungsanlagen) stärkt.

Ein frühzeitiger Ausbau grüner Infrastrukturen kann zudem regulatorische und planerische Risiken reduzieren. Regionen, die früh in Erzeugung, Speicher, Netze und digitale Steuerung investieren, schaffen Planungssicherheit und signalisieren Verlässlichkeit gegenüber privaten Investoren. Das bindet Kapital und Talente und wirkt sich positiv auf die Standortattraktivität aus (OECD 2023, IEA 2024). Der Hochlauf bei der Infrastrukturentwicklung wird damit selbst zum Standortfaktor: Je weiter der Aufbau fortgeschritten ist, desto größer sind die Anreize für weitere Investitionen in Produktion, Dienstleistungen und Forschung im Umfeld der Energiewende.

#### 4.2.4 Weitere sektorale Effekte

##### *Strom*

Der Stromsektor steht im Zentrum der Energiewende und bildet die Grundlage für die Dekarbonisierung der gesamten Wirtschaft. Mit dem schrittweisen Rückgang der fossil betriebenen Stromerzeugung und dem Ausbau erneuerbarer Energien verbessert sich nicht nur die Klimabilanz, sondern auch die Lebensqualität in der Region Hannover. Die Stilllegung kohlebefeueter Anlagen, wie beispielsweise die endgültige Stilllegung des Kohlekraftwerks Mehrum in 2024 (tagesschau 2024) und die geplante zeitnahe Stilllegung des Gemeinschaftskraftwerks Hannover (BUND Region Hannover 2021, energicity 2025b), reduziert Emissionen von Feinstaub, Schwefel- und Stickoxiden und trägt damit un-

mittelbar zu einer besseren Luftqualität, einem gesünderen Stadtklima sowie einer höheren Lebensqualität bei. Diese Effekte sind insbesondere für urbane Räume wie die Landeshauptstadt Hannover von großer Bedeutung, wo hohe eine Bevölkerungsdichte, umfangreiche Verkehrsemissionen und große Feuerungsanlagen oft zu einer überdurchschnittlichen starken Luftbelastung führen. Die lokale Luftreinhaltung durch die Energiewende bringt somit auch gesundheitliche und soziale Vorteile mit sich, die über die reine Energiepolitik hinausreichen.

Ein verlässliches, sauberes und zunehmend klimaneutrales Stromsystem ist zugleich ein wichtiger Standortfaktor. Für Unternehmen, die über die gesetzlichen Verpflichtungen hinaus Klimaziele verfolgen oder sich an internationale Nachhaltigkeitsstandards anlehnen, wird die Verfügbarkeit erneuerbarer Energie zunehmend zu Attraktivitätsfaktor bei Standortentscheidungen (Fischer, et al. 2023). Regionen, die frühzeitig den Ausbau der regenerativen Stromerzeugung vorantreiben, können sich daher im Wettbewerb um Neuansiedlungen und Investitionen als zukunftsfähige Wirtschaftsstandorte positionieren. Für die Region Hannover eröffnet dies Chancen, zukunftsorientierte und energieintensive Betriebe anzuziehen, die Wert auf eine stabile, klimafreundliche Energieversorgung legen.

Ein weiterer Aspekt betrifft die gesellschaftliche Teilhabe und Akzeptanz. Mit der zunehmenden Dezentralisierung der Stromerzeugung gewinnen Energiegenossenschaften und Bürgerbeteiligungsmodelle an Bedeutung. Sie ermöglichen es Bürger\*innen, direkt an den Erträgen der regionalen Stromerzeugung zu partizipieren, und schaffen dadurch ein höheres Maß an Identifikation und Akzeptanz für den Ausbau erneuerbarer Energien. Gleichzeitig fördern sie lokale Netzwerke, erleichtern die Erschließung geeigneter Standorte und stärken die Wertschöpfung vor Ort.

Ein wichtiger Schritt in diesem Zusammenhang ist auch die 2024 beschlossene Akzeptanzabgabe nach dem Niedersächsischen Gesetz über die Beteiligung von Kommunen und Bevölkerung am wirtschaftlichen Überschuss von Windenergie- und Photovoltaikanlagen (NWindPVBetG). Betreibende von Windkraft- und PV-Anlagen leisten dabei anteilige Abgaben an die betroffenen Kommunen und Anwohner\*innen. Diese Mittel sollen für Projekte mit sozialem, kulturellem, ökologischem oder klimapolitischem Nutzen eingesetzt werden, beispielsweise zur Förderung des Naturschutzes, zur Unterstützung besonders vulnerabler Gruppen oder zur Anpassung an den Klimawandel. Damit trägt der Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung nicht nur zur Energiewende selbst bei, sondern entfaltet auch positive Wirkungen für das gesellschaftliche Zusammenleben, die Lebensqualität und die kommunale Entwicklung.

## Verkehr

Der Verkehrssektor leistet im Rahmen der Energiewende ebenfalls einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der Lebensqualität in der Region Hannover. Wie auch der Verzicht auf kohlebasierte Stromerzeugung, führt der zunehmende Einsatz elektrischer Antriebe, insbesondere bei Pkw, Bussen und Nutzfahrzeugen, zu einer deutlichen Reduktion lokaler Schadstoffemissionen. Emissionen von Feinstaub, Stickstoffdioxid und Ozon, die vor allem in Ballungsräumen zu hohen gesundheitlichen Belastungen führen, gehen durch den Einsatz von Elektromobilität spürbar zurück. Dies wirkt sich unmittelbar positiv auf die Luftqualität aus und reduziert die gesundheitlichen Risiken für die Bevölkerung, insbesondere im Hinblick auf Atemwegs- und Herzkreislauferkrankungen (Camilleri, et al. 2023).

Neben der Schadstoffreduktion reduziert die Elektrifizierung des Verkehrs auch die Lärmbelastung. Elektrische Antriebe verursachen weniger Lärm, insbesondere im Anfahr- und Beschleunigungsvorgang. Elektrobusse und elektrisch betriebene schwere Nutzfahrzeuge können so zur deutlichen Entlastung lärmelasteter Wohnquartiere und Innenstädte beitragen (Borén 2020). Da Straßenlärm sich negativ auf das Wohlbefinden auswirkt und psychologische Belastungen hervorruft (Benz, et al. 2025, Romero Starke, et al. 2023), steigert eine leisere Umgebung im Umkehrschluss das Wohlbefinden, senkt Stressbelastungen und trägt zu einer höheren Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum bei. Dieser Effekt ist insbesondere in dicht besiedelten Stadtgebieten wie der Landeshauptstadt Hannover spürbar.

Darüber hinaus ist die Energiewende im Verkehr eng mit einer Neugestaltung des öffentlichen Raums verbunden. Verbesserte Infrastrukturen fördern die aktive Mobilität und tragen dazu bei, den Anteil klimafreundlicher Fortbewegungsarten im Modal Split zu erhöhen und die Treibhausgasemissionen des Verkehrs zu reduzieren. Gleichzeitig trägt der gezielte Ausbau sicherer und durchgängiger Rad- und Fußwegenetze nicht nur zu einem höheren Sicherheitsgefühl bei, sondern reduziert auch die Anzahl fataler Unfälle im Straßenverkehr (City of Copenhagen 2017). Mehr Bewegung im Alltag stärkt zudem die Gesundheit, verringert Lärmbelastungen und schafft lebenswertere Stadt- und Ortsteilzentren (Agora Think Tanks 2024).

## Gebäude und Wärme

Energetische Gebäudesanierungen entfalten vielfältige positive Effekte, die weit über die reine Energieeinsparung hinausgehen. Neben der direkten Wertsteigerung der sanierten Immobilien (Agora Think Tanks 2024) schaffen modernisierte Gebäude gesündere und klimaresilientere Wohnbedingungen mit wärmerer, trockenerer Raumluft, besserer Innentemperatur, reduzierter Schimmelbildung sowie geringerer Belastung durch Partikel, Schadstoffe, Verbrennungsrückstände und Allergene. Diese

Verbesserungen der Wohnqualität führen zu messbaren Gesundheitseffekten und reduzieren Krankenhaus- und Arztbesuche (Cowell 2016). Zusätzlich bieten energetische Modernisierungen neben der Verbrauchsminderung in den kalten Monaten auch erhöhte Resilienz gegen Hitzewellen im Sommer und steigern den Wert des gesamten Gebäudebestands (Agora Think Tanks 2024).

Die technischen und wirtschaftlichen Vorteile energetischer Modernisierungen sind ebenso bedeutsam. Gedämmte Gebäude reduzieren die winterliche Spitzenlast um den Faktor 2-3 und tragen damit zur Netzstabilität bei (Holm, Mellwig und Pehnt 2023). Damit schützen Modernisierungen die Haushalte auch gegen Preisschocks. So hatten Haushalte in ungedämmten Altbauten 6- bis 10-fach höhere Mehrkosten durch den Anstieg der Energiepreise im Jahr 2022 infolge des Ukraine-Krieges. Auch langfristige Einsparungen bei den Energiekosten entlasten die Haushalte finanziell. Durch gleichzeitige Gebäudemodernisierung und Installation einer Wärmepumpe können besonders starke Synergieeffekte erreicht werden. So würde eine Senkung des Heizwärmebedarfs um 18 Prozent (zum Beispiel bei Verbesserung von Energieeffizienzklasse G auf F) die Heizkosten um 37 Prozent senken (Holm, Mellwig und Pehnt 2023).

Dachintegrierte Photovoltaikanlagen können je nach Standort und Jahreszeit einen großen Teil des Haushaltsstroms decken und die Versorgungssouveränität stärken. Wie in Abschnitt 4.2.1 erwähnt, integriert zudem Power-to-Heat in Nah- und Fernwärme grünen Strom in die Wärmeversorgung und erhöht somit die Systemflexibilität.

