



Ausblick auf die Entwicklung der EE-Beschäftigung bis 2035

Zwischen Zielerreichung und gebremstem Ausbau

**Philip Ulrich, Dietmar Edler, Katharina Hembach-
Stunden und Ulrike Lehr**

Korrigierte Fassung vom 28. September 2026

Impressum

Autor:innen

Philip Ulrich (GWS)

Tel.: +49 (0) 541 40933-200, E-Mail: ulrich@gws-os.com

Dr. Dietmar Edler (freiberuflich, in Kooperation mit GWS)

Tel.: +49 (0) 30 862351, E-Mail: dietmar.edler@gmail.com

Dr. Katharina Hembach-Stunden (GWS)

Tel.: +49 (0) 541 40933-220, E-Mail: hembach-stunden@gws-os.com

Dr. Ulrike Lehr (GWS)

Tel.: +49 (0) 541 40933-280, E-Mail: lehr@gws-os.com

Unter Mitarbeit von Christoph Möring

Titel

Ausblick auf die Entwicklung der EE-Beschäftigung bis 2035 – Zwischen Zielerreichung und gebremstem Ausbau

Veröffentlichungsdatum

© GWS mbH Osnabrück, September 2026

Bildnachweise

Deckblatt: © Pituk Loonhong über iStock by Getty Images

Förderhinweis

Die Studie wurde im Auftrag der Bertelsmann Stiftung erstellt.

Haftungsausschluss

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

Herausgeber der GWS Research Report Series

Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH

Heinrichstr. 30

49080 Osnabrück

ISSN 1867-7290

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	1
Tabellenverzeichnis	3
Abkürzungsverzeichnis	4
Zusammenfassung	1
Summary	2
1. Einleitung	1
2. Grundlagen und Methodik	3
2.1. Berechnung der zukünftigen Bruttobeschäftigung	3
2.2. Fachkräfte-Perspektive	6
3. Ausbaupfade und zentrale Annahmen	8
3.1. Allgemeine Annahmen	8
3.2. Politische Zielvorgaben zur Stromerzeugung	9
3.3. Politische Zielvorgaben für die Bereitstellung von Raumwärme	9
3.4. Hemmende Faktoren auf Basis aktueller Gesetzesänderungen im Jahr 2026 und Datengrundlage für den verzögerten Ausbau	10
3.5. Photovoltaik	14
3.6. Windenergie an Land	18
3.7. Windenergie auf See	21
3.8. Sonstige Großanlagen, Strom	24
3.9. Wärmepumpen	26
3.10. Übrige Wärmetechnologien	32
4. Von den Investitionen zur zukünftigen Bruttobeschäftigung	35
4.1. Investitionen	35
4.2. Betrieb und Wartung	37
4.3. Annahmen zur Bereitstellung von Biomasse	38
4.4. Die Bruttobeschäftigung im Jahr 2035	39
5. Arbeits- und Fachkräftebedarf bis 2035	43
5.1. Überblick zur Struktur nach Berufen und Anforderungsniveaus	43

5.2. Die wichtigsten Berufe	45
5.3. Abgleich mit der Engpasssituation nach Berufen	46
6. Resümee	48
7. Anhang	49
Literaturverzeichnis	50

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Überblick zum methodischen Vorgehen – Vom physischen Zubau zur Bruttobeschäftigung	4
Abbildung 2:	Beschäftigung durch den Ausbau erneuerbarer Energien bis 2025	5
Abbildung 3:	Ausbauzielfad für Photovoltaik und Entwicklung des Bestands bis 2035	14
Abbildung 4:	Investitionen in Photovoltaikanlagen im Szenario Ausbauzielfad bis 2035	15
Abbildung 5:	Ausbaupfade im Vergleich – PV-Dachanlagen	16
Abbildung 6:	Ausbaupfade im Vergleich – PV-Freiflächenanlagen	17
Abbildung 7:	Ausbauzielfad für Windenergie an Land und Entwicklung des Bestands bis 2035	18
Abbildung 8:	Investitionen in Windenergie-an-Land-Anlagen im Szenario Ausbauzielfad bis 2035	19
Abbildung 9:	Ausbaupfade im Vergleich – Windenergie an Land	21
Abbildung 10:	Ausbauzielfad für Windenergie auf See und Entwicklung des Bestands bis 2035	22
Abbildung 11:	Investitionen in Windenergie-auf-See-Anlagen im Szenario Ausbauzielfad bis 2035	23
Abbildung 12:	Ausbaupfade im Vergleich – Windenergie auf See	24
Abbildung 13:	Szenariovergleich in GW – Biomasse (Biogas und Biomasse-HKW)	26
Abbildung 14:	Neuinstallationen und Bestand an Wärmepumpen im Szenario Ausbauzielfad bis zum Jahr 2035 in 1.000 Stück	27
Abbildung 15:	Investitionen in Wärmepumpen im Szenario Ausbauzielfad bis 2035 in Mrd. Euro	28
Abbildung 16:	Neuinstallationen und Bestand an Wärmepumpen im Szenario Aktueller politischer Kurs bis zum Jahr 2035 in 1.000 Stück	30
Abbildung 17:	Investitionen in Wärmepumpen im Szenario Aktueller politischer Kurs bis 2035 in Mrd. Euro	30
Abbildung 18:	Szenarien Ausbauzielfad und Aktueller politischer Kurs im Vergleich – Wärmepumpen	31
Abbildung 19:	Szenario Ausbauzielfad – Zubau Übrige Wärmetechnologien	33
Abbildung 20:	Szenario Aktueller politischer Kurs – Zubau Übrige Wärmetechnologien	34
Abbildung 21:	Im Inland wirksame Nachfrage durch Investitionen und Exporte, Mrd. Euro	37

Abbildung 22: Entwicklung der Bruttobeschäftigung bis 2025 und Projektionen bis 2035	39
Abbildung 23: Projektion der Bruttobeschäftigung für die zwei Szenarien, nach Technologien und Technologiegruppen	41
Abbildung 24: Entwicklung der Bruttobeschäftigung nach Anforderungsniveau, Ausbauzielpfad, inkl. relative Veränderung	44

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Gliederung der Bruttobeschäftigung des EE-Ausbaus	6
Tabelle 2:	Ausbaustand 2025 im Vergleich zu Zielen aus dem Erneuerbare-Energien-Gesetz sowie Windenergie-auf-See-Gesetz, installierte Leistung in GW	9
Tabelle 3:	Neuerungen in EEG-Novelle 2027, Netzanschlusspaket und Gebäudemodernisierungsgesetz 2026, sowie Erläuterung möglicher Auswirkungen	12
Tabelle 4:	Investitionen im Szenario Ausbauzielpfad und unter dem Aktuellen politischen Kurs, Mrd. Euro	35
Tabelle 5:	Kosten für Betrieb und Wartung je Szenario und im Vergleich, in Mrd. Euro	38
Tabelle 6:	Bruttobeschäftigung 2015, 2025 und zwei Szenarien für 2035	40
Tabelle 7:	Anteile von Fertigungs- und Bauberufen am Gesamtbestand	44
Tabelle 8:	Rangliste der wichtigsten Berufe des EE-Ausbaus	45
Tabelle 9:	Technologiespezifische Beschäftigung nach Szenario für das Basisjahr 2025 sowie 2035	49

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
AGEE-Stat	Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik
BA	Bundesagentur für Arbeit
BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
BMWE	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CfD	Contract for Difference
CSP	Concentrated Solar Power / solarthermische Kraftwerke
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EU	Europäische Union
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GModG	Gebäudemodernisierungsgesetz
GW	Gigawatt
GWS	Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung
HKW	Heizkraftwerk
KIdB	Klassifikation der Berufe
KSG	Bundes-Klimaschutzgesetz
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
MW	Megawatt
O&M	Betrieb und Wartung (Operation and Maintenance)
PV	Photovoltaik
SAL	Systemdienliche Anschlussleistung
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
WPG	Wärmeplanungsgesetz
WZ	Klassifikation der Wirtschaftszweige
WZ 2008	Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008
WP	Wärmepumpe
WindSeeG	Windenergie-auf-See-Gesetz
ZSW	Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg

Zusammenfassung¹

Die vorliegende Studie untersucht die Entwicklung der Bruttobeschäftigung durch den Ausbau und Betrieb erneuerbarer Energien bis zum Jahr 2035. Dieser zuletzt für das Jahr 2025 ermittelte (Ulrich et al. 2026) Indikator wird unter zwei unterschiedlichen Szenarien fortgeschrieben: Ein **Ausbauzielpfad** unterstellt die Erreichung der für das Jahr 2035 gesetzten Ausbauziele, während der **Aktuelle politische Kurs** einen aufgrund veränderter regulatorischer, wirtschaftlicher und weiterer Rahmenbedingungen gebremsten Ausbau abbildet.

Die Berechnungen knüpfen an den physischen Ausbau der einzelnen Technologien an und führen über technologiespezifische Investitionen, Importe und Exporte sowie die Ausgaben für Betrieb und Wartung zur inländisch wirksamen Nachfrage. Diese wird mithilfe eines Input-Output-Modells in direkte und indirekte Produktions- und Beschäftigungseffekte übersetzt. Ergänzend wird die Beschäftigung nach Wirtschaftszweigen auf Berufe und Anforderungsniveaus heruntergebrochen.

Für den **Ausbauzielpfad** wird bis 2035 unter anderem ein Bestand von 309 GW Photovoltaik, 157 GW Windenergie an Land und 40 GW Windenergie auf See angenommen. Besonders bei der Windenergie ist hierfür ein zügiger Zubau erforderlich. Auch im Wärmebereich wird ein dynamischer Ausbau unterstellt: Der Bestand an Wärmepumpen steigt von gut 3 Millionen Anfang 2026 auf rund 11,7 Millionen im Jahr 2035.

Unter diesen Annahmen liegen die Investitionen in erneuerbare Energieanlagen bei 79 Mrd. Euro im Jahr 2035 gegenüber rund 37,6 Mrd. Euro im Jahr 2025. Die damit verbundene Bruttobeschäftigung erhöht sich von 436.300 Personen im Jahr 2025 auf rund **706.100 Personen**. Besonders stark wächst die Beschäftigung im Bereich der Wärmeerzeugung, vor allem aufgrund der Herstellung und Installation von Wärmepumpen.

Im Szenario des **Aktuellen politischen Kurses** fällt der Ausbau geringer aus. Die Investitionen erreichen 2035 rund 50,4 Mrd. Euro; die Bruttobeschäftigung liegt bei rund **519.500 Personen**. Damit beträgt die Differenz zum Ausbauzielpfad rund **186.600 Personen bzw. 26 %**. Der Unterschied ist insbesondere bei Windenergie und Wärmepumpen ausgeprägt. Die Ergebnisse verdeutlichen damit die Sensitivität der Beschäftigungsentwicklung gegenüber Veränderungen der politischen und regulatorischen Rahmenbedingungen.

Mehr Beschäftigung kann den Arbeitsmarkt vor Herausforderungen stellen. Mehr als die Hälfte der Beschäftigten entfällt auf Fachkräfte; im Ausbauzielpfad nehmen insbesondere Spezialisten und Experten überproportional zu. Technische Fertigungs- und Bauberufe haben eine größere Bedeutung als in der Gesamtwirtschaft. Zu den wichtigen Berufsgruppen zählen unter anderem Maschinenbau- und Betriebstechnik, Metallbearbeitung, Elektrotechnik sowie Energietechnik. Die für den Ausbau besonders relevanten Berufsgruppen gehören zugleich zu den Berufen mit Engpässen. Damit wird die Verfügbarkeit qualifizierter Arbeitskräfte zu einer wichtigen Voraussetzung für die Umsetzung von Ausbauzielen.

¹ Die Zusammenfassung wurde mit Unterstützung einer KI (AI Anthropic Sonnet 5) erstellt und redaktionell überarbeitet.

Summary²

This study examines the development of gross employment resulting from the expansion and operation of renewable energy by 2035. This indicator, most recently determined for the year 2025 (Ulrich et al. 2026), is projected forward under two different scenarios: an Target Achieving Pathway assumes the achievement of the expansion targets set for 2035, while the Current Policy Course scenario depicts a slower expansion resulting from changed regulatory, economic, and other framework conditions.

The calculations build on the physical expansion of individual technologies and, via technology-specific investments, imports and exports, as well as expenditures for operation and maintenance, lead to domestically effective demand. Using an input-output model, this demand is translated into direct and indirect production and employment effects. In addition, employment is broken down by economic sector into occupations and qualification levels.

For the Target Achieving Pathway, a stock of 309 GW of photovoltaics, 157 GW of onshore wind energy, and 40 GW of offshore wind energy are assumed by 2035. Particularly for wind energy, this requires rapid expansion. A dynamic expansion is also assumed in the heating sector: the stock of heat pumps rises from just over 3 million at the beginning of 2026 to around 11.7 million in 2035.

Under these assumptions, investments in renewable energy installations amount to €79 billion in 2035, compared to around €37.6 billion in 2025. The associated gross employment increases from 436,300 in 2025 to around 706,100. Employment grows particularly strongly in the field of heat generation, primarily due to the manufacture and installation of heat pumps.

Under the Current Policy Course scenario, expansion is more limited. Investments reach around €50.4 billion in 2035; gross employment stands at around 519,500 s. This represents a difference of around 186,600, or 26%, compared to the Target Achieving Pathway. The difference is particularly pronounced for wind energy and heat pumps. These results illustrate the sensitivity of employment development to changes in political and regulatory framework conditions.

Increased employment can pose challenges for the labor market. More than half of employees are skilled workers; under the Target Achieving Pathway, specialists and experts in particular increase disproportionately. Technical manufacturing and construction occupations play a larger role than in the overall economy. Important occupational groups include mechanical and plant engineering, metalworking, electrical engineering and energy technology. The occupational groups particularly relevant for expansion are also among the focus occupations identified in the German Labor Monitor. As a result, the availability of qualified workers becomes an important prerequisite for achieving expansion targets. Training, further education, and retraining accordingly require reliable long-term framework conditions.