#### *Industrie (insbesondere die Zementindustrie)*

Die Dekarbonisierung der Zementindustrie erfordert innovative Technologien, insbesondere die CO<sub>2</sub>-Abscheidung, die jedoch gleichzeitig neue Wertschöpfungspotentiale eröffnet (Wasserstoff-Kompass 2024). Es ist anzumerken, dass CCUS-Technologien heute noch nicht vollständig ausgereift und Transport und Speicherung von CO<sub>2</sub> noch mit hohen Kosten, Energieaufwand und teilweise auch Risiken verbunden sind (UBA 2024). Umso wichtiger ist es, dass die CO<sub>2</sub>-Abscheidung langfristig auch vielfältige Verwertungsmöglichkeiten bietet (Verein Deutscher Zementwerke 2020). Neben der geologischen oder mineralogischen Bindung können verschiedene Anwendungsgebiete erschlossen werden, darunter die Karbonatisierung mineralischer Rohstoffe, die biologische Verwertung, die Lebensmittelindustrie, die Herstellung chemischer Folgeprodukte und Synthesegas sowie die Produktion synthetischer Brenn- und Treibstoffe durch Power-to-Gas- und Power-to-Liquid-Verfahren (vgl. Abschnitt 4.2.1).

Darüber hinaus nutzt die Branche bereits heute zunehmend alternative Brenn- und Rohstoffe und trägt durch Aufbereitung alter Baustoffe für den Bau zur Kreislaufwirtschaft bei. Das steigert die Ressourcen- und Energieeffizienz und schafft gleichzeitig Synergien mit anderen Sektoren wie die Abfallwirtschaft

(Verein Deutscher Zementwerke 2020, Holcim Deutschland Gruppe 2024). So deckt beispielsweise die Holcim Deutschland Gruppe, die unter anderem ein Zementwerk in der Region Hannover (Sehnde/OT Höver) betreibt, bereits heute über 80 Prozent ihres thermischen Energiebedarfs durch alternative Brennstoffe wie nicht recycelbare Kunststoffe und hat den Klinkeranteil im Zement durch Recycling und alternative Rohstoffe wie Hüttensand auf knapp 60 Prozent reduziert (Holcim Deutschland Gruppe 2024).<sup>12</sup> Eine weitere Skalierung dieser Ansätze und Anwendung der CO<sub>2</sub>-Abscheidung kann damit die regionale Kreislaufwirtschaft weiter stärken.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die potenzielle Nutzung von Wasserstoff in Industrieunternehmen, die ihre Produktionsprozesse nach heutigem Technologiestand nicht komplett elektrifizieren können, beispielsweise, weil diese wie in Zement-, Glas- oder Metallherstellung sehr hohe Temperaturen benötigen. Nach aktuellen Planungen wird das Wasserstoff-Kernnetz, das derzeit bekannte große Verbrauchs- und Erzeugungsregionen mit Wasserstoff versorgen soll, durch die Region Hannover verlaufen (BNetzA 2024). Das wird die Region Hannover als einen möglichen Produktionsstandort weiter stärken.

### 4.3 Potenzielle gegenläufige Entwicklungen durch Umstellung auf grüne Infrastruktur

Neben den positiven Effekten der Investitionen in die Energiewende sind auch übergangsbedingte Herausforderungen zu berücksichtigen, die zu temporären Mehrkosten und strukturellen Anpassungen führen können. Ein wesentlicher Aspekt sind übergangsbedingte Doppelstrukturen durch den notwendigen Parallelbetrieb alter und neuer Systeme. Diese Mehrkosten treten beispielsweise beim zeitgleichen Betrieb von Gas- und Wärmenetzen, beim Erhalt der Tankinfrastruktur neben dem Aufbau der Ladeinfrastruktur sowie bei der parallelen Führung von Diesel- und Elektrobusflotten auf. Zusätzlich entstehen Kosten für Schulungen und Qualifizierungen des Personals sowie für die Anpassung von Betriebsprozessen, die so lange anfallen, bis die neuen Systeme stabile Auslastungen erreichen und die alten Strukturen weitgehend abgelöst werden können. Zugleich wird die „alte“ Infrastruktur nicht vollständig obsolet. Beispielsweise lassen sich Teile der Gasnetze auf Wasserstoff umrüsten. Die Tankinfrastruktur ist mindestens bis zur Erreichung der Klimaneutralität in ganz Deutschland aufrechtzuerhalten. Davon abgesehen erbringen Tankstellenbetriebe viele Leistungen, die über den reinen Betan-

<sup>12</sup> Zum Vergleich hat Portlandzement in der Regel einen Klinkeranteil von 95-100 Prozent und der durchschnittliche Klinkeranteil über alle Zementtypen in der EU liegt bei knapp 74 Prozent (Cembureau).

kungsvorgang hinausgehen. Bereits heute entsteht ein großer Teil des Umsatzes durch Zusatzgeschäfte wie Lebensmittelverkauf, Cafés oder Packstationen (Höfler und Neumann 2016). Da sich gerade im Bereich Schnelladen die Tankstellen als gute Standorte für Ladeinfrastruktur anbieten, kann der Umstieg auf Elektromobilität teilweise dem Erhalt dieser Zusatzgeschäfte beitragen, auch wenn die herkömmlichen Tankbetriebe schwinden (EVBox 2023, Höfler und Neumann 2016).

Ein weiterer Diskussionspunkt ist der potenzielle Verlust von Arbeitsplätzen im Zuge der Energiewende. Einerseits können viele Branchen von Unsicherheiten im Umstellungsprozess hin zur Klimaneutralität betroffen sein und vor besonderen Herausforderungen stehen, insbesondere in Bereichen, wo klimaneutrale Technologien noch nicht marktreif sind (DIW Econ 2024c). Auch wenn dies nicht zwangsmäßig einen Verlust von Arbeitsplätzen bedeutet, müssen sich gerade die energie- und emissionsintensiven Branchen auf tiefgehende Veränderungen ihrer Prozesse und ihrer Beschäftigung einstellen. Gleichzeitig könnte durch Unterschiede in der Arbeitsintensität zwischen dekarbonisierten und fossilbasierten Prozessen in manchen Sektoren die Beschäftigung tatsächlich zurückgehen. Solche Unterschiede in der Arbeitsintensität zwischen den dekarbonisierten und fossilbasierten Produktionsprozessen sind jedoch tendenziell gering (DIW Econ 2024a). Der Beschäftigungstrend in Deutschland wird stärker von Digitalisierung, Automatisierung und schwacher Produktivitätsdynamik geprägt – Trends, die unabhängig von der Energiewende wirken. Kommt es zu Arbeitsplatzverlusten, bietet die Energiewende entlang ihrer Wertschöpfungsketten substanzielle neue Beschäftigungspotenziale. Diese gleichen mögliche Verluste in bisher fossilbasierten Prozessen meist aus, sodass die Nettowirkung positiv bleibt. Die Beschäftigungschancen durch die Energiewende haben daher auch das Potenzial, zumindest teilweise den Arbeitsplatzverlusten durch globale strukturelle Veränderungen entgegenzuwirken. Um diesen Arbeitsmarktwandel zu sichern und sowohl den Beschäftigungsverlusten in schrumpfenden Branchen als auch dem Fachkräftemangel in wachsenden Branchen zugleich entgegenzuwirken, sind gezielte Qualifizierungsmaßnahmen und die Förderung von Mobilität am Arbeitsmarkt zentral.

Die Übergangskosten und potenziellen Arbeitsmarktumstellungen sind zeitlich begrenzt, können in der Spitzenphase jedoch relevant werden. Daher sollten sie frühzeitig in die Finanz- und Fachkräfteplanung sowie in die Kommunikation einbezogen werden, um Akzeptanz zu sichern.

#### 4.4 Vorteile des frühen Handelns

Ein frühzeitiges und entschlossenes Handeln ist essenziell, um die ambitionierten Klimaziele der Region Hannover zu erreichen. Ein früher Hochlauf der Dekarbonisierungsmaßnahmen verteilt die Anstrengungen

gungen der Energiewende auf mehrere Jahre, verhindert teure Aufholprogramme und senkt die Gesamtkosten der Transformation. Modellierungen zeigen, dass ein früher Beginn die Mehrkosten von bis zu 30 Prozent bei den Upstream-Investitionen vermeiden kann, die typischerweise bei einer fünfjährigen Verzögerung auftreten (Wood Mackenzie 2025). Darüber hinaus wird verhindert, dass sich ungewollte Pfadabhängigkeiten verfestigen. Wenn erneuerbare Energien zügig ausgebaut werden, kann beispielsweise verhindert werden, dass neue fossile Anlagen ans Netz gehen, die entweder über die nächsten Jahrzehnte laufen und die Klimaziele untergraben würden oder vorzeitig abgeschrieben werden müssten und damit zu „stranded assets“ (entwerteten Investitionen) würden.

Beherztes und schnelles politisches Handeln mit einer klaren Maßgabe kann außerdem Unsicherheiten bei Haushalten und Unternehmen reduzieren. Klare Regeln und verlässliche Zeitpläne beschleunigen private Investitionen und Umsetzungsprozesse. Große Infrastrukturvorhaben benötigen lange Vorläufe, was sowohl internationale als auch nationale Beispiele belegen. Beim CCUS-Projekt von Porthos in Rotterdam liegen zwischen Konzept und geplanter Inbetriebnahme rund acht Jahre, weil finale Investitionsentscheidungen erst nach gesicherter Förderung und verlässlichen Rahmenbedingungen getroffen wurden (Porthos 2023). Auch im Wärmesektor sind mehrjährige Projektketten üblich – etwa bei der Geothermie München-Michaelibad vom Spatenstich 2024 bis zur geplanten Fertigstellung 2033 (Stadtwerke München 2024). Auch wenn in den letzten Jahren Fortschritte bei Genehmigungsverfahren für Windenergieanlagen gemacht wurden, lag im ersten Halbjahr 2025 allein die Dauer der Genehmigungsverfahren bei durchschnittlich 18 Monaten (BWE 2025b) – nur ein halbes Jahr weniger, als in 2018-2022 (Quentin 2023). Über alle Phasen der Projektrealisierung beträgt der Bau einer Windenergieanlage rund acht Jahre (Quentin 2023). Diese Beispiele verdeutlichen, dass frühes Handeln unabdingbar für die rechtzeitige Inbetriebnahme von Anlagen ist und helfen kann, Engpässe entlang von Genehmigung, Bau und Netzintegration zu entzerren sowie vorhandene Kapazitäten effizient zu nutzen. Gleichzeitig zeigen sie auch, dass die bürokratischen Prozesse auf allen Ebenen von der Kommune bis zum Bund weiter verschlankt werden müssen, um die notwendige Beschleunigung der Investitionen in die Energiewende überhaupt zu ermöglichen.

Ein früher Hochlauf stärkt zudem die strategische Wettbewerbsposition. So können frühzeitig Importabhängigkeiten reduziert, Marktanteile in wachsenden Cleantech-Märkten (Wind, Photovoltaik, Speicher, Wasserstoff) gesichert und hochqualifizierte Fachkräfte frühestmöglich angezogen werden. Sichtbare Referenzprojekte erzeugen Lernkurveneffekte, verankern Liefer- und Dienstleistungsketten vor Ort und senken Transaktions- wie Stückkosten. Ein frühzeitiger Aufbau der Kompetenzen in Schlüsseltechnologien der Energiewende stärkt außerdem die Spillover-Effekte zwischen den Sektoren und unterstützt die Entstehung eines zukunftsorientierten Innovationsprofils. Erprobte Lösungen lassen

sich anschließend leichter in andere Regionen exportieren und bringen damit einen First-Mover-Vorteil (vgl. Abschnitt 4.2).

Schließlich können durch frühes Handeln auch positive Image- und psychologische Effekte entstehen. Eine Region, die sichtbar vorangeht, sendet ein Signal von Innovationskraft, Zuverlässigkeit und Gestaltungswillen. Gut kommuniziert, können die Erfolge von Klimaschutzmaßnahmen das Vertrauen der Bevölkerung in die Machbarkeit der Energiewende und ihre Motivation zur Beteiligung am Klimaschutz stärken und die Akzeptanz vor Ort erhöhen (Nousiainen, Riekkinen und Meriläinen 2022, Hamann, et al. 2025). Dies kann auch Unternehmen motivieren, sich verstärkt einzubringen und zu investieren. Frühes Handeln wird folglich zum wirtschaftlichen wie gesellschaftlichen Multiplikator und macht eine Region als Standort in vielen Bereichen attraktiver. Wichtig für die Realisierung von Image- und psychologischen Effekten ist, dass die Chancen und Erfolge der Energiewende sichtbar kommuniziert und die noch notwendigen Anstrengungen und entstehenden Herausforderungen nicht verschwiegen werden, sondern in Erwartungsmanagement sowie Lösungsansätze und Strategien einfließen.

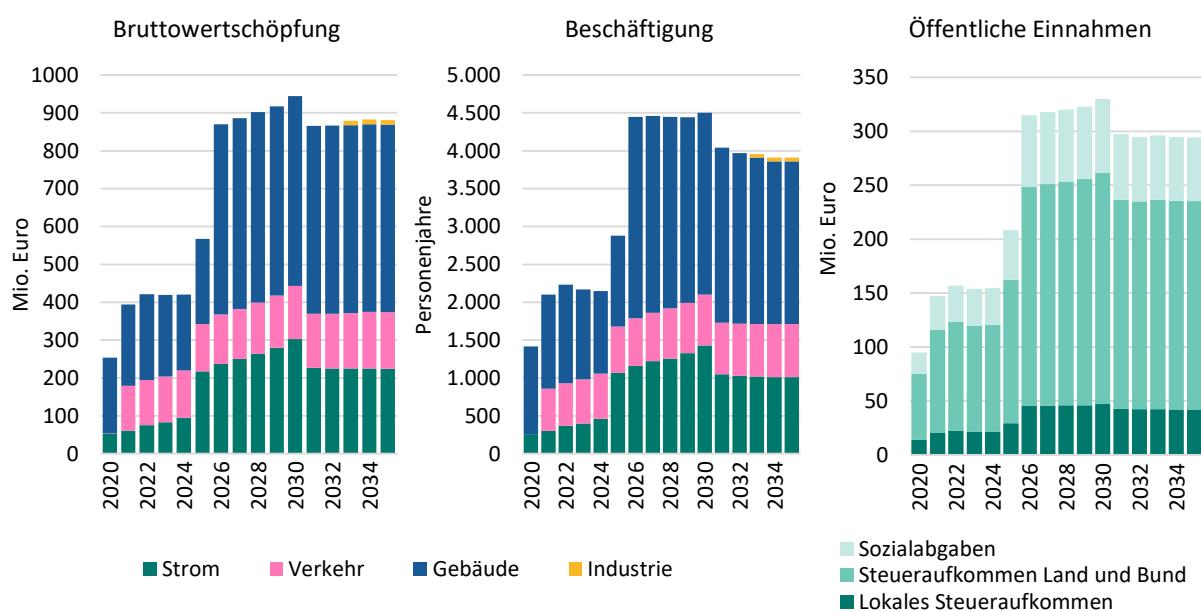
## 5. Fazit

Die Energiewende ist eine der zentralen Zukunftsaufgaben unserer Zeit – global, national und regional. Sie stellt dabei keine rein technische Umstellung der Energieerzeugung und -nutzung dar, sondern erfordert einen tiefgreifenden Strukturwandel mit weitreichenden gesellschaftlichen, ökonomischen und ökologischen Implikationen. Die Region Hannover steht exemplarisch für viele deutsche Metropolregionen, indem sie die Transformation ihres Energie- und Wirtschaftssystems konsequent vorantreibt. Die Energiewende ist jedoch nicht allein eine Notwendigkeit, sondern auch ein Zukunftsprojekt, das vielfältige Chancen und neue Perspektiven für regionale Entwicklung, Innovation und Teilhabe eröffnet.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass Investitionen in den Ausbau erneuerbarer Energien, in Netze, Speicher, Effizienzmaßnahmen und die nachhaltige Mobilität erhebliche regionale Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte auslösen. Diese entstehen durch die Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Insbesondere die dezentrale Erzeugung erneuerbarer Energien führt dazu, dass viele dieser Effekte regional verankert sind und somit direkt zur Stärkung der regionalen Wirtschaft beitragen. Dabei profitieren Kommunen über höhere Steuereinnahmen, lokale Betriebe gewinnen neue Aufträge, und Bürger\*innen profitieren von zusätzlichen zukunftssicheren Arbeitsplätzen und können über Energiegenossenschaften oder Beteiligungsmodelle direkt an den Erträgen der Energiewende teilhaben.

In den Jahren 2020 bis 2024 des Klimaplan-Szenarios wurden schätzungsweise 4,6 Mrd. Euro in die Energiewende in der Region Hannover investiert, wovon rund 2,9 Mrd. Euro (64 Prozent) regional wirksam waren. Dadurch entstanden rund 1,9 Mrd. Euro an zusätzlicher Bruttowertschöpfung, die größtenteils innerhalb der Zuliefererkette ausgelöst wurde. Durch die Investitionen wurden außerdem im Durchschnitt 2.000 Arbeitsplätze gesichert bzw. geschaffen. Die größten Effekte wurden im Handlungsfeld Gebäude erzielt (vgl. Abbildung 5-1).

**Abbildung 5-1: Übersicht der regionalökonomischen Effekte der Investitionen in die Energiewende in der Region Hannover**



Quelle: DIW Econ.

Da die Aktivitäten in den Jahren 2020 bis 2024 jedoch unter dem Ambitionsniveau des Klimaplans lagen, besteht für das nächste Jahrzehnt ein signifikanter Nachholbedarf. Gelingt der erforderlich schnelle Hochlauf von Maßnahmen zur Erreichung des Klimaplan-Szenarios bis 2035, werden in den Jahren 2025 bis 2035 schätzungsweise weitere 24,9 Mrd. Euro investiert müssen, wovon 14,3 Mrd. Euro (58 Prozent) regional wirksam werden. Das würde die Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte im Vergleich zu den Jahren 2020 bis 2024 verdoppeln. Insgesamt könnte die Energiewende von 2025 bis 2035 somit rund 9,5 Mrd. Euro an Bruttowertschöpfung schaffen, was einem Durchschnitt von knapp 0,9 Mrd. Euro pro Jahr entspricht. Dieser Effekt repräsentiert 1,6 Prozent der gesamten Bruttowertschöpfung in der Region Hannover bzw. einem Drittel der Bruttowertschöpfung des gesamten Bausektors. Damit wird die makroökonomische Relevanz der Investitionsoffensive für die regionale Wirtschaftsleistung deutlich. Auch die Arbeitsmarktwirkungen sind mit durchschnittlich rund 4.100 Arbeitsplätzen signifikant. Diese Zahl entspricht ca. 0,6 Prozent der im Jahr 2022 in der Region Hannover erwerbstätigen Personen bzw. der Belegschaft eines Großkonzerns mit Sitz in der Region Hannover,

wie beispielsweise der TUI. Auch zukünftig entstehen die größten Effekte im Handlungsfeld Gebäude, gefolgt vom Handlungsfeld Strom.

Vom zusätzlichen Steueraufkommen profitieren zudem der Bund, das Land Niedersachsen sowie die Städte und Gemeinden der Region Hannover. In den Jahren 2020 bis 2024 brachten Investitionen in die Energiewende den Gemeinden jährlich bis zu 22 Mio. Euro an zusätzlichen Steuereinnahmen. In den Jahren 2025 bis 2035 könnten es jährlich 42 bis 47 Mio. Euro werden. Das entspricht ca. 2 Prozent der Steuereinnahmen der Gemeinden in der Region Hannover im Jahr 2024 (LSN 2025c).

Über die Wertschöpfungseffekte hinaus führt die Energiewende zu strukturellen Veränderungen, die langfristig Effizienzsteigerungen und Kostensenkungen ermöglichen. Neben den quantifizierbaren ökonomischen Wirkungen zeigen sich daher eine Vielzahl nicht monetärer, sogenannter „intangibler“ Effekte. Dazu gehören etwa die Stärkung regionaler Innovationssysteme, die Verbesserung der Standortattraktivität, die Schaffung neuer Märkte und Wertschöpfungsketten, die Steigerung der Lebensqualität sowie die Verbesserung wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Resilienz.