² This summary was translated with AI assistance (AI Anthropic Sonnet 5). The content was reviewed, edited, and adapted by the authors.

1. Einleitung

Die Bundesregierung bekennt sich im Koalitionsvertrag zu den deutschen und europäischen Klimazielen und der Klimaneutralität Deutschlands. Dafür soll insbesondere der Ausbau der erneuerbaren Energien vorangetrieben werden und gleichzeitig die Kosten für Unternehmen und Bevölkerung gesenkt werden. Die Notwendigkeit einer umfangreichen Novelle des EEG zeichnete sich bereits aus den Vereinbarungen des Koalitionsvertrags ab.

Im Frühjahr und Sommer 2026 wurden Entwürfe dieser Novelle auf allen Ebenen, von einer Vielzahl von Interessengruppen, Verbänden, und der Wissenschaft diskutiert, zunächst als geleakter Arbeitsentwurf (26.02.2026), dann als Referentenentwurf (21. 04. 2026) und als Entwurf, der schließlich im Kabinett beschlossen wurde (29.07.2026). Dabei zeichnete sich ab, dass zwar die Ausbauziele nach wie vor mit 80 Prozent Strom aus Erneuerbaren Energien bis 2030 beibehalten wurden, aber der Weg zu Zielerreichung für manche Technologie deutlich steiniger zu werden droht.

Neben der Erreichung von klima- und energiepolitischen Zielen, hat die Energiewende eine weitere Dimension. Die mit Strom und Wärme aus erneuerbaren Energiequellen verbundene Beschäftigung ist ein starker Indikator, um die ökonomischen und gesellschaftlichen Fortschritte bei der Energiewende zu analysieren (Ulrich et al. 2024) und sie reagiert auf Änderungen der Rahmenbedingungen, regulatorischer und technischer Art. Die Herstellung von Anlagen zur Nutzung von Sonne, Wind oder Umweltwärme im Inland, die Installation dieser oder importierter Anlagen und die Nachfrage nach solchen Anlagen aus dem Ausland benötigen Fachkräfte unterschiedlichster Qualifikationen. Jede dieser Aktivitäten hat ihre eigene Wertschöpfungskette und sorgt somit indirekt für weitere Beschäftigung im In- und Ausland. Betrieb und Wartung stellen gewissermaßen einen stets wachsenden Sockel der Beschäftigung dar, der mit entsprechenden speziellen Tätigkeitsprofilen einhergeht.

Als sogenannte Bruttobeschäftigung wird dieser Indikator seit über zwei Dekaden berechnet und veröffentlicht. Die Bezeichnung Bruttobeschäftigung weist darauf hin, dass zum einen jede durch den Ausbau und Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien ausgelöste Beschäftigungswirkung einberechnet ist, jedoch eventuell verloren gehende oder ersetzte Arbeitsplätze nicht gegengerechnet werden. Kapitel 2 gibt einen kurzen Überblick über die Methodik.

In der Vergangenheit reagierte die Bruttobeschäftigung zum Teil erheblich auf Veränderungen der politischen Rahmenbedingungen, etwa bei der Einführung des PV-Deckels, der Kürzung der Förderung für PV oder der Ausschreibungsverfahren für die Windenergie. Letzteres führte 2017 zu einem deutlichen Rückgang von 167.700 auf 130.500 Beschäftigten in der Windenergieindustrie. Entlang der Wertschöpfungskette traf der Einbruch den industriellen Kern der Windindustrie: die Herstellung von Anlagen, die Fertigung von Komponenten, die Herstellung von Rotorblättern, oder Türmen sowie Stahl- und Schwerbauteilen, die Zulieferbetriebe sowie den Montagebereich (Fingerhut & Wink 2026).

Vor diesem Hintergrund untersucht die vorliegende Studie die Auswirkungen zweier Szenarien auf die Beschäftigung und schließt aus dem Vergleich auf die Wirkungen von Veränderungen der politischen Rahmenbedingungen. Das Szenario **Ausbauzielpfad** geht davon aus, dass die gesetzten Ziele für das Jahr 2035 erreicht werden (157 GW für die

Windenergie an Land, 309 GW für die Photovoltaik und als neues Ziel 9,5 GW Biomasse). Um die möglichen Effekte der nachlassenden Unterstützung des Ausbaus erneuerbarer Energien aufzuzeigen, wurde ein Szenario zum **Aktuellen politischer Kurs** entwickelt, das die Änderungen der politischen, gesetzlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen widerspiegelt. Beide Szenarien werden mit ihren Annahmen in Kapitel 3 technologiescharf erläutert. Kapitel 4 zeigt die Bruttobeschäftigung unter diesen beiden Szenarien für das Jahr 2035 und ordnet die Ergebnisse ein. Kapitel 5 weitet den Blick und die Analyse auf den Arbeits- und Fachkräftebedarf von heute und für das Jahr 2035 und Kapitel 6 zieht ein Resümee und leitet erste Empfehlungen ab.

2. Grundlagen und Methodik

Um die Ergebnisse der Untersuchung einordnen zu können wird im Folgenden ein kurzer Überblick über die den Berechnungen zugrunde liegenden Annahmen, die verwendete Berechnungsmethode und die Grenzen ihrer Aussagefähigkeit gegeben.

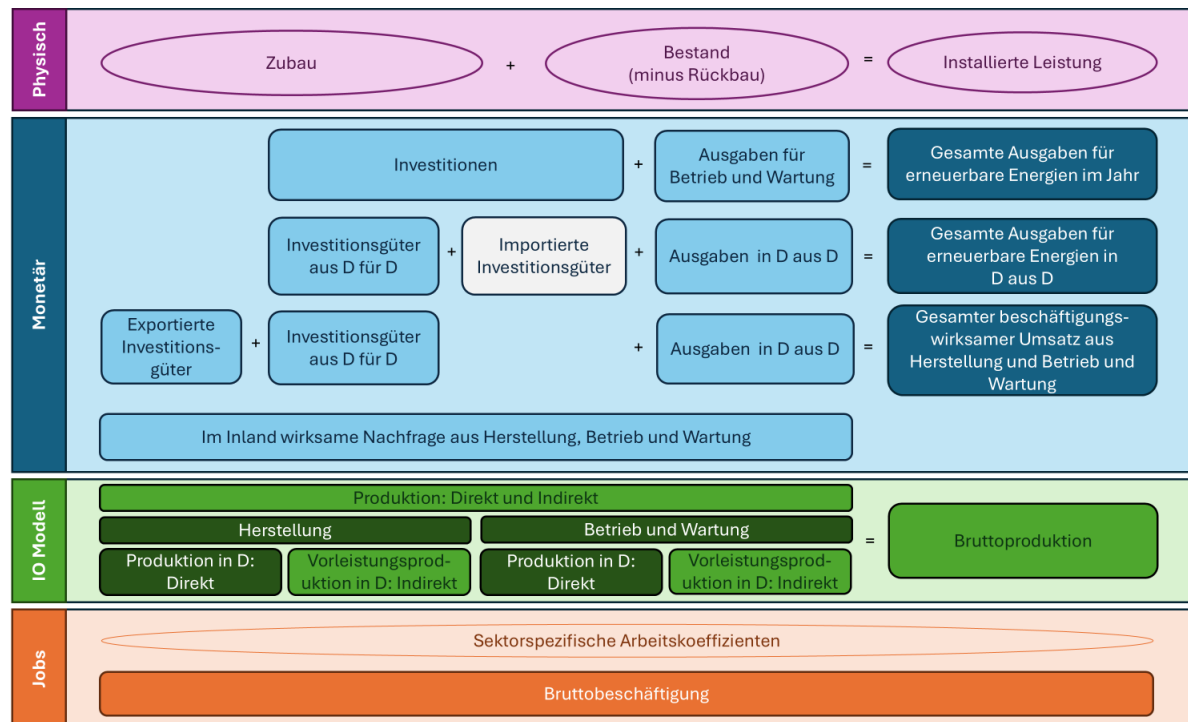
2.1. Berechnung der zukünftigen Bruttobeschäftigung

Die Berechnung der Bruttobeschäftigung durch den Ausbau erneuerbarer Energie geht der Frage nach, wie viele Personen in Deutschland in der Herstellung von Anlagen, im Betrieb von Anlagen, in der Herstellung von Gütern und Dienstleistungen, die für die Herstellung und den Betrieb benötigt werden und bei der Bereitstellung von Biomasse arbeiten. Beispiele sind Personen, die Wärmepumpen oder Windturbinen herstellen, eine Biogasanlage betreiben, Schrauben herstellen, Transportleistungen erbringen, Steuerberatung anbieten oder Pellets bzw. Biodiesel herstellen. Für eine Aktualisierung auf ein abgeschlossenes Jahr (vgl. Ulrich et al. 2026) sind die Investitionen und unterschiedliche aktuelle Fachstatistiken der Ausgangspunkt für die Abschätzung der Beschäftigung. Für die Berechnung der zukünftigen Bruttobeschäftigung wird der Ausbau zunächst auf Ebene des physischen Ausbaus festgelegt.

In vier Berechnungsstufen werden ausgehend vom physischen Zubau und dem Bestand der einzelnen Technologien die monetären Größen der Investition in Neuanlagen, der Ausgaben für den Anlagenbestand und der Wert exportierter Anlagen berechnet. Zieht man den Wert importierter Anlagen ab, ergibt sich die inländische Bruttoproduktion, die in einem Input-Output Modell in die mit dem EE-Ausbau verbundene Bruttobeschäftigung übersetzt werden kann (Abbildung 1).

Der Zubau der betrachteten EE-Technologien eines jeden Jahres bildet den Ausgangspunkt in physischen Einheiten (MW). Die Überführung in Geldeinheiten erfolgt mittels der technologiespezifischen Kosten für die neu zugebauten Technologien gemessen in Euro pro Kilowatt (kW) bzw. Stückkosten oder Kosten je qm Kollektorfläche im Wärmebereich. Investitionsgüter für den Zubau werden entweder inländisch produziert oder importiert. Da Importe in der Herstellung nicht für Beschäftigung im Inland sorgen, müssen importierte Investitionsgüter in der Berechnung abgezogen werden. Nachfrage aus dem Ausland nach in Deutschland hergestellten Anlagen wiederum sorgt für Beschäftigung im Inland (exportierte Investitionsgüter) und werden hinzuaddiert. Insgesamt ergibt sich so die im Inland wirksame Nachfrage in einem Jahr.

Das Modell zur Abschätzung der wirtschaftlichen Impulse von Betrieb und Wartung bildet die langfristige Kosten- und Bestandsentwicklung von Technologien nach dem Capital-Vintage-Prinzip ab: Jährliche Investitionen erhöhen den Anlagenbestand, der nach festgelegter Lebensdauer (20–25 Jahre) abgeschrieben wird. Betriebskosten (O&M) werden als prozentualer Anteil historischer Investitionen (1–4 % p.a.) berechnet. Für jede Technologie werden fundierte Kennzahlen zu Investitionskosten, Lebensdauer, O&M-Sätze separat definiert, um realistische Kapital- und Betriebskostenverläufe fortzuschreiben. Das Modell ermöglicht so den Vergleich von Technologiepfaden unter Berücksichtigung von Alterungseffekten und Kostendegression. Es wird angenommen, dass Betrieb und Wartung vollständig zu inländischer Nachfrage führen, und somit weder importiert noch exportiert werden.

Abbildung 1: Überblick zum methodischen Vorgehen – Vom physischen Zubau zur Bruttobeschäftigung

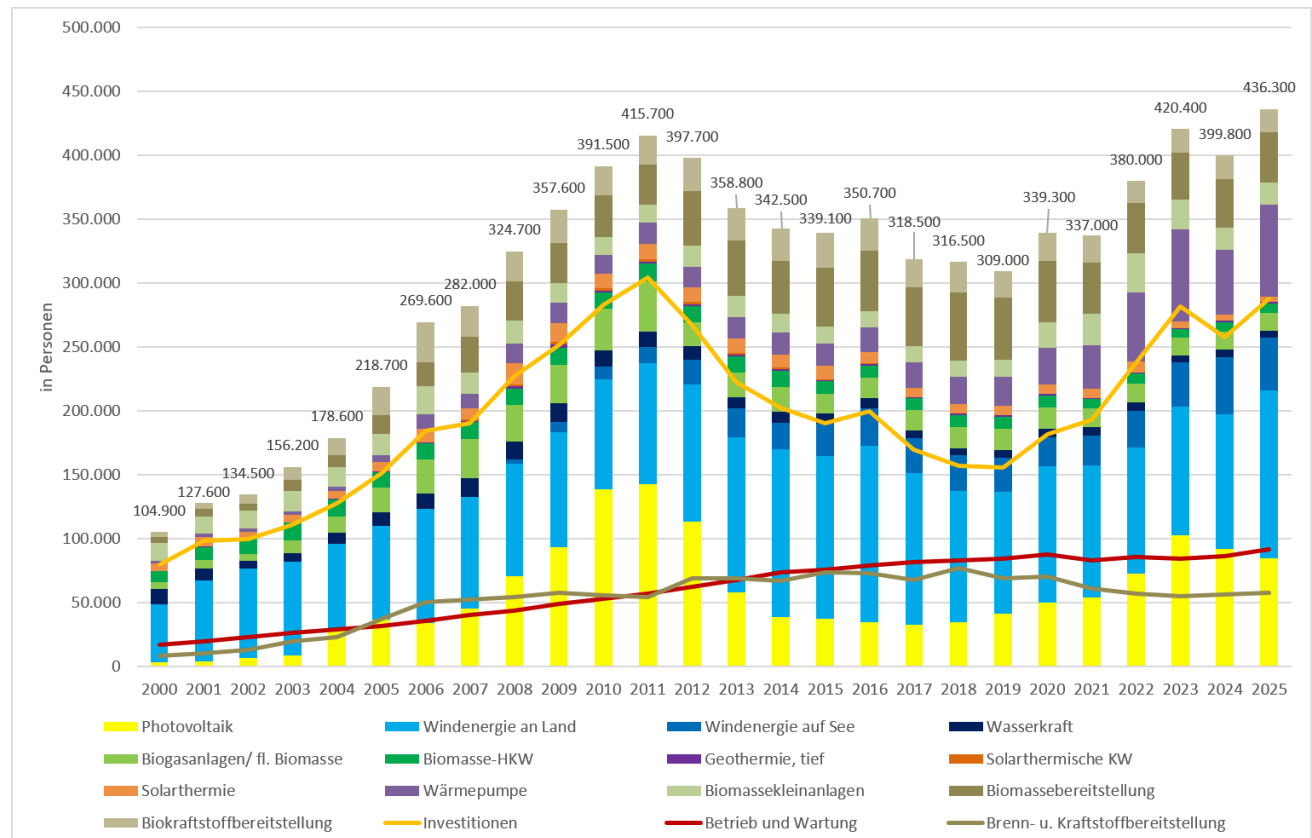
Hinweis: D = Deutschland, Quelle: eigene Darstellung GWS.