Insbesondere die erneuerbare Strom- und Wärmeerzeugung trägt maßgeblich zur Versorgungssicherheit und zur Resilienz der lokalen Energiesysteme bei. Dezentralisierte Strukturen, digitale Steuerungssysteme und die zunehmende Sektorkopplung erhöhen die Flexibilität und Systemeffizienz. In der Folge sinkt die Abhängigkeit von zentralen Großanlagen und Importen von fossilen Energieträgern, wodurch die Region Hannover resilenter gegenüber geopolitischen Risiken und Preisschocks auf den Weltenergiemärkten wird. Vor dem Hintergrund aktueller geopolitischer Spannungen, volatiler Energiepreise und zunehmend spürbarer Klimarisiken gewinnen diese Aspekte zunehmend an Bedeutung. Eine frühzeitige, ambitionierte Umsetzung der Energiewende ist somit nicht nur ökologisch geboten, sondern auch ein strategischer Beitrag zur regionalen Sicherheit, wirtschaftlichen Stabilität und Krisenfestigkeit, der außerdem First-Mover-Vorteile sichern kann.

Gleichzeitig bleibt der Weg zur den gesetzten Klimazielen anspruchsvoll. Die Ergebnisse machen deutlich, dass zusätzliche Anstrengungen notwendig sind, um das erforderliche Investitionstempo für die Zielsetzung 2035 zu erreichen. Politische Klarheit, verlässliche Rahmenbedingungen und beschleunigte Genehmigungsprozesse sind entscheidende Voraussetzungen, um Planungssicherheit zu schaffen und privates Kapital zu mobilisieren. Eine aktive regionale Energie- und Innovationspolitik kann dabei helfen, vorhandene Potenziale zu heben und die Energiewende als Standortvorteil zu nutzen.

Vor diesem Hintergrund ergeben sich folgende **Handlungsempfehlungen** für die Region Hannover:

1. **Fachkräftesicherung und Qualifizierung.** Der Umbau des Energiesystems erfordert erhebliche personelle Kapazitäten in Handwerk, Bau, Planung, Elektrotechnik, IT und weiteren Berufsfeldern.

Eine gezielte Fachkräftestrategie sollte daher auf drei Säulen beruhen: erstens auf der Stärkung der Aus- und Weiterbildungskapazitäten in den relevanten Berufsfeldern; zweitens auf der Aktivierung bislang ungenutzter Arbeitskräftepotenziale, etwa durch bessere Vereinbarkeit von Familie und Beruf; und drittens auf der gezielten Gewinnung von Fachkräften aus anderen Regionen und dem Ausland.

2. **Aufbau und Vernetzung regionaler Cluster.** Die Förderung sektoraler Cluster, beispielsweise im Handwerk, in der Bauwirtschaft oder im Bereich Energietechnik, verbessert den Zugang zu notwendigen Leistungen, stärkt regionale Innovationsökosysteme und verkürzt Lern- und Anpassungsprozesse. Kooperationen zwischen Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen sollten systematisch ausgebaut werden, um Wissens- und Technologietransfer zu beschleunigen. Regionale Plattformen können die Vernetzung in relevanten Sektoren stärken und dabei helfen, Kompetenzen zu bündeln und Synergien zu nutzen.
3. **Förderung lokaler Innovationsprojekte.** Das Thema Innovation ist bereits einer der Fokusbereiche auf europäischer und Bundesebene. Gezielte regionale Innovationsförderung kann darauf aufbauend die Entwicklung von praxisnahen Lösungen zur Dekarbonisierung, Effizienzsteigerung und Digitalisierung direkt in der Region Hannover unterstützen. Zu bereits existierenden Beispielen der Innovationsförderung in der Region Hannover gehören die Förderrichtlinien "Hannover Region Green Economy" und "Hannover Region Innovativ" (Region Hannover 2025c, Region Hannover 2024). Darüber hinaus bieten Kooperationen zwischen Start-ups, etablierten Unternehmen und Forschungseinrichtungen die Möglichkeit, neue Geschäftsmodelle zu erproben und eine Technologieführerschaft in Zukunftsfeldern aufzubauen. Die geplante Techfactory als Teil des Technologiepark ONE TechCampus in Garbsen ist beispielsweise ein wichtiger Schritt zur Förderung solcher Kooperationen (Region Hannover 2025f).
4. **Steigerung der regionalen Wertschöpfung bei kommunalen Projekten.** Kommunen können durch geeignete Vergabe- und Beteiligungskriterien sicherstellen, dass lokale Unternehmen und Dienstleister stärker an Projekten der Energiewende partizipieren. Dies könnte außerdem dazu beitragen, dass lokale Unternehmen auch bei privaten Investitionen in die Energiewende sichtbarer werden und somit öfter berücksichtigt werden. So bleibt ein größerer Anteil der Wertschöpfung in der Region Hannover und stärkt die lokale Wirtschaftsstruktur.
5. **Förderung kommunaler Energiegesellschaften.** Kommunale Energiegesellschaften ermöglichen es Kommunen, eine aktive Rolle in der eigenen Energieversorgung einzunehmen. Neben der Stärkung der Eigenversorgung können sie so auch einen Energievertrieb aufbauen. Das kann langfristig sowohl die Energiekosten reduzieren als auch weitere Einnahmequellen sichern.

6. **Förderung der Bürgerbeteiligung.** Bürgerbeteiligungsmodelle wie Energiegenossenschaften erhöhen nicht nur die Akzeptanz der Energiewende, sondern ermöglichen auch eine gerechte Teilhabe an deren wirtschaftlichen Erträgen und bieten oft zusätzliche Vorteile wie günstigere Stromtarife an.
7. **Förderung der Information und Beratung der Bürger\*innen.** Insbesondere im Gebäudesektor bestehen oft Unsicherheiten oder Vorurteile gegenüber klimafreundlichen Technologien wie Wärmepumpen, die auf fehlendem Wissen über den aktuellen Technologiestand basieren (SWM 2025). Wichtig ist in diesem Zusammenhang eine fokussierte Informations- und Beratungsarbeit über individuelle Sanierungsfahrpläne, in denen energetische Sanierungsmaßnahmen und der Heizungstausch zusammengedacht werden. Um privates Engagement für und Investitionen in die Energiewende zu steigern, müssen lokale Multiplikatoren – beispielsweise Energieberater\*innen und Schornsteinfeger\*innen – dabei unterstützt werden, die Bürger\*innen über Vor- und Nachteile klimafreundlicher Technologien sowie einen optimalen Mix aus Modernisierungsmaßnahmen und Auswahl der Heizungstechnologie aufzuklären.
8. **Aktives Standortmarketing: Erzeugung erneuerbarer Energie als Standortvorteil.** Günstiger, regional erzeugter Grünstrom kann für energieintensive, aber klimabewusste Unternehmen ein wichtiger Standortfaktor sein. Je schneller eine Region ein umweltfreundliches und resilientes Energiesystem aufbaut, desto attraktiver kann sie sich als Standort positionieren. Um Unternehmen und Fachkräfte zu gewinnen, ist eine aktive Kommunikation der Standortvorteile essentiell. Eine Region kann beispielsweise ihre Vorteile durch erneuerbare Stromerzeugung aktiv kommunizieren und gezielt Unternehmen ansprechen, die Wert auf nachhaltige und unabhängige Energieversorgung legen. Insgesamt kann gute Kommunikation der Erfolge in der Energiewende und deren sozioökonomischen Wirkungen das Image der Region Hannover als innovativen, zukunftsorientierten, wirtschaftsstarken und lebenswerten Standort stärken.
9. **Einbindung weiterer Branchen und Nutzung sektoraler Synergien.** Um das volle Potenzial der Energiewende auszuschöpfen, sollten auch Branchen einbezogen werden, die auf den ersten Blick nicht unmittelbar mit dieser verknüpft sind. Die Landwirtschaft bietet hier beispielhaft große Synergiepotenziale durch gemeinsame Flächennutzung oder die Nutzung von Reststoffen in der Biomasseverstromung.
10. **Nutzung technologischer Synergien.** Während der Fokus beim Ausbau der erneuerbaren Energien oft auf Stromerzeugung in PV- und Windkraftanlagen liegt, ist es ebenso wichtig, weitere erneuerbare Energiequellen wie Biomasse und Geothermie sowie langfristige Speichertechnolo-

gien systemdienlich einzubinden. Diese Diversifizierung und das Umdenken bei flexibilitätsfähigen Technologien, die wie Biomasseverstromung bisher auf Grundlastbereitstellung fokussiert waren, kann die Anpassungsfähigkeit des Energiesystems stärken und die wirtschaftliche Basis der Region Hannover erweitern.

Insgesamt zeigt die vorliegende Studie, dass die Energiewende nicht nur als ein Kostenfaktor wahrgenommen werden sollte, sondern als eine Investition in die Zukunftsfähigkeit, regionale Stabilität und Lebensqualität. Sie bietet die Chance, ökologische Verantwortung mit wirtschaftlichen Impulsen zu verbinden und die Region Hannover als Vorreiterin einer klimaneutralen, innovationsorientierten und resilienten Regionalentwicklung zu positionieren. Entscheidend ist dabei eine konsequente und beherzt umgesetzte Strategie, die auf lokale Stärken aufbaut, regionale Akteur\*innen einbindet und Innovationen gezielt fördert.

## 6. Literaturverzeichnis

ACEA. 2022. *European EV Charging Infrastructure Masterplan*. European Automobile Manufacturers' Association. <https://www.acea.auto/files/Research-Whitepaper-A-European-EV-Charging-Infrastructure-Masterplan.pdf>.

Agemar, T. 2022. „Untergrundtemperaturkarten.“ *Geothermisches Informationssystem. Übersichtskarten*. LIAG-Institut für Angewandte Geophysik. <https://www.geotis.de/homepage/maps>.

Agora Think Tanks. 2024. „Klimaneutrales Deutschland. Von der Zielsetzung zur Umsetzung.“ 15. Oktober. [https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-30\\_DE\\_KNDE\\_Update/A-EW\\_344\\_Klimaneutrales\\_Deutschland\\_WEB.pdf](https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-30_DE_KNDE_Update/A-EW_344_Klimaneutrales_Deutschland_WEB.pdf).

Alkasabreh, M., K. Kubin, F. Seefeldt, K. Weinert, P. Engelmann, R. Meyer, und B. Nienborg. 2024. *Fit für 2045 (Teil 2): Investitionsbedarf für die Transformation öffentlicher Nichtwohngebäude*. Berlin: Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena).

American Clean Power Association. 2021. *Clean Energy Labour Supply*. <https://cleanpower.org/resources/cleanenergylaborsupply/>.

Avacon. 2024. *Avacon digitalisiert das Hochspannungsnetz –Hubschrauberbefliegungen in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt*. Oktober. <https://www.mynewsdesk.com/de/avacon/pressreleases/avacon-digitalisiert-das->

hochspannungsnetz-hubschrauberbefliegungen-in-niedersachsen-und-sachsen-anhalt-  
3346459.

Avacon. 2025a. *Dezentrale Datenverarbeitung neu interpretiert.* <https://www.avacon-connect.de/data-center>.

Avacon. 2025b. *Wie Abwasser künftig Häuser wärmt – Gundlach und Avacon Natur stellen Piloten in Hannover vor.* 1. April. <https://www.avacon.de/de/ueber-uns/newsroom/aktuelle-meldungen.html#/pressreleases/wie-abwasser-kuenftig-haeuser-waermt-gundlach-und-avacon-natur-stellen-piloten-in-hannover-vor-3378786>.

b2earth. 2025. *Klimatransformation.* <https://b2earth.de/glossar/klimatransformation/>.

BBSR. 2025a. *Kommunale Wärmeplanung kommt voran.* Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 29. August. <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/startseite/topmeldungen/kommunale-waermeplanung.html>.

BBSR. 2025b. *Raumordnungsregionen.* Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/raumbeobachtung/Raumabgrenzungen/deutschland/regionen/Raumordnungsregionen/raumordnungsregionen.html>.

bdew. 2020. „Positionspapier: Power-to-Heat – Ein Baustein der Sektorkopplung.“ 27. April. [https://www.bdew.de/media/documents/Stn\\_20200427\\_Power-to-Heat.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/Stn_20200427_Power-to-Heat.pdf).

Benz, S.L., J. Kuhlmann, J. Bilik, M. Liepert, und D. Schreckenberg. 2025. „Noise Annoyance and Sleep Disturbance Due to Road Traffic and Railway Noise in Germany.“ *International Journal of Environmental Research and Public Health* 22 (9): 1366.

BIBB, IAB und GWS. 2025. *Langfristige Folgen von Demografie und Strukturwandel für die Arbeitsmarktregion: Hannover.* Bundesinstitut für Berufsbildung, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung. <https://www.bibb.de/de/203695.php>.

Bischof, J., M. Hörner, und M. Rodenfels. 2024. *Gesamtstruktur des deutschen Nichtwohngebäudebestands. GEG-relevante Nichtwohngebäude, differenziert nach Unterkategorien, gering bzw. nicht konditionierten Gebäuden.* Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt GmbH.

BMF. 2025. *Datensammlung zur Steuerpolitik. Ausgabe 2025.* Bundesministerium der Finanzen, 30. April.

[https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Downloads/Broschueren\\_Bestellservice/datensammlung-zur-steuerpolitik-2025.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=10](https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Downloads/Broschueren_Bestellservice/datensammlung-zur-steuerpolitik-2025.pdf?__blob=publicationFile&v=10).

BNetzA. 2025. *Ladesäulenregister Bundesnetzagentur*. 24. Februar.

BNetzA. 2024. Wasserstoff-Kernnetz. Bundesnetzagentur, 22. Oktober.

<https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/Kernnetz/start.html>.

Borén, S. 2020. „Electric buses’ sustainability effects, noise, energy use, and costs.“ *International Journal of Sustainable Transportation*, 956–971.

Breitschopf, B., M. Klobasa, L. Sievers, J. Steinbach, F. Sensfuß, J. Diekmann, U. Lehr, und J. Horst. 2014. *Monitoring der Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien im Jahr 2013*. Karlsruhe, Berlin, Osnabrück, Saarbrücken: Fraunhofer ISI, DIW Berlin, GWS und IZES.

Breschi, S., und F. Lissoni. 2001. „Knowledge Spillovers and Local Innovation Systems: A Critical Survey.“ *Industrial and Corporate Change*, 975-1005.

Brinkmann, H., F. Heinemann, C. Harendt, und J. Nover. 2017. „Ökonomische Resilienz – Schlüsselbegriff für ein neues wirtschaftspolitisches Leitbild?“ *Wirtschaftsdienst*, 644-650.

BUND Region Hannover. 2021. *BUND begrüßt Abschaltung des Kohlekraftwerks Stöcken bis 2026*. 31. Mai. <https://bund-region-hannover.de/service/meldungen/detail/news/bund-begruesst-abschaltung-des-kohlekraftwerks-stoecken-bis-2026/>.

Bundesregierung. 2022. „Fachkräftestrategie der Bundesregierung.“

BWE. 2025a. *Die deutschen Bundesländer im Vergleich*. Bundesverband WindEnergie, 15. Januar. <https://www.wind-energie.de/themen/zahlen-und-fakten/bundeslaender/>.

BWE. 2025b. *Starkes Volumen bei Genehmigungen und Zubau – Ausbauambitionen wahren*. Bundesverband WindEnergie, 15. Juli. <https://www.wind-energie.de/presse/pressemitteilungen/detail/starkes-volumen-bei-genehmigungen-und-zubau-ausbauambitionen-wahren/>.

Camilleri, R., Y. Hua, T.V. Dyck, J. Sunyer, O. Hertel, G. Ruggeri, X. Querol, et al. 2023. „Health benefits from the electrification of heavy-duty vehicles in Europe.“ *Nature Sustainability*, 1642–1650.

Cembureau. kein Datum. *Clinker Substitution*. <https://lowcarboneconomy.cembureau.eu/5-parallel-routes/resource-efficiency/clinker-substitution/>.

- Cevik, D., und K. Ninomiya. 2022. *Chasing the Sun and Catching the Wind: Energy Transition and Electricity Prices in Europe*. IMF Working Papers.
- City of Copenhagen. 2017. *Copenhagen City of Cyclists – The Bicycle Account 2016*. Copenhagen: City of Copenhagen, Technical and Environmental Administration.
- Cowell, S. 2016. *Occupant Health Benefits of Residential Energy Efficiency*. Framingham, MA: E4TheFuture,.
- dena. 2023. *DENA-GEBÄUDEREPOR 2024. Zahlen, Daten, Fakten zum Klimaschutz im Gebäudebestand*. Deutsche Energie-Agentur.
- Deutsche WindGuard. 2024. *Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichtes gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2017) zum spartenspezifischen Vorhaben Windenergie an Land. Kostensituation der Windenergie an Land. Stand 2024*. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. [https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/eeg-eb-wal-kostensituation-2024.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/eeg-eb-wal-kostensituation-2024.pdf?__blob=publicationFile&v=8).
- Deutscher Bundestag. 2024. *Spillover-Effekte im Kontext internationaler nachhaltiger Entwicklung*. 10. Oktober. <https://www.bundestag.de/resource/blob/1030344/WD-5-107-24-pdf.pdf>.
- Di Bella, A., und F.P. Colelli. 2025. „Mitigation strategies can alleviate power system vulnerability to climate change and extreme weather: a case study on the Italian grid.“ *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*.
- DIW Econ. 2024a. „Beschäftigungseffekte der Wasserstoffwirtschaft. Nettobeschäftigungseffekte in der Stahlindustrie und im Schwerlastverkehr - Ein Arbeitspapier im Rahmen des Wasserstoffatlas Deutschland.“ [https://diw-econ.de/wp-content/uploads/DIW-Econ\\_AP3\\_WasserstoffAtlas\\_StahlLKW.pdf](https://diw-econ.de/wp-content/uploads/DIW-Econ_AP3_WasserstoffAtlas_StahlLKW.pdf).
- DIW Econ. 2024b. *Power to Skills - Mapping Regional Skill Gaps*. 26. June. [https://diw-econ.de/wp-content/uploads/DIW-Econ\\_AP4\\_WasserstoffAtlas\\_RegionalSkillGaps.pdf](https://diw-econ.de/wp-content/uploads/DIW-Econ_AP4_WasserstoffAtlas_RegionalSkillGaps.pdf).
- DIW Econ. 2024c. „Regionale Wasserstoffrelevanz in Deutschland. Angebots- und nachfrageseitige Analyse der Wasserstoffwirtschaft für die Landkreisebene - Ein Arbeitspapier im Rahmen des Wasserstoffatlas Deutschland.“ [https://diw-econ.de/wp-content/uploads/DIW-Econ\\_AP2\\_WasserstoffAtlas\\_regionale\\_Wasserstoffrelevanz.pdf](https://diw-econ.de/wp-content/uploads/DIW-Econ_AP2_WasserstoffAtlas_regionale_Wasserstoffrelevanz.pdf).
- DIW Econ. 2025d. *Renewable Energies in Ukraine: Green Re-employment Pathways. GIZ-Project: Supporting Structural Change in Ukrainian Coal Regions*. February.

enercity. 2025a. *Eavor und energcity machen Hannover zum Wärmepionier.* 3. September.  
<https://www.enercity.de/magazin/deine-stadt/tiefengeothermie-in-hannover>.

enercity. 2025b. *enercity steigt aus der Kohle aus: Welches Kohlekraftwerk ist noch in Betrieb?*  
<https://www.enercity.de/faq/kohleausstieg#kraftwerk-betrieb>.

enercity. 2025c. *Nächster Baustein für grüne Fernwärme: energcity startet Bau einer Großwärmepumpe am Klärwerk Hannover.* 25. Februar.  
<https://www.enercity.de/presse/pressemitteilungen/2025/grosswaermepumpe-herrenhausen>.

enercity. 2025d. *Power-2-Heat. Anlage im Bau.* <https://www.enercity.de/waermewende/power-2-heat>.

enercity. 2025e. *Unsere Historie.* <https://www.enercity.com/historie>.