Die so ermittelte im Inland wirksame Nachfrage wird technologiespezifisch und getrennt nach den Kategorien (1) Herstellung sowie (2) Betrieb und Wartung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in ein Input-Output Modell (offenes statische Input-Output-Modell) eingepflegt, um die Effekte des Ausbaus erneuerbarer Energien auf die Beschäftigung zu ermitteln. Dieses etablierte Modell der empirischen Wirtschaftsforschung erlaubt es, die mit der Nachfrage verbundenen Produktionswirkungen und die daraus abgeleiteten Beschäftigungswirkungen umfassend zu ermitteln. Dabei werden neben den direkt ausgelösten Produktions- und Beschäftigungswirkungen in den Wirtschaftseinheiten, die ihre Produkte unmittelbar an die Endnachfrage liefern, auch die indirekt ausgelösten Wirkungen in den zuliefernden Bereichen der Wirtschaft miterfasst, also in jenen Wirtschaftseinheiten, die Vorleistungen (Waren und Dienstleistungen) für den Produktionsprozess bereitstellen (indirekte Beschäftigung). Durch die Anwendung des Input-Output-Modells ist es also möglich, die Bruttobeschäftigung zu ermitteln, die mit dem Ausbau und Betrieb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien verbunden ist. Die im Modell verwendeten amtlichen Input-Output Tabellen bilden die Verflechtung der Produktionsbereiche innerhalb der heimischen Volkswirtschaft und mit dem Ausland (Exporte/Importe) vollständig und konsistent ab. Für jeden der 52 Produktionsbereiche der amtlichen Tabelle ist auf der Inputseite die Kostenstruktur und auf der Outputseite die Lieferstruktur hinterlegt. Für die Abschätzung der Bruttobeschäftigung aus erneuerbaren Energien ist dieses System konsistent um die in diesem Bericht dargestellten EE-Technologien erweitert worden (O'Sullivan et al. 2023; Lehr et al. 2015; Lehr et al. 2011).

Die Bruttobeschäftigung wird auf Grundlage der Bruttoproduktion berechnet, die mit für jeden Produktionsbereich spezifischen Arbeitskoeffizienten³ multipliziert wird.

Die Bereitstellung von Biomasse für den Betrieb der Anlagen zur Erzeugung von Strom und Wärme werden in einem gesonderten Segment behandelt. Zu diesen Aktivitäten wird auch die Bereitstellung von Biokraftstoffen hinzugefügt. Für das Jahr 2025 wurden so 436.300 Beschäftigte durch Herstellung und Betrieb von EE-Anlagen sowie durch die Bereitstellung von Biomasse ermittelt (Ulrich et al. 2026; Fingerhut & Wink 2026).

Abbildung 2: Beschäftigung durch den Ausbau erneuerbarer Energien bis 2025



Quelle: Fingerhut & Wink (2026), eigene Darstellung

Für die Fortschreibung der Bruttobeschäftigung in die Zukunft in dieser Studie müssen Annahmen zu den beschriebenen Bausteinen der Analyse getroffen werden:

- Das physische Mengengerüst zum zukünftigen Ausbau muss entwickelt werden.
- Die Preise je neu installierte Leistung müssen technologiescharf fortgeschrieben werden.

³ Die Arbeitskoeffizienten für jeden Produktionsbereich ergeben sich, in dem die Anzahl der Erwerbstätigen in diesem Produktionsbereich zur jeweiligen Bruttoproduktion in Beziehung gesetzt werden. Implizit geht damit das für den jeweiligen Produktionsbereich typische Arbeitsvolumen je Erwerbstätigen in die Ermittlung der Bruttobeschäftigung in Personen ein

- Die Arbeitskoeffizienten müssen die üblichen wirtschaftlichen Produktivitätssteigerungen und Effizienzgewinne widerspiegeln.

In Kapitel 3 werden diese Annahmen im Detail für jede Technologie erläutert. Tabelle 1 zeigt die Gliederung der EE-Technologien, wie sie für die Aktualisierung der Zeitreihe der Bruttobeschäftigung hinterlegt ist (vgl. Abbildung 2) und die auch für die Projektion verwendet wird. Ferner ist die Zuordnung zu Technologiegruppen dargestellt, die bei der Darstellung der Ergebnisse verwendet werden. Zu beachten ist, dass die Bereitstellung von Biomasse für Anlagen für das vollständige Bild ergänzt wird. Wenn das Segment der Biomasse- und Biokraftstoffe in Auswertungen separat aufgeführt ist, sind sie nicht wie bei der Aufbereitung der historischen Zeitreihen bei den Anlagentechnologien eingeordnet.

Tabelle 1: Gliederung der Bruttobeschäftigung des EE-Ausbaus

Technologien°	Technologiegruppen
Wind onshore	Wind onshore
Wind offshore	Wind offshore
Photovoltaik	Photovoltaik
Solarthermie (Wärme)	Sonstige Kleinanlagen, Wärme
Wasser	Sonstige Großanlagen, Strom
Biomasse groß (Strom)*	Sonstige Großanlagen, Strom
Biomassekleinanlagen (Wärme)*	Sonstige Kleinanlagen, Wärme
Biogas (Strom/Wärme)*	Sonstige Großanlagen, Strom
Geothermie tief (Strom)	Sonstige Großanlagen, Strom
Wärmepumpe	Wärmepumpe
Biokraftstoffe*	-

°Aktivitäten zu Solarthermischen Kraftwerken (CSP) wurden für die Projektion nicht berücksichtigt

* Die Bereitstellung von Biomasse für den Betrieb von Biomasseanlagen kann diesen Technologien zugerechnet werden (z.B. in Abbildung 2) wird aber in dieser Studie gesondert und zusammen mit den Biokraftstoffen behandelt

2.2. Fachkräfte-Perspektive

Die Abschätzung von qualifikatorischen Merkmalen der Beschäftigung im Bereich erneuerbarer Energien erfordert ein mehrstufiges Verfahren, das wirtschaftliche Impulse systematisch in berufsspezifische Beschäftigungseffekte übersetzt. Das hier verwendete methodische Konzept baut auf etablierten Ansätzen der Arbeitsmarktmmodellierung auf, insbesondere den Arbeiten von Blazejczak & Edler (2021) sowie den Projektionen des QuBe-

Projekts (Zika et al. 2023), geht jedoch durch seine technologiespezifische Ausrichtung und höhere Detailtiefe darüber hinaus.

Ausgangspunkt der Analyse bilden die technologiespezifischen Input-Vektoren, die die Kostenstrukturen einzelner Energietechnologien detailliert abbilden. Diese Vektoren beschreiben die inländischen Vorleistungen für den Ausbau erneuerbarer Energien nach 72 Gütergruppen und ermöglichen so eine Umrechnung wirtschaftlicher Impulse – etwa durch Investitionen oder Betrieb und Wartung - in eine spezifische Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen. Die zugrundeliegenden Daten stammen aus Unternehmensbefragungen, die seit 2015 kontinuierlich mit statistischen Erhebungen fortgeschrieben werden.

Nach einer Plausibilitätsprüfung und Anpassung der Gliederungsebene wird für jede Technologie einzeln aus dieser Güternachfrage für zunächst 67 Wirtschaftszweige abgeleitet. Besonders detailliert betrachtet wird dabei das Baugewerbe, das aufgrund seiner zentralen Rolle für die Energiewende statt der üblichen drei WZ-Abteilungen in neun feiner gegliederte WZ-Gruppen unterteilt wird. Nach dem Abgleich aller Gliederungsebenen liegt die Beschäftigung schließlich nach 73 Produktionsbereichen bzw. Wirtschaftszweigen differenziert vor. Die Güterstrukturen liegen am Ende getrennt für die Technologien und getrennt für die direkten und indirekten Effekte.

Der entscheidende methodische Schritt besteht nun in der Transformation dieser wirtschaftszweigspezifischen Beschäftigung in eine berufliche Struktur. Hierfür kommen spezielle Verteilungsschlüssel zum Einsatz, die als Übergangsmatrizen zwischen der Dreisteller-Ebene der Wirtschaftszweige (WZ-2008) und der Dreisteller-Ebene der Berufe (KldB-2010) fungieren. Diese Matrizen, die aus Sonderauswertungen der Bundesagentur für Arbeit stammen, erfassen alle sozialversicherungspflichtig Beschäftigten sowie ausschließlich geringfügig Beschäftigte und ermöglichen zusätzlich eine Differenzierung nach vier Anforderungsniveaus. Die resultierende Beschäftigung nach Berufen stellt ein zentrales Ergebnis der Berechnungen dar und erlaubt eine differenzierte Auswertung nach Technologien, Aktivitäten und Qualifikationsstufen.

Im Rahmen der Validierung der Ergebnisse zeigte sich allerdings eine systematische Unterschätzung bestimmter Berufsgruppen im Bereich der Bauinstallationen. Um diese Verzerrung zu korrigieren, wurden gezielte Anpassungen in der Übergangsmatrix vorgenommen (vgl. Ulrich et al. 2024). Das hier vorgestellte Berufsstrukturmodell wurde im Rahmen der aktuellen Studie mit den neuesten technologiespezifischen Inputvektoren aktualisiert.

3. Ausbaupfade und zentrale Annahmen

3.1. Allgemeine Annahmen

Das Energiesystem in Deutschland erlebt erneut einen Umbruch. Im Jahr 2022 wurden im EEG „Osterpaket“ die erneuerbaren Energien als im überragenden öffentlichen Interesse liegend benannt und Genehmigungen vereinfacht sowie Ausbauziele erhöht, und im Jahr 2024 im Solarpaket 1 die Bedingungen für Dach-PV, Freiflächen-PV, Balkonkraftwerke, Netzanschlüsse und Bürgerenergie vereinfacht. Die EEG-Novelle 2027 rückt nun eine stärkere Marktintegration der Erneuerbaren, die Synchronisierung vom EE-Ausbau mit dem Netzausbau, sowie eine stärkere Speicherintegration in den Mittelpunkt der Regulierung, in der Hoffnung das sich diese Maßnahmen kostensenkend auswirken. Gleichwohl bleiben die Ausbauziele – 80 % EE-Strom bis 2030 – bestehen. In der Vergangenheit hat der Ausbau – und mit ihm die Beschäftigung – auf politische Richtungswechsel teilweise empfindlich reagiert⁴.

Im Folgenden werden zwei Szenarien definiert, um eine Projektion der Bruttobeschäftigung des Ausbaus erneuerbarer Energien bis 2035 vorzunehmen. Das Szenario **Ausbauziel-pfad** repräsentiert eine Welt, in der die gesetzten Ausbauziele für das Jahr 2035 erreicht werden. Dieser Pfad wird notwendig sein, um das allgemeine Ziel der Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen⁵. Der Pfad stellt eine Fortschreibung des bei Ulrich et al. 2024 für eine vergleichbare Analyse zugrunde gelegten Ausbaus bis zum Jahr 2035 dar.

Im Jahr 2026 wurde innerhalb kurzer Zeit der regulatorische Rahmen für den EE-Ausbau novelliert und intensiv öffentlich diskutiert. In einem weiteren Szenario werden die hemmenden Wirkungen des politischen Richtungswechsels, aber auch weiterer Rahmenbedingungen zum Beispiel geopolitischer Natur oder in Form höherer Zinsen, zusammengefasst. Hier verliert der Ausbau in den nächsten Jahren deutlich an Fahrt. In diesem **Aktueller politischer Kurs**-Szenario werden transparente Annahmen getroffen wie stark die beschlossenen und geplanten Gesetzesänderungen und Regulierungen den Ausbau der erneuerbaren Energien bis 2035 bremsen könnten, allerdings ohne eine komplexe Strommarktmodellierung. Vielmehr orientiert sich das Szenario an der unteren Variante der Mittelfristprognose und nimmt für die großen Säulen des EE-Ausbau Abschläge vor, die technologiespezifisch erläutert werden. Der Einfluss politischer Rahmenbedingungen heute verliert sich zwar in der fernerer Zukunft, jedoch wird angenommen, dass der Rückstand auch bis 2035 nicht vollständig aufgeholt werden kann.

⁴ Ein gute Übersicht hierzu findet sich bei Fingerhut & Wink (2026).

⁵ Bundesregierung 2021, https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Infografiken/Schlaglichter/2021/10/neues-klimaschutzgesetz-download.pdf?__blob=publicationFile&v=1

3.2. Politische Zielvorgaben zur Stromerzeugung

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und das Windenergie-auf-See-Gesetz (Wind-SeeG) legen seit 2023 verbindliche Ausbauziele für stromerzeugende EE-Anlagen fest. Diese Ziele sind im Entwurf der Novelle des EEG 2027 unverändert (Bundesregierung 2026). Die Ausbauziele sind mit den übergeordneten Klimaschutzvorgaben bis 2030 abgestimmt (Bundesregierung 2024, KSG 2024). Bis dahin soll der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch auf 80 % steigen, wobei ein wachsender Strombedarf unterstellt wird (BMUKN 2026). Die EE-Stromerzeugung soll durch Sektorkopplung maßgeblich zur CO₂-Reduktion in allen Verbrauchssektoren beitragen. Der aktuelle Ausbaustand für 2025 und die gesetzlichen Ziele laut Klimaschutzgesetz (KSG) für 2035 werden in Tabelle 2 gegenübergestellt.