Engelmann, P., B. Köhler, R. Meyer, J. Dengler, S. Herkel, L. Kießling, A. Quast, et al. 2021. *Systemische Herausforderung der Wärmewende: Abschlussbericht.* Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-04-26\\_cc\\_18-2021\\_waermewende.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-04-26_cc_18-2021_waermewende.pdf).

envia TEL. 2025. *Datacenter Hannover.*  
<https://www.enviatel.de/geschaeftkunden/datacenter/standorte/datacenter-hannover>.

Eurostat. 2024. *NUTS - Systematik der Gebietseinheiten für die Statistik: Übersicht.*  
<https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/nuts>.

EVBox. 2023. *Wie man durch Ladestationen den Umsatz an Tankstellen steigert.* 25. April.  
<https://blog.evbox.com/de-de/tankstellen-umsatz-steigern>.

EWE. 2020. *Energiewende.* <https://www.ewe.com/de/media-center/klimapedia/e/energiewende>.

Farrell, R., und W. Lawhorn. 2022. *Fast-growing occupations that pay well and don't require a college degree (Career Outlook).* U.S. BLS.  
<https://www.bls.gov/careeroutlook/2022/article/occupations-that-dont-require-a-degree.htm>.

Fischer, A., D. Bakalis, T. Schaefer, und E. Schmitz. 2023. *Die Bedeutung der Verfügbarkeit von Erneuerbaren Energien als Standortfaktor in Deutschland, Gutachten in Zusammenarbeit mit EPICO KlimaInnovation.* Köln: Institut der deutschen Wirtschaft und Stiftung KlimaWirtschaft.  
<https://www.iwkoeln.de/studien/andreas-fischer-dennis-bakalis-thilo-schaefer-edgar->

[schmitz-die-bedeutung-der-verfuegbarkeit-von-erneuerbaren-energien-als-standortfaktor-in-deutschland.html](https://www.reichsbank.de/schmitz-die-bedeutung-der-verfuegbarkeit-von-erneuerbaren-energien-als-standortfaktor-in-deutschland.html).

Flegg, A. T., und T. Tohmo. 2013. „Regional input-output tables and the FLQ-Formula: A case study of Finland.“ *Regional Studies*, 703-721.

GEM. 2025a. *Global Bioenergy Power Tracker*. Global Energy Monitor, September. <https://globalenergymonitor.org/projects/global-bioenergy-power-tracker/>.

GEM. 2025b. *Global Coal Plant Tracker*. Global Energy Monitor. <https://globalenergymonitor.org/projects/global-coal-plant-tracker/tracker/>.

GEM. 2025c. *Global Oil and Gas Plant Tracker*. Global Energy Monitor. <https://globalenergymonitor.org/projects/global-oil-gas-plant-tracker/tracker-map/>.

GEM. 2025d. *Global Solar Power Tracker*. Global Energy Monitor. <https://globalenergymonitor.org/projects/global-solar-power-tracker/>.

GEM. 2025e. *Global Wind Power Tracker*. Global Energy Monitor. <https://globalenergymonitor.org/projects/global-wind-power-tracker/>.

Hamann, K., E. Junge, P. Blumenschein, S. Dasch, A. Wernke, und J. Bleh. 2025. „Psychological effects of collective climate action.“ In *The Psychology of Collective Climate Action*, von K. Hamann, E. Junge, P. Blumenschein, S. Dasch, A. Wernke und J. Bleh, 136-143. London: Routledge.

Höfler, F., und M. Neumann. 2016. *Nutzung der mittelständischen Tankstelleninfrastruktur. Studie zur Elektromobilität*. Berlin/Cottbus/Magdeburg: MEW Mittelständische Energiewirtschaft Deutschland e.V. [https://www.bft.de/application/files/2915/5118/9043/MEW\\_Studie\\_Nutzung\\_der\\_mittelstaendischen\\_Tankstelleninfrastruktur\\_fuer\\_die\\_Elektromobilitaet.pdf1.pdf](https://www.bft.de/application/files/2915/5118/9043/MEW_Studie_Nutzung_der_mittelstaendischen_Tankstelleninfrastruktur_fuer_die_Elektromobilitaet.pdf1.pdf).

Holcim Deutschland Gruppe. 2024. *Umweltbericht Zement*. Holcim Deutschland Gruppe. Werk Höver. <https://www.holcim.de/sites/germany/files/docs/holcim-umweltbericht-2024-hoever.pdf>.

Holm, A., P. Mellwig, und M. Pehnt. 2023. *Wärmeschutz und Wärmepumpe –warum beides zusammengehört. Studie im Auftrag des Verbandes für Dämmssysteme, Putz und Mörtel e.V.* München, Berlin, Heidelberg: Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München, ifeu gGmbH: Institut für Energie- und Umweltforschung. [https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/pdf/2023\\_FIW\\_ifeu\\_W%C3%A4rmeschutz\\_und\\_W%C3%A4rmepumpe.pdf](https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/pdf/2023_FIW_ifeu_W%C3%A4rmeschutz_und_W%C3%A4rmepumpe.pdf).

IEA. 2024. *World Energy Outlook 2024*. Paris: IEA Publications. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>.

IHK Hannover. 2023. *Die größten Unternehmen im Bereich der IHK Hannover 2022/2023*.

Interconnector. 2022. *Was ist Versorgungssicherheit?* Interconnector GmbH. Eine Innovation der EnBW, 30. Juni. <https://www.interconnector.de/wissen/versorgungssicherheit/>.

Kapfer, J., J. Börms, M. Greenberg, T. Hoelzmann, und J. Bollow. 2024. „Szenarien Klimaplan 2035. Region Hannover. Endbericht.“ Hamburg.

Klimaschutzagentur Region Hannover. 2025. *Kommunale Wärmeplanung in der Region Hannover*. 29. Oktober. <https://klimaschutz-hannover.de/wissen/kommunale-waermeplanung-in-der-region-hannover/>.

Kost, C., P. Müller, J.S. Schweiger, V. Fluri, und J. Thomsen. 2024. *Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien*. Fraunhofer ISE.

Kost, C., S. Shammugam, V. Fluri, D. Peper, A.D. Memar, und T. Schlegl. 2021. *Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien*. Fraunhofer ISE.

Kronenberg, T., und J. Többen. 2013. „Über die Erstellung regionaler Input-Output-Tabellen und die Verbuchung von Importen. In: Neuere Anwendungsfelder der Input-Output-Analyse. Tagungsband. Beiträge zum Halleschen Input-Output-Workshop 2012.“ *IWK-Sonderheft*, 1.

Landesverwaltung Baden-Württemberg 2022. *Modal Split*.  
<https://www.nachhaltigkeitsstrategie.de/indikatorenbericht-detail/modal-split>.

LSN. 2025a. *Bevölkerung nach Geschlecht; Fläche, Bevölkerungsdichte (Gemeinde)*. Landesamt für Statistik Niedersachsen.

LSN. 2025b. *Industrie in Niedersachsen - Statistische Berichte*. Landesamt für Statistik Niedersachsen.  
<https://www.statistik.niedersachsen.de/themen/industrie-niedersachsen/industrie-in-niedersachsen-statistische-berichte-167115.html>.

LSN. 2025c. *Steuereinnahmen nach Gemeindeanteil an der Einkommensteuer (ist)/Umsatzsteuer, Gewerbest. (netto), Grundst. A und B (Gemeinde)*. Landesamt für Statistik Niedersachsen.

Maier, T., M. Kalinowski, A. Schur, G. Zika, C. Schneemann, A. Mönnig, und M.I. Wolter. 2024. *Weniger Arbeitskraft, weniger Wachstum. Ergebnisse der achten Welle der BIBB-IAB-Qualifikations- und*

*Berufsprojektionen bis zum Jahr 2040.* Bundesinstitut für Berufsbildung.  
<https://www.bibb.de/de/201120.php>.

Mankiw, N.G. 2012. „Chapter 11. Aggregate Demand I: Building the IS–LM Model.“ In *Macroeconomics*, 303-326. New York: Worth Publishers.

Markewitz, P., L. Zhao, M. Ryssel, G. Moumin, Y. Wang, C. Sattler, M. Robinius, und D. Stolten. 2019. „Carbon Capture for CO<sub>2</sub> Emission Reduction in the Cement Industry in Germany.“ *Energies* 12: 2432.

McKinsey & Company. 2023. *Cementing your lead: The cement industry in the net-zero transition*. 6. October. <https://www.mckinsey.com/industries/engineering-construction-and-building-materials/our-insights/cementing-your-lead-the-cement-industry-in-the-net-zero-transition>.

Nousiainen, N., V. Riekkinen, und T. Meriläinen. 2022. „Municipal climate communication as a tool in amplifying local climate action and developing a place brand.“ *Environmental Research Communications* 4 (12): 125003.

OECD. 2025. *OECD global long-run economic scenarios: 2025 update*. <https://www.oecd.org/en/topics/sub-issues/economic-outlook/long-run-economic-scenarios-2025-update.html>.

OECD. 2023. *Regional Industrial Transitions to Climate Neutrality*. OECD Regional Development Studies, Paris: OECD Publishing . doi:10.1787/35247cc7-en.

Öko-Institut e.V. 2025. *Energiewende in Deutschland: Definition, Geschichte und Ziele*. Institut für angewandte Ökologie. <https://www.energiewende.de/start>.

Porthos. 2023. *Final investment decision for Porthos project*. <https://www.porthosco2.nl/en/project>.

Prognos. 2024. *Fachkräfte für die Energiewende*. Basel: Prognos AG.