Der Vergleich von Stand 2025 mit den für das Jahr 2035 gesteckten Ausbauzielen zeigt die Notwendigkeit einer deutlichen Steigerung gegenüber den aktuell installierten Leistungen dar und erfordern ambitionierte Ausbauraten (vgl. Tabelle 2). Bei Solaranlagen (Photovoltaik) liegt der bisherige Zubau bereits über dem geplanten Zielpfad, sodass die Vorgabe von 309 GW bis 2035 erreichbar erscheint. Die Windenergie an Land entwickelt sich hingegen knapp unterhalb der Zielmarke von 157GW, während die Windenergie auf See deutlich hinter den Erwartungen zurückbleibt. Hier ist ein stark beschleunigter Ausbau notwendig, um das Ziel von 40 GW bis 2035 zu erreichen. Der Bereich Biomasse, der sowohl Biogasanlagen als auch Feuerungsanlagen mit fester Biomasse beinhaltet, hat sein Ziel von 8,4 GW bis 2030, falls es nicht zu umfangreichen Stilllegungen kommt, bereits heute erreicht. Insgesamt erfordert insbesondere der Ausbau der Windenergie, sowohl an Land als auch auf See, erhebliche Anstrengungen, um die gesetzlichen Vorgaben zu erfüllen. Für die Stromerzeugung aus Wasserkraft und tiefer Geothermie existieren keine konkreten politischen Ausbauziele.

Tabelle 2: Ausbaustand 2025 im Vergleich zu Zielen aus dem Erneuerbare-Energien-Gesetz sowie Windenergie-auf-See-Gesetz, installierte Leistung in GW

Energieträger	2025	2035	Zuwachs
Windenergie an Land	68	157	+ 131 %
Windenergie auf See	9,7	40	+ 312 %
Solaranlagen	120	309	+ 158 %

Quelle: AGEE-Stat (2026), EEG §4

3.3. Politische Zielvorgaben für die Bereitstellung von Raumwärme

Die politischen Vorgaben für die Wärmeversorgung von Gebäuden leiten sich insbesondere aus dem Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG), dem Gebäudemodernisierungsgesetz (GModG) sowie dem Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz, WPG) ab. Für den Gebäudesektor ist im KSG bis 2030 eine kontinuierliche Reduktion der Emissionen vorgesehen; die sektoralen

Jahresemissionsmengen für Gebäude sollen von 118 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2020 auf 67 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2030 sinken (KSG 2024).

Mit dem zum 29. Juli 2026 in Kraft getretenen Gebäudemodernisierungsgesetz wurde die bisherige Verpflichtung, dass neu eingebaute Heizungen mindestens 65 % ihrer Wärme aus erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme bereitstellen müssen, abgeschafft. Stattdessen soll zwischen unterschiedlichen Heizungsoptionen wie Wärmepumpen, Wärmenetzanschlüssen, Biomasse- und Hybridheizungen sowie Gas- und Ölheizungen gewählt werden können. Gleichzeitig werden für fossile Heizungen, die nach dem Inkrafttreten des GModG im Gebäudebestand eingebaut werden, schrittweise Anforderungen an den Einsatz klimaneutraler bzw. erneuerbarer Brennstoffe eingeführt. Ab 2029 ist hierfür ein steigender Anteil erneuerbarer Brennstoffe vorgesehen; spätestens 2045 müssen die für die Wärmeversorgung eingesetzten Brennstoffe vollständig klimaneutral sein (sogenannte Biotreppe).

3.4. Hemmende Faktoren auf Basis aktueller Gesetzesänderungen im Jahr 2026 und Datengrundlage für den verzögerten Ausbau

Die wichtigsten aktuellen und anstehenden Gesetzesänderungen aufgrund derer ein verzögerter EE-Ausbau sowohl im Strom- als auch im Wärmesegment von vielen Akteuren erwartet wird, sind die EEG-Novelle 2027 (BMWE 2026a), das Netzanschlusspaket (BMWE 2026b) sowie das Gebäudemodernisierungsgesetz aus dem Juli 2026⁶. Tabelle 3 gibt eine knappe Übersicht über die wichtigsten Änderungen der oben genannten, im Kabinett beschlossenen Änderungen, sowie eine Einschätzung der möglichen Auswirkungen auf den EE-Ausbau. Dies dient als Grundlage für die Entwicklung eines Szenarios mit verzögertem Ausbau, das dem **Ausbauzielpfad** für 2035 gegenübergestellt werden kann. Das Szenario repräsentiert eine Welt, in der Investitionsentscheidungen deutlich seltener auf EE-Anlagen fallen, da die Bedingungen aus Sicht von Investoren angesichts der neuesten gesetzlichen Regelungen deutlich schlechter und bzw. verstärkt mit Risiko behaftet sind. Die Wirkungen auf die Investitionsentscheidungen werden nicht modellbasiert abgeschätzt, sondern stützen sich auf bestehende Szenarien und qualitativen Auswertungen. Der Vorschlag zum verzögerten Ausbau im Bereich der Stromerzeugungsanlagen basiert grundsätzlich auf den Arbeiten der Mittelfristprognose (IE Leipzig 2025). Bei den Wärmerzeugungstechnologien werden Szenarien des Bundesverband Wärmepumpe e.V. herangezogen und angepasst.

Mit der Mittelfristprognose kommen die deutschen Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) der Verpflichtung (§ 74 EEG) nach, jährlich eine Prognose zur Entwicklung von EEG geförder-ten Anlagen zu erstellen und den Finanzierungsbedarf in diesem Zeitraum abzuschätzen. Typischerweise sind diese Prognosen als ein Trend-, ein Oberes und ein Unteres Szenario formuliert, und berücksichtigen so mögliche veränderte gesetzliche und regulatorische Rahmenbedingungen, oder Wetterjahre. Die Szenarien basieren auf der Modellierung von

⁶ Nach Abschluss der Entwicklung des Szenarios zum aktuellen politischen Kurs wurde das Windenergie-auf-See Gesetz verabschiedet. Eine Einordnung der entsprechenden Auswirkungen wird in im Folgenden in der Diskussion der Windenergie auf See vorgenommen.

installierten Leistungen der Vergangenheit, Strompreisen, Marktwerten, Abregelungen und Vermarktungsformen. Die aktuellste Mittelfristprognose liegt für 2026 bis 2030 vor und das Untere Szenario wurde für das Szenario **Aktueller politischer Kurs** an den aktuellen Rand und den Horizont bis 2035 mit Trendschätzungen aktualisiert und mit Annahmen zu den Auswirkungen der verabschiedeten und geplanten gesetzlichen Änderungen kombiniert.

Die Unterschiede zwischen den beiden Szenarien dieser Studie beruhen auf unterschiedlichen Annahmen zum Zubau und zum Abgang von Anlagen. Die technologiespezifischen Kosten aller Technologien werden unter beiden Szenarien gleich angesetzt, d.h. es wird nicht unterstellt, dass ein verzögerter langsamerer Zubau zu anderen Kosten je installierter Leistung führt. Damit werden die Effekte von einigen Neuregelungen (vgl. Tabelle 3) vermutlich unterschätzt, bzw. konservativ abgeschätzt.

Ferner unterstellen beide Szenarien im Wesentlichen dieselben Quoten zur Teilnahme deutscher Hersteller an den Weltmärkten. Allerdings weisen die Szenarien unterschiedliche Importvolumina auf, da diese sich aus einer Multiplikation von Importquote mit dem jeweiligen Produktionsvolumen ergeben. Unterschiede zwischen der Bedeutung des Exports für die EE-Beschäftigung ergeben sich in diesem Kontext aus strukturellen Gründen. Der inländische Ausbau dürfte sich in der Realität auf lange Sicht die Exportquoten verändern, denn er wirkt sich oft belebend auch auf Exporte der Technologiegüter aus (vgl. O'Sullivan et al. 2018). Die vereinfachten Annahmen zum Außenhandel wurden aufgrund der Fokussierung auf die Wirkungszusammenhänge im Inland getroffen.

Tabelle 3: Neuerungen in EEG-Novelle 2027, Netzanschlusspaket und Gebäudemodernisierungsgesetz 2026, sowie Erläuterung möglicher Auswirkungen

Neuerung	Erläuterung	Mögliche Auswirkungen
Strom		
<u>Kapazitätslimitierung für Netzan-schlussbegehren</u> <u>Redispatch-Vorbe-halt: Wegfall der Entschädigung</u>	Netzbetreiberunternehmen müssen Anlagen anschlie-ßen, auch wenn das Netz erst ausgebaut werden muss – <i>außer</i> in kapazitätslimitierten Gebieten, abhängig von Abregelungen in der Vergangenheit. Dort können sie ei-nen Anschluss mit der Auflage anbieten, dass bei Netzengpässen auf bis zu 20% der Einspeisevergütung verzichtet wird, bei Wind in Vorranggebieten auf 18%.	In windstarken Regi-onen werden Ausbau und Repowering un-attraktiver, Freiflä-chenanlagen er-zielen weniger Ren-dite,
<u>Systemdienliche Anschlussleistung (SAL)</u>	Die dauerhaft nutzbare Anschlussleistung wird stan-darmäßig auf 70% der installierten Wirkleistung bei PV-Freiflächen, und auf höchstens 280 Watt je Quad-ratmeter überstrichener Rotorfläche bei Wind an Land begrenzt. Die Regelung gilt ab dem 1. Januar 2027 und betrifft auch bereits genehmigte, aber noch nicht in Be-trieb genommene Anlagen.	Beeinflusst die Ge-winne bei der Wind-energie und großen PV-Anlagen.
<u>Vorrang</u>	Energiespeicher haben keinen Netzanschlussvorrang wie EEG- oder KWK-Anlagen, aber Netzbetreiberunter-nehmen dürfen ihren Anschluss nicht wegen Kapazi-tätsmangels verweigern, wenn die bestehende An-schlussleistung durch flexible Vereinbarungen unver-ändert bleibt.	Stellt Großbatterie-speicher in die zweite Reihe.
<u>Baukostenzu-schüsse</u>	Der Netzbetreiber trägt die Kosten für Netzoptimierung, -verstärkung und -ausbau, darf aber vom Anschluss-nnehmer einen angemessenen Baukostenzuschuss ver-langen – die Bundesnetzagentur kann hierfür Vorgaben zu Verfahren, Pauschalen oder regionalen Differenzie-rungen machen	Verschiebt die Kos-ten von Netzbetreib-ern zu Betreibern von EE-Anlagen und erhöht damit die Kos-ten.
<u>Digitalisierung Netzan-schlussver-fahren</u>	Das EEG 2027 will Netzan-schlussverfahren digitalisie-ren, um Doppelarbeit zu vermeiden, Speicher leichter anzubinden und Genehmigungen zu beschleunigen.	Umsetzung hängt vom Netzun-ternehmen ab, Engpässe müssen analog ge-prüft werden, führt aktuell zu Unsicher-heit.
<u>PV auf Gebäuden</u>	Solaranlagen auf, in oder an Gebäuden und Lärm-schutzwänden sowie sogenannte Garten-PV-Anlagen, werden künftig nicht mehr als Freiflächenanlagen be-handelt.	Attraktivitätsverlust von PV an Lärm-schutzwänden und an Gebäuden
<u>Windenergie auf See Gesetz⁷</u>	Zweistufiges Gebotsverfahren, beginnend mit einem dynamischen Gebotsverfahren. Falls dabei kein Zu-schlag erteilt wird, folgt ein zweites Verfahren Anspruch auf die Marktprämie und Verpflichtung zum Refinanzie-rungsbeitrag. Die Ausschreibungsmengen werden von 4 GW/Jahr auf 3 GW/Jahr reduziert.	Erhöhung der Unsi-cherheit bei Aus-schreibungen und er-wartbare Verzöge-rungen.

⁷ Bundesrat, Drucksache 508/26 04.09.26, [Drucksache -](#)

Neuerung	Erläuterung	Mögliche Auswirkungen
<u>Kleine PV-Anlagen in die Direktvermarktung</u>	Alle neuen PV-Gebäude-Anlagen bis 25 kW sollen künftig keine Einspeisevergütung und keine Marktprämie mehr bekommen. Eine zeitlich befristete „Netzbetreiberabnahme“ zum Jahresmarktwert soll einen Übergang schaffen. Der PV-Strom soll künftig nahezu nur noch über den Weg der Direktvermarktung veräußert werden. Direkt vermarkteter Strom aus PV-Anlagen über 25 kW bis 1 MW soll mit einer einheitlichen Marktprämie abgegolten werden ⁸ .	Attraktivitätsverlust kleiner PV-Anlagen
<u>Contract for Difference</u>	Mehrerlöse von Neuanlagen werden über einen „ Contract for Difference “ (CfD) abgeschöpft, um EU-Vorgaben (Strombinnenmarktverordnung) sowie Beihilferegeln umzusetzen – nur wer auf Förderung verzichtet, kann die Abschöpfung vermeiden.	Gilt für alle EE und verringert die Gewinne insbesondere bei Wind an Land und Freiflächen PV.
<u>Drei Ausschreibungsrunden pro Jahr plus Resilienzausschreibungen</u>	Umfang der Ausschreibungen bleibt erhöht, und auf drei Ausschreibungsrunden beschränkt. Die Resilienzausschreibung umfasst 4 GW (2027–2029: 3,5 GW Wind an Land, 0,5 GW Freifläche PV)	Druck und Unsicherheit am Markt. Resilienzausschreibungen dürften zu höheren Kosten führen.
Wärme		
<u>Gebäudemodernisierungsgesetz (GModG).</u>	„Entschärfung“ des Gebäudeenergiegesetzes (GEG): alle Heizungstypen weiterhin erlaubt; Pflicht zur Nutzung von 65% erneuerbare Energien entfällt; stattdessen ist der stufenweise Einsatz klimaneutraler Brennstoffe(„Biotreppe“) für Gas- und Ölheizungen vorgeschrieben; Ersatz der Biotreppe durch Solarthermie bei bestimmtem Heizungstyp; keine Pflicht zur Beratung beim Einbau fossilbefuerter Heizungen;	Durch Verschiebungen der Verabschiedung zunächst erhöhte Unsicherheit bei Investoren; veränderte Regelungen bremsen Ausbautempo bei Wärmepumpen deutlich; bestimmte alternative Technologien könnten (vorübergehend) profitieren
<u>Änderung der Förderbedingungen für Wärmepumpen</u>	Prinzipieller Erhalt der Förderung, aber fortlaufende Verschlechterung der Förderbedingungen	Anpassung des Investitionskalküls; Verringerung des Förderniveaus wirkt dämpfend auf Neuinstallationen

Quelle: eigene Zusammenstellung

In den nachfolgenden Abschnitten wird technologiespezifisch zunächst das Szenario **Ausbauzielpfad** beschrieben und dann der **Aktueller politischer Kurs**.