Quentin, J. 2023. *Typische Verfahrenslaufzeiten von Windenergieprojekten. Empirische Datenanalyse für den Zeitraum 2011 bis 2022*. Fachagentur Windenergie an Land e.V. [https://www.fachagentur-wind-solar.de/fileadmin/Veroeffentlichungen/Wind/Analysen/FA\\_Wind\\_Analyse\\_typischer\\_Verfahrenslaufzeiten\\_06-2023.pdf](https://www.fachagentur-wind-solar.de/fileadmin/Veroeffentlichungen/Wind/Analysen/FA_Wind_Analyse_typischer_Verfahrenslaufzeiten_06-2023.pdf).

Region Hannover. 2025a. *Ankommen - Grafik Lage*. <https://www.hannover.de/Media/01-DATA-Neu/Bilder/Bilder-Region-Hannover/Titelbilder-pdf-Dateien,-Videos-und-Links/Ankommen-Grafik-Lage>.

- Region Hannover. 2025b. *Fachkräfteallianz Hannover.* 22. August.  
[https://www.wirtschaftsfoerderung-hannover.de/de/Fachkraefte/Fachkraefteallianz/Fachkraefteallianz.php.](https://www.wirtschaftsfoerderung-hannover.de/de/Fachkraefte/Fachkraefteallianz/Fachkraefteallianz.php)
- Region Hannover. 2025c. *HRGE - Hannover Region Green Economy.* 27. Oktober.  
[https://www.wirtschaftsfoerderung-hannover.de/de/Beratung\\_von\\_Unternehmen/Finanzierung/HRGE.php.](https://www.wirtschaftsfoerderung-hannover.de/de/Beratung_von_Unternehmen/Finanzierung/HRGE.php)
- Region Hannover. 2024. *HRI - Hannover Region Innovativ.* [https://www.wirtschaftsfoerderung-hannover.de/de/Beratung\\_von\\_Unternehmen/Finanzierung/HRI\\_HANNOVER\\_REGION\\_INNOVATIV.php.](https://www.wirtschaftsfoerderung-hannover.de/de/Beratung_von_Unternehmen/Finanzierung/HRI_HANNOVER_REGION_INNOVATIV.php)
- Region Hannover. 2025d. *Leitbranchen.* [https://www.wirtschaftsfoerderung-hannover.de/de/Microsites/Trends\\_und\\_Fakten/leitbranchen/index.php.](https://www.wirtschaftsfoerderung-hannover.de/de/Microsites/Trends_und_Fakten/leitbranchen/index.php)
- Region Hannover. 2021. *Nahverkehrsplan 2021.* [https://www.hannover.de/Leben-in-der-Region-Hannover/Mobilit%C3%A4t/Verkehrsplanung-entwicklung/Der-Nahverkehrsplan.](https://www.hannover.de/Leben-in-der-Region-Hannover/Mobilit%C3%A4t/Verkehrsplanung-entwicklung/Der-Nahverkehrsplan)
- Region Hannover. 2025e. „Sachstandsbericht: Solaroffensive 2.0.“ *Informationsdrucksache 3821 (V) IDs.* 30. April.
- Region Hannover. 2025f. *Techfactory.* [https://www.wirtschaftsfoerderung-hannover.de/de/Standort\\_und\\_Anсiedlung/techfactory.php.](https://www.wirtschaftsfoerderung-hannover.de/de/Standort_und_Anсiedlung/techfactory.php)
- Region Hannover. 2023. *Verkehrsentwicklungsplan „Aktionsprogramm Verkehrswende“.* *VEP 2035+ der Region Hannover.* Oktober.
- Region Hannover. 2025g. *Windenergie-Neuplanung abgeschlossen.* 4. April.  
[https://www.hannover.de/Leben-in-der-Region-Hannover/Planen,-Bauen,-Wohnen/Raumordnung-Regionalentwicklung/Regionalplanung/Sachliches-Teilprogramm-Windenergie-2025/Windenergie-Neuplanung-abgeschlossen.](https://www.hannover.de/Leben-in-der-Region-Hannover/Planen,-Bauen,-Wohnen/Raumordnung-Regionalentwicklung/Regionalplanung/Sachliches-Teilprogramm-Windenergie-2025/Windenergie-Neuplanung-abgeschlossen)
- Region Hannover. 2025h. *Wirtschaftsstandort Region Hannover – Hervorragend aufgestellt für die Zukunft.* [https://www.wirtschaftsfoerderung-hannover.de/de/Microsites/Trends\\_und\\_Fakten/.](https://www.wirtschaftsfoerderung-hannover.de/de/Microsites/Trends_und_Fakten/)
- Romero Starke, K., M. Schubert, P. Kaboth, J. Gerlach, J. Hegewald, M. Reusche, D. Friedemann, et al. 2023. „Traffic noise annoyance in the LIFE-adult study in Germany: Exposure-response relationships and a comparison to the WHO curves.“ *Environmental Research* 228: 115815.
- Sauthoff, M., und D. Löber. 2025. *Die Rolle der Dezentralen Lösungen im gesamtkosteneffizienten Energiesystem.* Berlin: Roland Berger GmbH.

- Schmöl, R. 2025. *TUI Deutschland GmbH: IT-Fakten und IT-Strategie*. CIO, 2. Januar.  
<https://www.cio.de/article/3701049/tui-deutschland-gmbh-it-fakten-und-it-strategie.html>.
- Simon, D.N., und L. Diaz Anadon. 2025. „Power price stability and the insurance value of renewable technologies.“ *Nature Energy* 10: 329–341.
- Solar Promotion GmbH. 2025. *Netzbetreiber tasten sich an die KI heran. Komplexität der Lastflüsse im Verteilnetz braucht selbstlernende Algorithmen*. 5. Februar. <https://www.pv-magazine.de/unternehmensmeldungen/netzbetreiber-tasten-sich-an-die-ki-heran/>.
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder. 2023. *Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung (Kreise)*. <https://www.statistikportal.de/de/vgrdl/ergebnisse-kreisebene/bruttoinlandsprodukt-bruttowertschoepfung-kreise>.
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder. 2024. *Ergebnisse des Zensus 2022 - Gebäude- und Wohnungszählung*.
- Statistisches Bundesamt. 2025a. *Regionalstatistik: Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder. Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftsbereichen - Jahressumme - regionale Tiefe: Kreise und kreisfreie Städte*. Zugriff am 06. Oktober 2025. <https://www.regionalstatistik.de/genesis/online?operation=ergebnistabelleDownload&levelIndex=3&levelid=1759758795561&option=xlsx>.
- Statistisches Bundesamt. 2025b. *Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen*.
- Statistisches Bundesamt. 2025c. *Was ist der Unterschied zwischen Wirtschafts- und Produktionsbereich?* <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/ueberblick/Glossar/wirtschafts-produktionsbereich.html>.
- SWM. 2025. *Die Wahrheit über Wärmepumpen: Faktencheck zu 5 verbreiteten Mythen*. Stadtwerke München, 6. Februar. <https://www.swm.de/energieloesungen/energiemagazin/waermepumpen-mythen>.
- tagesschau. 2024. *Kohlekraftwerk Mehrum geht endgültig vom Netz*. 28. März. <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/mehrum-kohlekraftwerk-geht-vom-netz-100.html>.
- Temursho, U., M. Cardenete, K. Wojtowicz, L. Rey Los Santos, M. Weitzel, T. Vandyck, und B. Saveyn. 2020. „Projecting input-output tables for model baselines.“ *JRC Technical Report*.
- Trinomics and LBST. 2020. „Opportunities for Hydrogen Energy Technologies considering the National Energy & Climate Plans. Final Report.“ <https://www.lei.lt/wp-content/uploads/2020/09/Final-Report-Hydrogen-in-NECPs-28-8-2020-ID-9474232.pdf>.

- UBA. 2024. *Carbon Capture and Storage.* Umweltbundesamt, 28. Februar.  
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/grundwasser/nutzung-belastungen/carbon-capture-storage>.
- Ulrich, P. 2023. *Erneuerbar beschäftigt in den Bundesländern: Bericht zur aktualisierten Abschätzung der Bruttobeschäftigung 2021 in den Bundesländern.* GWS Research Report, No. 2023/03, Osnabrück: Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS).  
<https://www.econstor.eu/bitstream/10419/278635/1/1859296270.pdf>.
- VDE. 2020. *Resilienz der Strom- und Gas-Versorgungsnetze im Rahmen der Energiewende.* VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V., November.  
<https://www.vde.com/resource/blob/2032350/0a72402482510621ee1096baa8586490/resilienzversorgungsnetze-etg-dvgw-data.pdf>.
- Verein Deutscher Zementwerke. 2020. „Dekarbonisierung von Zement und Beton – Minderungspfade und Handlungsstrategien.“ Berlin.
- Walberg, D., T. Gniechwitz, K. Paare, und T. Schulze. 2022. *Wohnungsbau: Die Zukunft des Bestandes. Studie zur aktuellen Bewertung des Wohngebäudebestands in Deutschland und seiner Potenziale, Modernisierungs- und Anpassungsfähigkeit.* Kiel: Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.
- Wasserstoff-Kompass. 2024. *Wasserstoff-Kompass. Handlungsfelder für den Markthochlauf von Wasserstofftechnologien in Deutschland.* München, Frankfurt am Main: acatech/DECHEMA.
- Wood Mackenzie. 2025. *A delayed energy transition could make or break the upstream sector.* 16. January. <https://www.woodmac.com/press-releases/2024-press-releases/a-delayed-energy-transition-could-make-or-break-the-upstream-sector/>.
- WWF. 2019. *Klimaschutz durch CCU? Nutzung von CO<sub>2</sub>: Potenziale und Grenzen einer CO<sub>2</sub>-Kreislaufwirtschaft.* Berlin: WWF Deutschland.
- ZSW. 2024. *Wirtschaftliche Impulse durch Erneuerbare Energien. Zahlen und Daten zum Erneuerbaren-Ausbau als Wirtschaftsfaktor. Kurzdokumentation.* Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg im Auftrag vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.  
[https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/kurzdokumentation-wirtschaftliche-impulse-ee-2024.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/kurzdokumentation-wirtschaftliche-impulse-ee-2024.pdf?__blob=publicationFile&v=4).