⁸ https://www.sfv.de/media/6911/download/Netzpaket%20_%20EEG%202027%20-%20SFV_Uebersicht.pdf

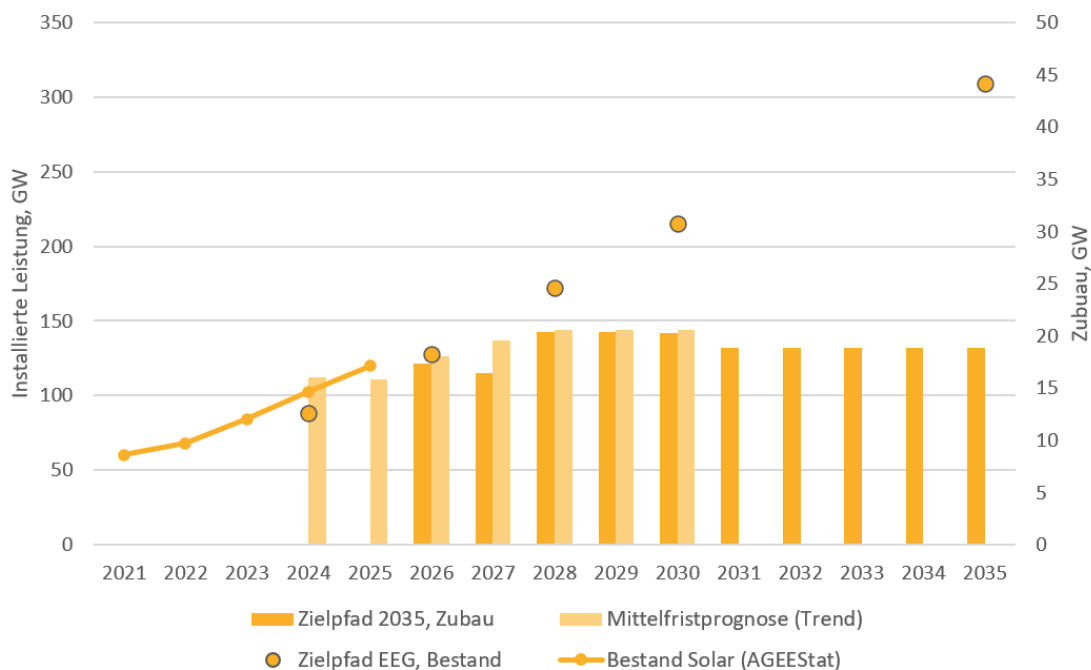
3.5. Photovoltaik

Szenario **Ausbauzielpfad**

Das EEG definiert in § 4 den Ausbaupfad für Solaranlagen (Photovoltaik). Für das Szenario **Ausbauzielpfad** wird – ausgehend vom geschätzten Anlagenbestand im Jahr 2025 – der Ausbau auf das definierte Ziel von 309 GW installierte PV-Leistung bis zum Jahr 2035 angenommen. Dieses Ziel wird im Szenario erreicht. Da bisher nur im sehr geringen Umfang PV-Anlagen dauerhaft außer Betrieb genommen und demontiert werden, wird ein Rückbau von Anlagen dabei nicht berücksichtigt. Der Bruttozubau entspricht im Szenario somit dem Nettozubau; ein zusätzlicher Zubau zum Ersatz rückgebauter Anlagen ist nicht erforderlich.

Bis 2030 orientiert sich der angenommene Ausbaupfad am Trendszenario der EEG-Mittelfristprognose 2025, was eine Zielerreichung von 215 GW bis 2030 zu Grunde legt (IE Leipzig 2025). Für den Zeitraum von 2030 bis 2035 wird linear interpoliert bis zum Zielwert im Jahr 2035 von 309 GW. Die jährlichen Neuinstallationen liegen damit für diesen Zeitraum bis 2035 bei jährlich 18,8 GW. Insgesamt bleibt der jährliche Zubau auf einem stabilen Niveau (Abbildung 3).

Abbildung 3: Ausbauzielpfad für Photovoltaik und Entwicklung des Bestands bis 2035



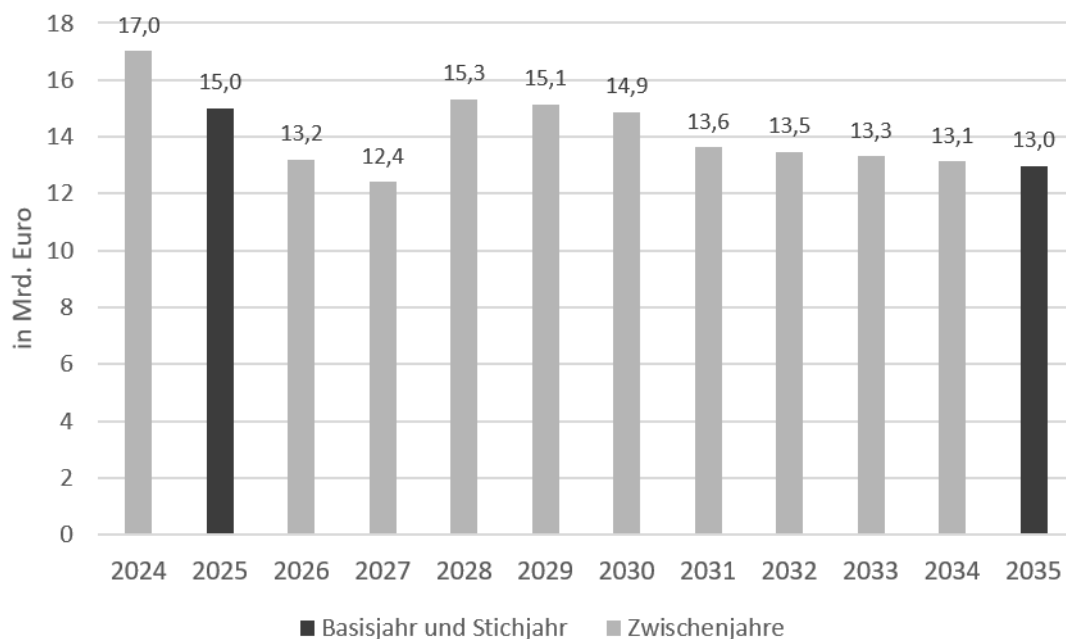
Quelle: AGEE-Stat (2026), IE Leipzig (2025), eigene Berechnungen.

Für die Systemkosten der PV-Anlagen wird im Basisjahr 2025 auf Daten des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) zurückgegriffen. Danach belaufen sich die durchschnittlichen spezifischen Investitionskosten auf rund 770 Euro pro kW. Gegenüber dem Vorjahr mit rund 880 Euro pro kW ist damit ein deutlicher Rückgang zu verzeichnen (AGEE-Stat 2026; ZSW 2026b). Nach den außergewöhnlichen Preissteigerungen in den Jahren 2022 und 2023 auf durchschnittlich über 1.100 Euro pro kW haben insbesondere die Preise für PV-Module wieder erheblich nachgelassen (Fraunhofer ISE 2024).

Es wird zwischen Photovoltaikanlagen auf, an oder in Gebäuden (PV-Dachanlagen) und Photovoltaik-Freiflächenanlagen unterschieden. Die Aufteilung des Zubaus lehnt sich an den Technologiemark des Trendszenarios der EEG-Mittelfristprognose an (IE Leipzig 2025). Im Jahr 2025 entfallen rund 66 % des Bestands an Solaranlagen auf PV-Dachanlagen. Beim jährlichen Zubau bis 2035 wird angelehnt an die Entwicklungen in der EEG-Mittelfristprognose ein Verhältnis von 60 % PV-Dachanlagen zu 40 % PV-Freiflächenanlagen angenommen. Die Kosten von Freiflächenanlagen liegen im Durchschnitt deutlich unter denen von Dachanlagen. Für die weitere Entwicklung wird angenommen, dass die Anlagenpreise langfristig weiter sinken. Fraunhofer ISE (2024) erwartet bis 2045 Kosten von rund 460 bis 590 Euro pro kW für PV-Freiflächenanlagen sowie von rund 650 bis 1.310 Euro pro kW für kleine und mittlere PV-Dachanlagen.

Die Investitionen in Photovoltaikanlagen entwickeln sich auf Grund der Kostendegression wenig dynamisch. Im Jahr 2025 machten die Investitionen in PV gut 40 % der Gesamtinvestitionen in EE-Technologien aus (AGEE-Stat 2026). Die jährlichen Neuinstallationen bis 2035 bleiben stabil, jedoch sinken die Investitionsausgaben infolge sinkender Anlagenpreise. Der abgebildete Rückgang der Investitionen ist der Abwärtsbewegung der Preise geschuldet, denn ein höherer Ausbau aufgrund des starken Rückgangs der Modulpreise deutlich weniger als in den Vorjahren mit ihren sprunghaften Preissteigerungen. Im Jahr 2035 belaufen sich die Investitionen im Szenario **Ausbauzielpfad** auf rund 13 Mrd. Euro.

Abbildung 4: Investitionen in Photovoltaikanlagen im Szenario Ausbauzielpfad bis 2035



Quelle: AGEE-Stat (2026, Basisjahr 2025), ZSW (2026a), Fraunhofer ISE (2024), eigene Berechnungen.

Aktueller politischer Kurs

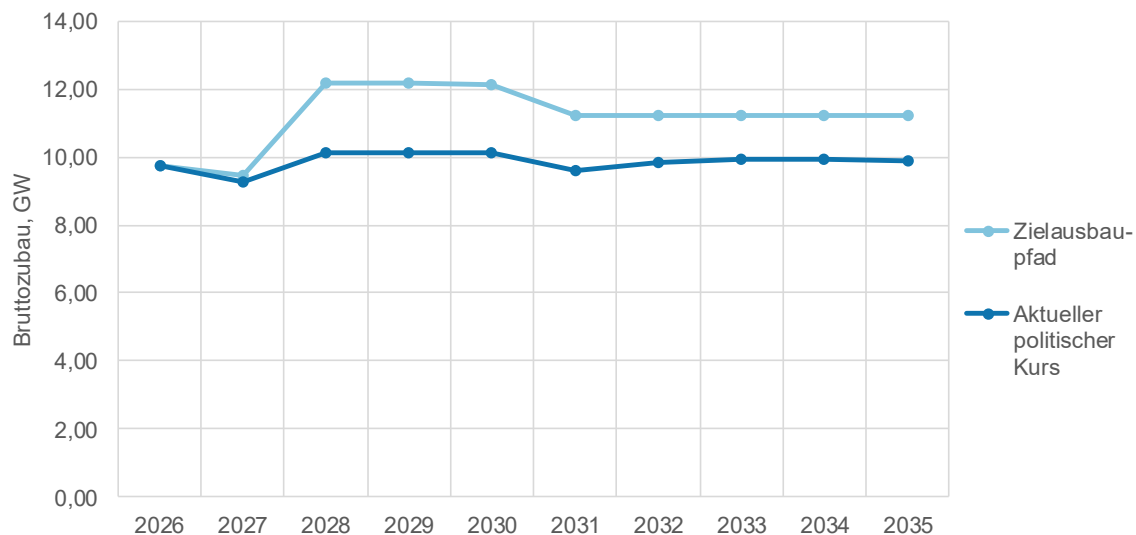
Weltweit erlebt die Photovoltaik, durch gestiegene fossile Brennstoffpreise und wettbewerbsfähige PV-Stromgestehungskosten ausgelöst, einen kleinen Boom mit insgesamt fast 500 GW Neuinstallationen im Jahr 2025 (PV Magazine 2026). In Deutschland wurde in den letzten drei Jahren ebenfalls viel Photovoltaik installiert, so dass der Ausbau in den Jahren

2023 und 2024 über dem EEG-Zielpfad lag (Schill et al. 2025). Nichtsdestotrotz war die Dynamik des Ausbaus in der Vergangenheit stark abhängig von der politischen Weichenstellung (Fingerhut & Wink 2026), woraus sich verzögernde Effekte durch Änderungen der Rahmenbedingungen ableiten lassen.

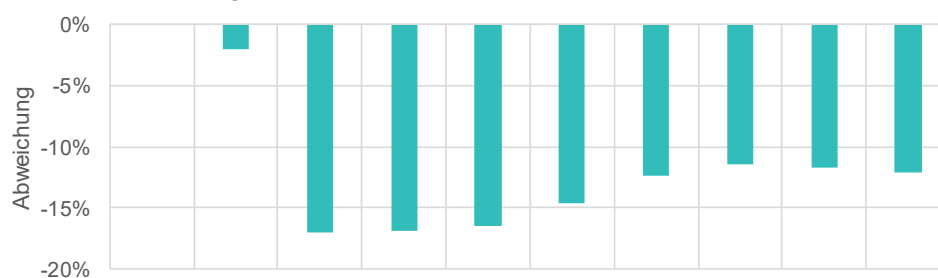
Im **Dachflächenbereich** wirken zwei unterschiedliche Motivationslagen auf die private Entscheidung für eine PV-Anlage ein. Dem Bestreben nach Autarkie steht die Furcht vor dem unbekannten Terrain der Direktvermarktung⁹ gegenüber. Die untere Variante der Mittelfristprognose sieht bereits einen deutlich geringeren Pfad für Dachinstallationen vor. Von diesem pessimistischen Trend werden weitere 3 % abgezogen. Abbildung 5 zeigt den Ausbaupfad des oben beschriebenen **Ausbauzielpfads** und unter dem **aktuellen politischen Kurs**, sowie die entsprechende Differenz in Prozent.

Abbildung 5: Ausbaupfade im Vergleich – PV-Dachanlagen

Bruttozubau nach Szenario



Relative Abweichung von "Aktueller politischer Kurs" vom Zielausbaupfad



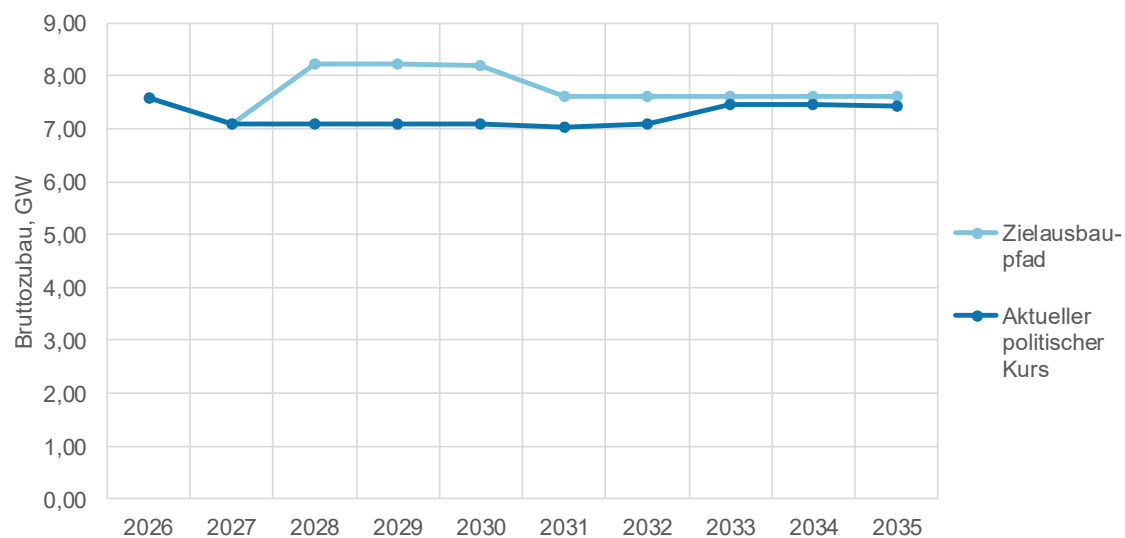
Quelle: eigene Berechnungen.

⁹ Bei der Direktvermarktung wird der Strom weiterhin eingespeist, und an der Börse, etwa an Versorger oder direkt an große Verbraucher verkauft. Technische Lösungen, die privaten Verbraucher den Börsenhandel erleichtern, stehen zunehmend zur Verfügung, müssen jedoch angeschafft werden.

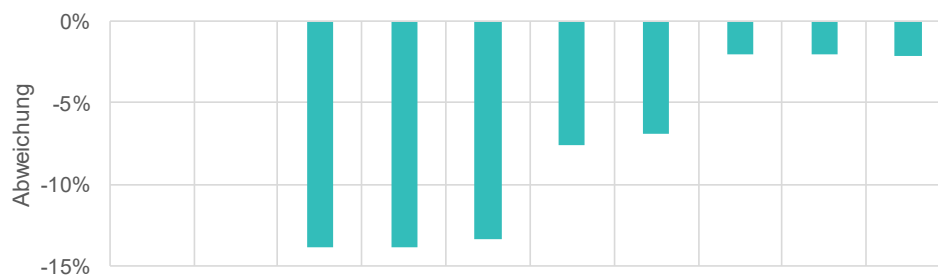
PV-Freiflächenanlagen büßen etwas an Attraktivität ein durch die Neuregelungen im EEG 2027 und durch das Netzpaket (Tabelle 3) ein. Entwicklung und Investitionsentscheidungen orientieren sich an den erzielbaren Gewinnen, die durch Contract for Differences Regelungen vermindert sind. Anstelle des Redispatch hatte die Industrie einen Vorschlag zur systemdienlichen Anschlussleistung unterbreitet (BET 2026)¹⁰. In den aktuellen Beschlüssen tritt dies in Kraft, allerdings ohne dass dafür Redispatch Lösungen gestrichen worden wären. Allerdings hat in der Vergangenheit die Kostendegression der PV zwischenzeitliche Schlechterstellungen durch die Gesetzgebung aufgewogen, und die Investition in Freiflächen PV wieder lukrativ werden lassen. Dennoch wird ein Rückgang des Zubaus auch gegenüber der unteren Variante der Mittelfristprognose in den Jahren 2028 bis 2035 um 5 % unterstellt (vgl. Abbildung 6).

Abbildung 6: Ausbaupfade im Vergleich – PV-Freiflächenanlagen

Bruttozubau nach Szenario



Relative Abweichung von "Aktueller politischer Kurs" vom Zielausbaupfad



Quelle: IE Leipzig (2025), eigene Berechnungen.

¹⁰ Systemdienliches Strommarktdesign zur Reduktion von Systemkosten und Erreichung der Klimaziele - BET Consulting GmbH

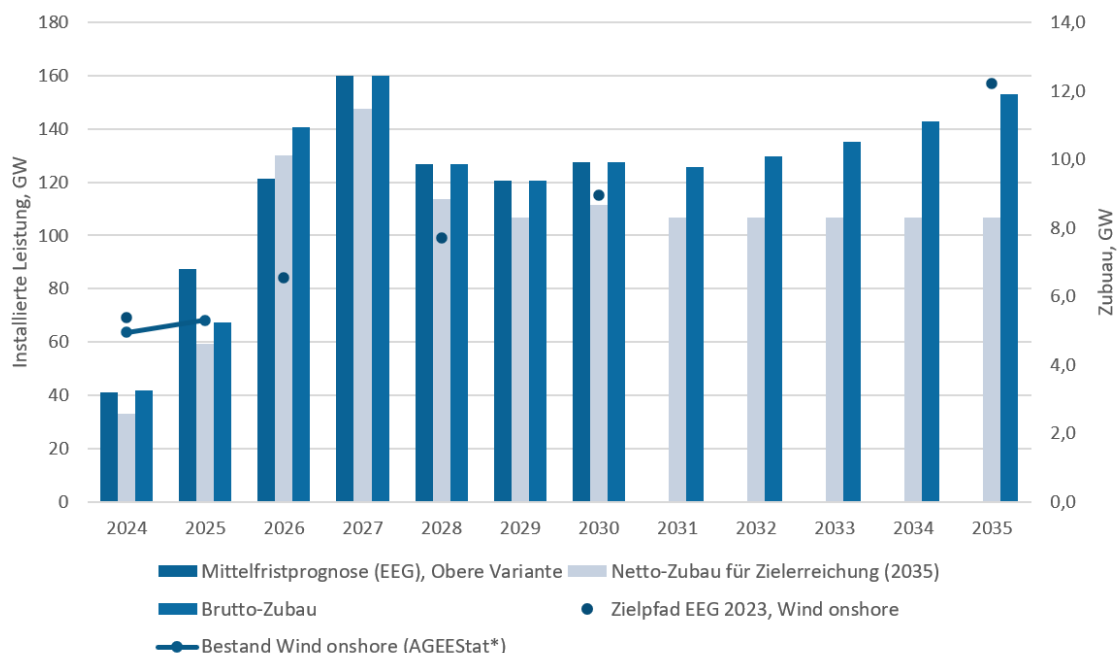
3.6. Windenergie an Land

Szenario **Ausbauzielpfad**

Das EEG sieht für die Windenergie an Land einen Ausbau auf 115 GW bis zum Jahr 2030 und auf 157 GW bis zum Jahr 2035 vor. Im vorliegenden Szenario **Ausbauzielpfad** steht insbesondere die Erreichung des Ausbauziels für 2035 im Mittelpunkt. Der Ausbaupfad wird ausgehend vom geschätzten Anlagenbestand des Jahres 2025 (68 GW, AGEE-Stat 2026) modelliert. Bis 2030 orientiert er sich an der oberen Variante der EEG-Mittelfristprognose, in dem das Ziel von 115 GW bis 2030 erreicht wird (IE Leipzig 2025); Für den Zeitraum von 2030 bis 2035 wird ein weiterer Hochlauf unterstellt und der Bestand linear bis zum Zielwert von 157 GW interpoliert.

Neben dem Ausbau der installierten Leistung ist der zunehmende Rückbau älterer Anlagen zu berücksichtigen. Die obere Variante der EEG-Mittelfristprognose erwartet bis 2030 kontinuierlich steigende Stilllegungen und berücksichtigt dabei Annahmen zum Weiterbetrieb bestehender Anlagen sowie zum Repowering. Für das Jahr 2030 werden Stilllegungen in Höhe von 1,25 GW übernommen. In den Folgejahren nimmt der Rückbau weiter zu. Ausgehend von der Dynamik der Jahre 2029 und 2030 summieren sich die Stilllegungen im Zeitraum von 2031 bis 2035 auf mehr als 12 GW. Dies entspricht grundsätzlich der Altersstruktur des Anlagenbestands: Ein erheblicher Teil der im Jahr 2025 bereits zehn bis fünfzehn Jahre alten Anlagen erreicht in diesem Zeitraum ein Alter, in dem Repowering oder Stilllegung zunehmend relevant werden (Deutsche Windguard 2026).

Abbildung 7: Ausbauzielpfad für Windenergie an Land und Entwicklung des Bestands bis 2035



Quelle: AGEE-Stat (2026), IE Leipzig (2025), eigene Berechnungen.

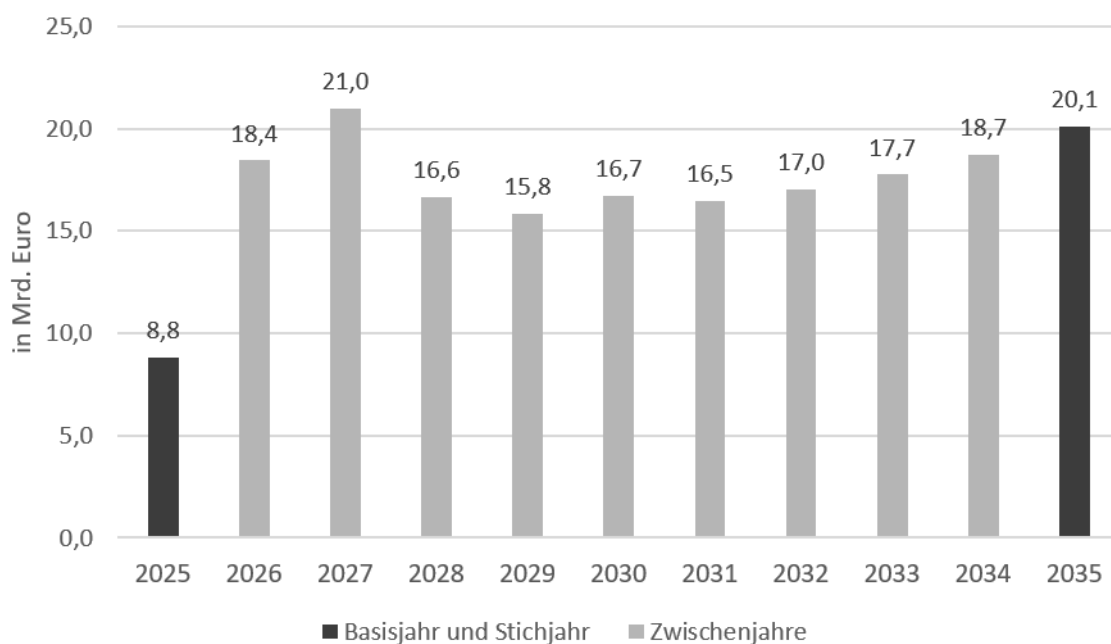
Zur Erreichung des Zielbestands müssen die Neuinstallationen daher nicht nur den Nettoausbau, sondern auch den Ersatz für zurückgebaute Anlagen sicherstellen. Der

Bruttozubau steigt im Szenario **Ausbauzielfad** deutlich an und erreicht im Jahr 2035 rund 11,9 GW. Der Ausbaupfad setzt voraus, dass Genehmigungs-, Planungs- und Realisierungsprozesse weiter beschleunigt sowie Flächen, Netzanbindungen und Produktionskapazitäten in ausreichendem Umfang bereitgestellt werden. Abbildung 7 zeigt den Ausbauzielfad und die Bestandsentwicklung für Windenergieanlagen an Land bis 2035.

Die spezifischen Systemkosten von Windenergieanlagen an Land lagen nach Angaben des ZSW im Basisjahr 2025 bei durchschnittlich rund 1.690 Euro pro kW. Gegenüber dem Jahr 2022 mit rund 1.610 Euro pro kW ergibt sich damit ein leichter Kostenanstieg (AGEE-Stat 2026; ZSW 2026b). Für die weitere Entwicklung wird im Durchschnitt keine wesentliche Kostendegression unterstellt. Die Technologie der Windenergie an Land ist weitgehend ausgereift. Veränderungen der spezifischen Investitionskosten werden daher vor allem durch Entwicklungen bei Material- und Personalkosten bestimmt (Fraunhofer ISE 2024).

Zugleich ist ein Trend zu leistungsstärkeren Anlagen mit größeren Rotoren und höheren Nabenhöhen zu beobachten. Diese Anlagen verursachen im direkten Vergleich höhere Investitionskosten, insbesondere aufgrund des größeren Material- und Bauaufwands. Dem stehen jedoch in der Regel höhere Energieerträge und eine bessere Nutzung geeigneter Standorte gegenüber. Für den Investitionspfad wird daher mit annähernd konstanten spezifischen Kosten von rund 1.690 Euro pro kW gerechnet.