## 7. Glossar

<b>Beschäftigung</b>	Unter Beschäftigung wird in dieser Studie die Zahl der Erwerbstäigen verstanden, außer explizit anders ausgewiesen. Zu den Erwerbstäigen in der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung zählen alle Personen, die als Arbeitnehmer*innen (Arbeiter*innen, Angestellte, Beamt*innen, geringfügig Beschäftigte, Soldat*innen) oder als Selbstständige beziehungsweise als mithelfende Familienangehörige eine auf wirtschaftlichen Erwerb gerichtete Tätigkeit ausüben, unabhängig vom Umfang dieser Tätigkeit. Personen mit mehreren gleichzeitigen Beschäftigungsverhältnissen werden nur einmal mit ihrer Haupterwerbstätigkeit erfasst. Die Zuordnung zu den Erwerbstäigen erfolgt unabhängig von der geleisteten beziehungsweise vereinbarten Arbeitszeit. Das bedeutet, die Erwerbstäigen werden nicht als Vollzeitäquivalente ausgewiesen, sondern als Anzahl der erwerbstäigen Personen. Auf diese Weise ist ein Vergleich mit anderen Branchen im Rahmen der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung möglich.
<b>Bruttowertschöpfung</b>	Bruttowertschöpfung bezeichnet die Summe der regional geschaffenen Produktionswerte abzüglich der verwendeten Vorleistungen und spiegelt gleichzeitig die Höhe der im Zusammenhang mit der Produktion erzielten Arbeits- und Kapitaleinkommen wider.
<b>Energiewende</b>	Der Begriff Energiewende bezeichnet einen nachhaltigen Weg, Energie zu erzeugen und zu nutzen und bedeutet eine Abkehr von fossilen Energieträgern wie Kohle, Erdöl und Gas hin zu erneuerbaren Energiequellen und Energieeffizienz (Öko-Institut e.V. 2025, EWE 2020). Neben der Energieerzeugung umfasst die Energiewende auch die Umwandlung von Energie (z. B. Strom- und Wärmeerzeugung) sowie den Endverbrauch von Energie in Gebäuden, in der Industrie, im Verkehr und in anderen Sektoren. Da der Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energiequellen die Treibhausemissionen verringert, ist die Energiewende ein fester Bestandteil der Klimatransformation.

<b>Fossil betriebene Großkraftwerke</b>	Als fossil betriebene Kraftwerke werden Wärmekraftwerke bezeichnet, die thermische Energie aus der Verbrennung fossiler Energieträger (Kohle, Öl, Erdgas) in elektrische Energie umwandeln. Die Leistung fossil betriebener Kraftwerke in Deutschland, die Energie ins Stromnetz einspeisen, liegt zwischen 20 MW und 2,6 GW (GEM 2025b, GEM 2025c). So hat beispielsweise das Gemeinschaftskraftwerk Hannover eine Leistung von 300 MW (GEM 2025b). Im Gegensatz dazu liegt die Leistung der größten Energieparks für Photovoltaik oder Windenergie an Land in Deutschland derzeit unter 200 MW (GEM 2025d, GEM 2025e). Die bisher einzige Ausnahme ist der Energiepark Witznitz, die mit Abstand größte Freiflächen-PV-Anlage Deutschlands mit einer Gesamtleistung von 416 MW (GEM 2025d). Die meisten PV-Anlagen operieren jedoch höchstens im einstelligen MW-Bereich, und die Leistung der meisten Windparks an Land liegt unter 50 MW. Um diesen Größenunterschied zu verdeutlichen, werden die fossil betriebenen Kraftwerke hier auch Großkraftwerke benannt.
<b>Grüne Infrastruktur</b>	Unter grüner Infrastruktur wird hier Infrastruktur verstanden, die eine emissionsarme bzw. emissionsfreie Energieerzeugung oder -nutzung ermöglicht oder unterstützt. Hierzu zählen beispielsweise Anlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien, Strom- und Wärmenetze, Batteriespeicher, Ladeinfrastruktur für Elektromobilität, die Infrastruktur des öffentlichen Verkehrs (vgl. Modal Split), energieeffizient sanierte Gebäude oder industrielle Anlagen zur CO <sub>2</sub> -Abscheidung.
<b>Imputationsmethoden</b>	Imputationsmethoden beziehen sich auf verschiedene Techniken, die vor der Analyse zur Ergänzung fehlender Datenpunkte durch Ersatzwerte verwendet werden. Beispiele hierfür sind die Mittelwertsubstitution oder die Regressionsimputation.
<b>Klimatransformation</b>	Der Begriff Klimatransformation bezieht sich auf den umfassenden und tiefgreifenden Wandel in Gesellschaft, Wirtschaft und Technologie, der notwendig ist, um den Herausforderungen des Klimawandels zu begegnen und eine nachhaltige Zukunft zu sichern. Die Klimatransformation umfasst die Reduktion von Treibhausgasemissionen auf nahezu null, die Anpassung an bereits unvermeidliche Klimafolgen sowie den Übergang zu einer klimaresilienten und kohlenstoffarmen Wirtschaft und Lebensweise. Dies

schließt den Einsatz erneuerbarer Energien, die Steigerung der Energieeffizienz, die Umgestaltung von Produktions- und Konsummustern, die Förderung der Kreislaufwirtschaft und den Schutz sowie die Wiederherstellung natürlicher Ökosysteme mit ein. Klimatransformation erfordert kollektive Anstrengungen auf globaler, nationaler und lokaler Ebene sowie die aktive Beteiligung aller Sektoren der Gesellschaft (b2earth 2025).

#### **Modal Split**

Modal Split bezeichnet die Verteilung der von Personen im Alltagsverkehr zurückgelegten Wege auf die einzelnen Verkehrsträger (Landesverwaltung Baden-Württemberg 2022). Hierzu zählen der motorisierte Individualverkehr (Pkw), der öffentliche Verkehr, das Fahrrad und der Fußverkehr. Der öffentliche Verkehr, das Fahrrad und der Fußverkehr zählen dabei zu den klimafreundlicheren Verkehrsträgern, denn bei ihnen fallen pro Person deutlich weniger (bis keine) Treibhausgasemissionen an als beim motorisierten Individualverkehr.

#### **Netzdienlichkeit**

Netzdienlichkeit bezeichnet die Fähigkeit von Erzeugungsanlagen, Speichern oder Verbrauchseinheiten, durch ihr Verhalten – etwa durch Einspeisung, Speicherung oder Lastverschiebung – zur Stabilität, Effizienz und Versorgungssicherheit des Stromnetzes beizutragen.

#### **NUTS3**

NUTS (französisch Nomenclature des Unités territoriales statistiques) ist eine EU-weite Systematik der Gebietseinheiten für die Statistik, die zur Bezeichnung der Regionen der einzelnen Länder für statistische Zwecke entwickelt wurde. In der NUTS wird jedes EU-Land in drei Ebenen unterteilt (Eurostat 2024):

- NUTS1: sozioökonomische Großregionen
- NUTS2: Basisregionen (für die Regionalpolitik)
- NUTS3: kleine Regionen (für spezifische Diagnosen)

In Deutschland entspricht die NUTS3-Ebene der Gliederung in Landkreise und kreisfreie Städte.

#### **Produktionsbereich**

Ein Produktionsbereich ist die Gesamtheit aller homogenen Produktionseinheiten, die Güter einer bestimmten Gütergruppe erzeugen (Statistisches Bundesamt 2025c).

<b>Resilienz</b>	Resilienz kann auch als Widerstandsfähigkeit übersetzt werden. Mit Blick auf das Energieversorgungssystem kann Resilienz allgemein als die Fähigkeit bezeichnet werden, Veränderungen zeitgerecht und wirkungsvoll zu bewältigen, mit ihnen umzugehen, sich anzupassen und sich nach möglichen Störungen von diesen schnell wieder zu erholen (VDE 2020). Ökonomische Resilienz ist die Fähigkeit einer Volkswirtschaft, vorbereitende Maßnahmen zur Krisenbewältigung zu ergreifen, unmittelbare Krisenfolgen abzumildern und sich an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen (Brinkmann, et al. 2017).
<b>Raumordnungsregion (ROR)</b>	Raumordnungsregionen sind mit Ausnahme der Stadtstaaten großräumige, funktional abgegrenzte Raumeinheiten für die Raumordnungsberichterstattung des Bundes. Grundlage sind die Planungsregionen der Länder bzw. in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen entsprechende regionale Gliederungen auf Basis von Stadt- und Landkreisen. Sie bilden den räumlichen Bezugsrahmen für großräumige Analysen der raumstrukturellen Ausgangslage und der raumwirksamen Bundesmittel, Prognosen der großräumigen Entwicklungstendenzen sowie Aussagen über großräumige Disparitäten im Bereich der Infrastruktur und der Erwerbsstruktur (BBSR 2025b).
<b>Spillover-Effekte</b>	Von Spillover-Effekten wird in der Volkswirtschaftslehre gesprochen, wenn die Aktivitäten eines Landes, eines Sektors oder einer Region sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf andere Bereiche haben (Deutscher Bundestag 2024).
<b>Versorgungssicherheit</b>	Unter Versorgungssicherheit versteht man in der Energiewirtschaft die ununterbrochene Verfügbarkeit von Energie zu jeder Zeit. Dazu gehört, dass die Strom- und Gasnetze in der Lage sind, Energie zu transportieren, dass genügend Erzeugungskapazitäten vorhanden sind, um die prognostizierte Nachfrage zu decken, und dass belastbare Kontrollmechanismen vorhanden sind, um die Netzstabilität zu gewährleisten. Darüber hinaus müssen die Netze ausreichend gegen Eingriffe Dritter gesichert sein (IT-Sicherheit). Um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten, verfügen Energieunternehmen über umfassende Planungs- und Risikomanagementverfahren,

die sowohl potenzielle Versorgungsunterbrechungen als auch Veränderungen in der Nachfrage berücksichtigen (Interconnector 2022). Resilienz des Energiesystems ist daher eine zentrale Voraussetzung für die Gewährleistung der Versorgungssicherheit.