Abbildung 8: Investitionen in Windenergie-an-Land-Anlagen im Szenario Ausbauzielfad bis 2035



Quelle: AGEE-Stat (2026), ZSW (2026a), eigene Berechnungen.

Die Investitionen in Windenergieanlagen an Land müssen zur Umsetzung des Ausbaupfads erheblich steigen. Im Jahr 2025 lagen sie bei insgesamt 8,8 Mrd. Euro und machten damit rund 24 % der Gesamtinvestitionen in EE-Technologien aus (AGEE-Stat 2026). Im Jahr 2035 erreichen die Investitionen rund 20,1 Mrd. Euro. Gegenüber dem Niveau des Jahres 2025 entspricht dies einem Anstieg um etwa 128 %. Der starke Investitionsanstieg ist vor

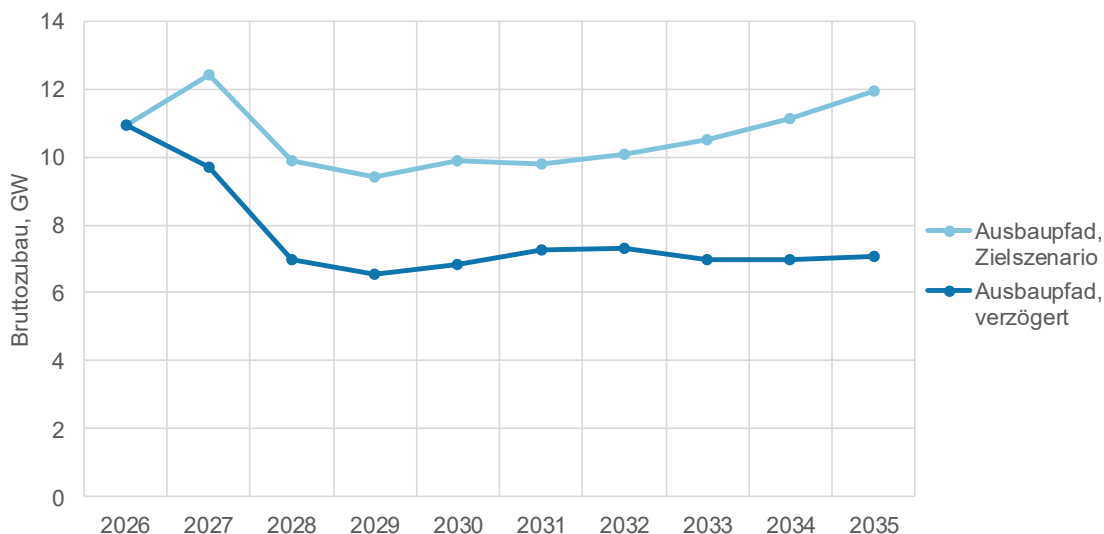
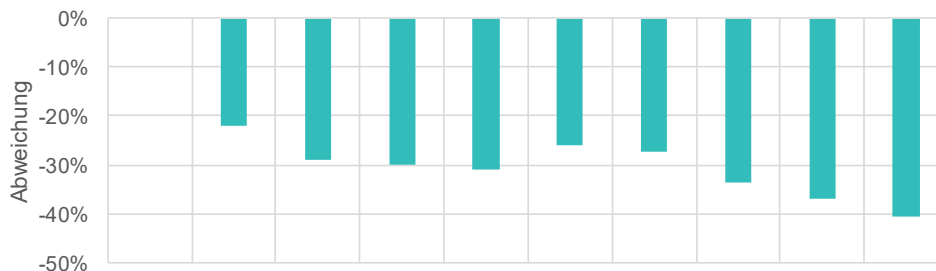
allem auf die deutlich zunehmenden Neuinstallationen einschließlich des Ersatzbedarfs für zurückgebaute Anlagen zurückzuführen, während von den spezifischen Systemkosten kaum entlastende Effekte ausgehen.

Aktueller politischer Kurs

Die Windenergie an Land reagierte auf eine Verschlechterung der Rahmenbedingungen in der Vergangenheit verzögert aber deutlich und nachhaltig (Ludwig et al. 2023). Darüber hinaus ist bei der Windenergie an Land die Stilllegung, oftmals als erster Schritt zum Repowering, ein erheblicher Faktor. Ende 2025 hatten die Windenergieanlagen an Land ein rechnerisches Durchschnittsalter von 15,5 Jahren (Deutsche Windguard 2026). Die Altersstruktur variiert nach Bundesländern und Größenklassen. Beispielsweise haben Anlagen der Größenklasse zwischen einem und zwei Megawatt ein durchschnittliches Alter von 20,4 Jahren und den größten Anteil von mehr als 20 Jahren alter Anlagen im Landesbestand weisen Sachsen und Sachsen-Anhalt auf, allerdings bei geringer installierter Leistung von weniger als 1,5 GW und knapp 6 GW. Daher wird unter den Annahmen des **Aktuellen politischen Kurses** sowohl der Neuzugang reduziert als auch die Zahl der Stilllegungen entsprechend der unteren Variante der Mittelfristprognose erhöht.

Der Neubau liegt als Reaktion auf die verschlechterten Rahmenbedingungen durch die Kapazitätslimitierung für Netzanschlussbegehren, die Kosten von Redispatch, die Baukostenzuschüsse zum Netzausbau und die geringeren Gewinne durch die Contracts for difference sowie durch die gestiegen Marktunsicherheit bezüglich neuer Resilienzausschreibungen und erwartbaren Kostensteigerungen ab 2028 um 8 % unter der unteren Variante der Mittelfristprognose. Dies bildet unter anderem ab, dass der Zubau bis 2028 überwiegend genehmigt und begonnen ist und eine reduzierte Investitionsneigung erst später zum Tragen kommt.

Der **Aktuelle politische Kurs** wirkt aus mehreren Gründen besonders verzögernd auf den Ausbau der Windenergie. Wie oben beschrieben, sind keine erheblichen Kostenreduktionen erwartbar, die – wie bei der Photovoltaik – gegenüber sich verschlechternden Rahmenbedingungen weiterhin gute Gewinne garantieren könnten. Die Profitabilität eines Windparks hängt stark davon ab, dass der erzeugte Windstrom eingespeist und vergütet werden kann. Zum anderen werden Reaktionen auf Änderung der Förderung aufgrund des langen Planungs- und Genehmigungsvorlaufs oft erst mit erheblicher Zeitverzögerung sichtbar.

Abbildung 9: Ausbaupfade im Vergleich – Windenergie an Land**Bruttozubau nach Szenario****Relative Abweichung des verzögerten Szenarios zum Zielszenario**

Quelle: IE Leipzig (2025), eigene Berechnungen.

3.7. Windenergie auf See

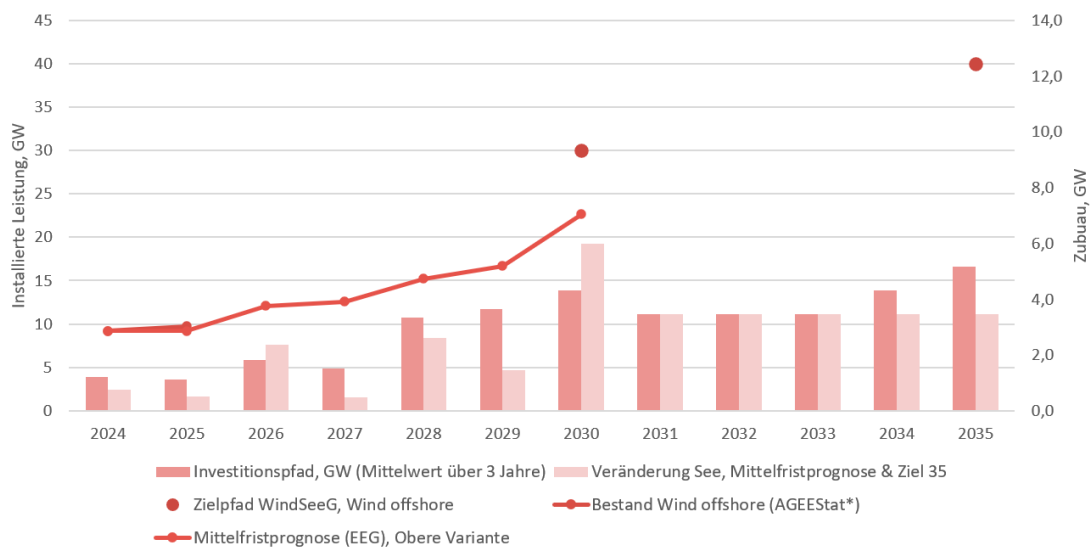
Szenario **Ausbauzielpfad**

Im Szenario **Ausbauzielpfad** steht insbesondere die Erreichung des Ziels von 40 GW im Jahr 2035 im Mittelpunkt. Bis 2030 dient die obere Variante der EEG-Mittelfristprognose als Grundlage, welche Genehmigungsverfahren und Umsetzungsplanungen der einzelnen Offshore-Windparks in Nord- und Ostsee mit berücksichtigt (IE Leipzig 2025). Die obere Variante der EEG-Mittelfristprognose geht davon aus, dass Ende 2030 rund 22,7 GW Windenergieanlagen auf See im Bestand sein werden. Das gesetzliche Zwischenziel von 30 GW wird damit nicht erreicht.

Die Auswertungen des Deutsche Windguard (2026) zeigen demgegenüber einen höheren erwarteten Zubau bis 2034. Danach könnten bis 2030 rund 24 GW installiert sein. Ab dem Jahr 2030 würde der jährliche Zubau auf mehr als 5 GW ansteigen. Dies entspricht grundsätzlich auch der Offshore-Vereinbarung vom November 2022, nach der bis 2035 bereits 50 GW installiert sein sollen (BMWK 2022). Unter diesen Annahmen würde das gesetzliche Ziel von 40 GW bereits im Jahr 2033 erreicht. Im vorliegenden Szenario **Ausbauzielpfad** wird jedoch bis 2030 der konservativere Ausbaupfad der oberen Variante der EEG-Mittelfristprognose zugrunde gelegt. Für den Zeitraum von 2030 bis 2035 wird anschließend linear bis zur Zielerreichung von 40 GW interpoliert.

Für die Ableitung des Investitionspfads ist zu berücksichtigen, dass zwischen der Investitionsentscheidung, der Bauphase und dem Netzanschluss eines Offshore-Windparks mehrere Jahre liegen. Die Neuinstallationen bilden daher nur begrenzt die jährlichen Investitionen ab. Analog zum bisherigen Ansatz wird die Zubau-Zeitreihe über einen Dreijahresvorlauf geglättet (Ulrich et al. 2024). Der so gebildete Zubau-Indikator bildet insbesondere die Planungs- und Bauaktivitäten der Projekte ab. In den Jahren 2034 und 2035 steigt dieser Indikator nochmals deutlich an, da bereits die ambitionierte Zielerreichung bis 2045 und der hierfür erforderliche weitere Ausbau berücksichtigt werden.

Abbildung 10: Ausbauzielpfad für Windenergie auf See und Entwicklung des Bestands bis 2035



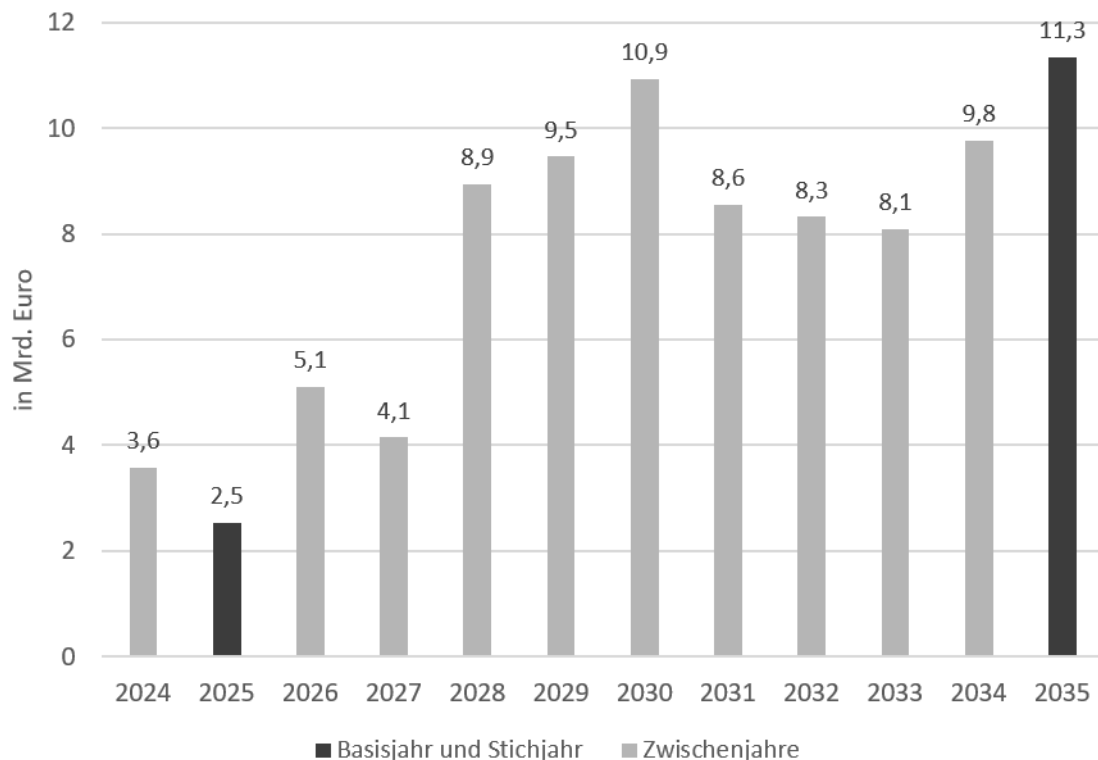
Quelle: AGEE-Stat (2026), IE Leipzig (2025), eigene Berechnungen.

Die langfristige und kapitalintensive Realisierung von Offshore-Windparks erschwert weiterhin die empirische Bestimmung spezifischer Systemkosten. Im Basisjahr 2025 lagen die Gesamtinvestitionen in Offshore-Windenergieanlagen bei rund 2,5 Mrd. Euro, was etwa 7 % der Gesamtinvestitionen in erneuerbare Energietechnologien ausmacht (AGEE-Stat 2026). Für die Abschätzung der spezifischen Kosten wird auf die zuletzt realisierten Offshore-Windparks sowie auf Angaben aus der Literatur zurückgegriffen. Die Projekte Arcadis Ost 1, Baltic Eagle, Gode Wind 3 und Borkum Riffgrund 3 weisen jeweils spezifische Installationskosten von weniger als 4.000 Euro pro kW auf. Im Durchschnitt lässt sich daraus ein Kostensatz von rund 2.800 Euro pro kW ableiten (Fraunhofer ISE 2024). Dieser Wert wird für das Jahr 2026 als Ausgangspunkt angesetzt.

Neuere Analysen gehen davon aus, dass die Kosten von Offshore-Windenergie künftig stärker sinken können als in früheren Studien angenommen. In Anlehnung an die Kostenannahmen des Fraunhofer ISE (2024) wird daher eine lineare Kostendegression von 2.800 Euro pro kW im Jahr 2026 auf 2.200 Euro pro kW im Jahr 2035 unterstellt. Kostensenkend wirken dabei insbesondere Skaleneffekte, technische Weiterentwicklungen und wachsende Erfahrungen bei Planung, Installation und Betrieb. Dem stehen jedoch steigende Anforderungen durch weiter entfernte Standorte, größere Anlagenleistungen und den Ausbau der Infrastruktur auf See gegenüber.

Die Investitionen in Offshore-Windenergie steigen im Szenario **Ausbauzielpfad** trotz der unterstellten Kostendegression deutlich an. Ausschlaggebend ist der kräftige Anstieg der Neuinstallationen nach 2030. Die sinkenden spezifischen Kosten dämpfen den Anstieg der Investitionsausgaben insbesondere in den späteren Jahren, können den Effekt des zunehmenden Ausbaurvolumens jedoch nicht ausgleichen. Der Investitionspfad erreicht daher in den Jahren 2034 und 2035 ein hohes Niveau von 9,8 bzw. 11,3 Mrd. Euro und spiegelt zugleich bereits die für das Ziel von 70 GW im Jahr 2040 erforderliche Vorlaufphase wider.

Abbildung 11: Investitionen in Windenergie-auf-See-Anlagen im Szenario Ausbauzielpfad bis 2035



Quelle: AGEE-Stat (2026, Basisjahr 2025), ZSW (2026a), eigene Berechnungen.

Aktueller politischer Kurs

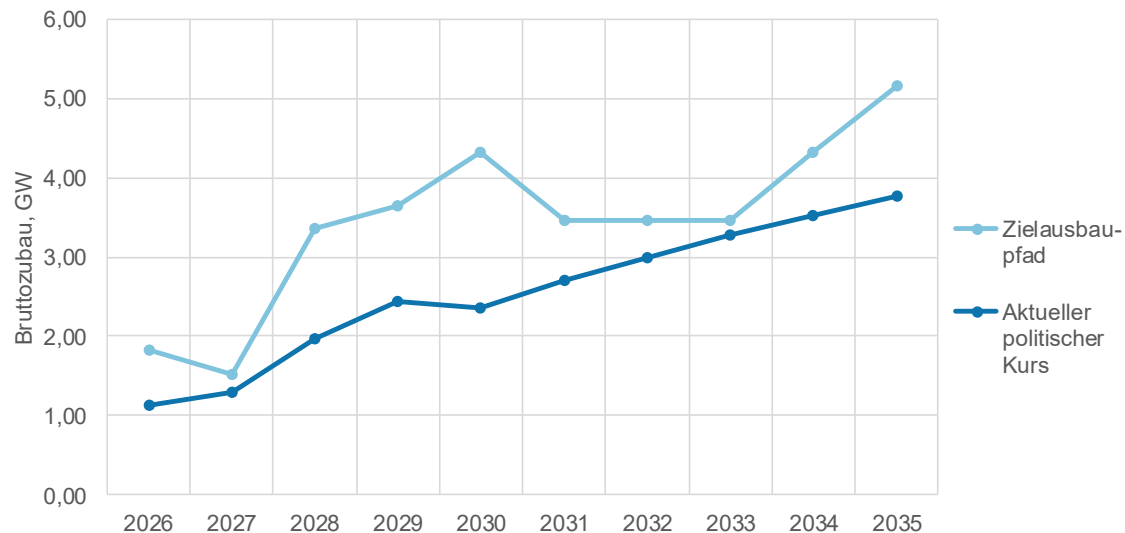
Das Windenergie-auf-See-Gesetz (WindSeeG) hält in seiner novellierten Fassung vom 2. September 2026 am Ausbauziel von 70 GW bis zum Jahr 2045 fest und sieht einen Korridor von durchschnittlich 3GW Neuinbetriebnahme pro Jahr ab dem Jahr 2035 als hinreichend für die Erreichung dieses Ziels an. Während die geplante Ausschreibungsmenge auch für die Jahre vor 2035 künftig jährlich zwischen 2 und 4,8 GW kann, wurde die Betriebsdauer von 25 auf 35 Jahre erhöht. Die Reaktionen der Industrie sind uneindeutig; zum einen wird der Rechtsrahmen begrüßt, auch nach den erfolglosen letzten Ausschreibungsrunden, aber zum anderen das zweistufige Ausschreibungsmodell kritisiert, bei dem die Contracts for Difference erst greifen, wenn sich kein Unternehmen bereit erklärt, ein Projekt ohne Absicherung zu realisieren (Bundesrat 2026).

Daher wird im Szenario des verzögerten Ausbaus die untere Variante der Mittelfristprognose angelegt und bis 2035 fortgeschrieben. Für den Ausbau der Windenergie auf See wird

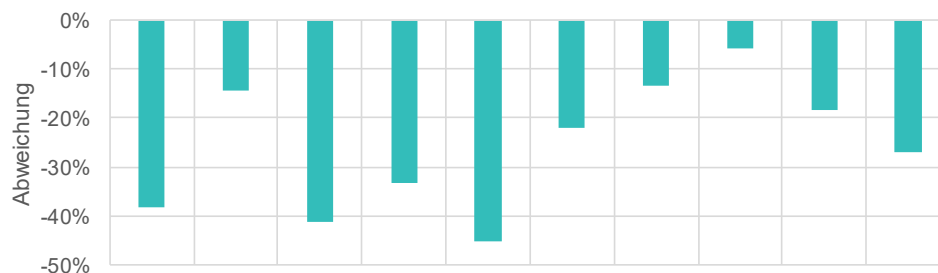
eine einfache Trendschätzung über die Jahre 2024 bis 2030 zur Fortschreibung genutzt. Die Unterschiede des Bruttozubaues zwischen dem **Ausbauzielpfad** und dem **Aktuellen politischen Kurs** sind in Abbildung 12 dargestellt. Kumuliert fällt der Zubau unter dem **Aktuellen politischen Kurs** um mehr als 8 GW niedriger aus bis 2035.

Abbildung 12: Ausbaupfade im Vergleich – Windenergie auf See

Bruttozubau nach Szenario (Mittelwert im Drei-Jahres-Vorlauf)



Relative Abweichung von "Aktueller politischer Kurs" vom Zielausbaupfad



Quelle: eigene Berechnungen.

3.8. Sonstige Großanlagen, Strom

Szenario **Ausbauzielpfad**

Das Potenzial der **Wasserkraft** in Deutschland ist mit rund 23 TWh jährlicher Stromerzeugung nahezu ausgeschöpft (UBA 2025). Im Szenario **Ausbauzielpfad** ist der Anlagenbestand angelehnt an die EEG-Mittelfristprognose, Trend Variante, quasi konstant bei 1,6 GW. Neuinstallationen von 4 bis 6 MW jährlich dienen hauptsächlich dem Erhalt und Ersatz von Stilllegungen. Für den Ausbau werden konstante spezifische Kosten von rund 2.240 Euro pro kW angenommen (ZSW 2026a), so dass sich für 2035 geringfügige Investitionen von rund 13 Mio. Euro ergeben.

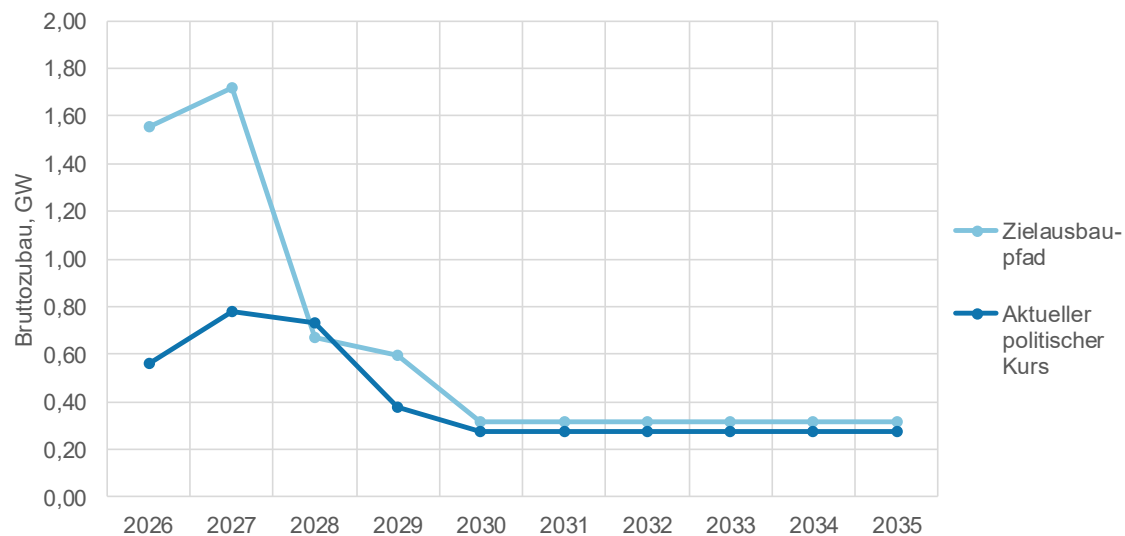
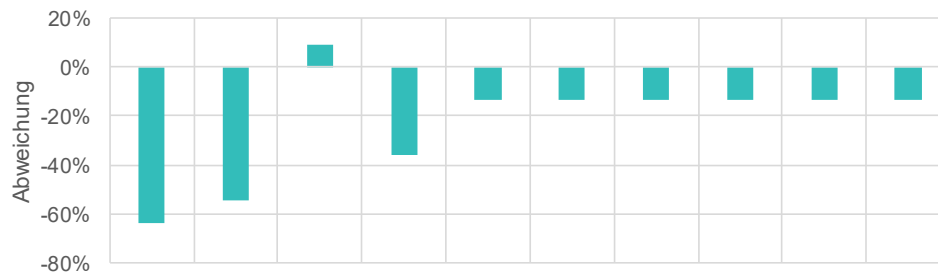
Die Stromerzeugung aus **tiefer Geothermie** stagniert seit 2020 bei rund 45 bis 52 MW und trägt nur etwa 0,1 % zum erneuerbaren Strom bei. Deutschlandweit gibt es aktuell zwei geothermische Anlagen mit reiner Stromerzeugung sowie neun weitere, welche kombiniert Wärme und Strom erzeugen. Nur eine von 18 sich im Bau befindlichen Anlagen soll auch

Strom erzeugen (Bundesverband Geothermie 2026). Ausschlaggebend hierfür ist vor allem die geologische Eignung nur weniger Regionen mit nutzbaren Temperaturen von 70-140°C sowie ökonomische Aspekte, da Tiefbohrungen sehr kapitalintensiv und stark standortspezifisch sind. Außerdem liegen die Stromgestehungskosten weit über den von PV und Wind und es gibt keine Anhaltspunkte, dass sie zukünftig sinken (BUND 2019). International wird bei künftigen „Enhanced Geothermal Systems“ ein deutlich größeres, kostengünstigeres Potenzial gesehen, doch aufgrund der genannten Hemmnisse konzentriert sich die Nutzung der Tiefengeothermie in Deutschland zunehmend auf die Wärme- statt auf die Stromerzeugung (IEA 2024; Kassem & Moscariello 2025). Im Szenario **Ausbauzielpfad** folgt der Ausbau bis 2030 der oberen EEG-Mittelfristprognose mit jährlich 6 MW Zubau ohne Rückbau. Dieser Zubau wird bis 2035 fortgeschrieben. Aufgrund hoher, standortabhängiger Bohrkosten ist eine deutschlandspezifische Kostenabschätzung sehr schwierig und es wird keine Kostendegression unterstellt. Die Investitionen lagen 2025 bei 88 Mio. Euro (ZSW 2026a) und werden auf dem Niveau bis 2035 konstant fortgeschrieben.

Bei Anlagen zur Stromerzeugung aus Biomasse werden **Biogas- und Biomasse-Heizkraftwerke** auf Basis fester Biomasse unterschieden. Das EEG 2023-Ziel von 8,4 GW installierter Biomasseleistung wurde bereits überschritten. Wirtschaftlich erschwert wird ein Neubau zudem durch die Stromgestehungskosten: Für Biogasanlagen liegen sie laut Fraunhofer ISE (2024) bei 20,2 bis 32,5 ct/kWh mit langfristig eher steigender Tendenz (bis 2045 auf 25,4 bis 43,3 ct/kWh) aufgrund steigender Substratpreise, während Anlagen mit fester Biomasse mit 11,5 bis 23,5 ct/kWh zwar günstiger sind, laut dem Verband kommunaler Unternehmen (VKU) (2025) aber ebenfalls vor allem für KWK und Wärmenetze relevant bleiben und im Stromnetz nur ergänzend wirken. Künftig gewinnt somit Biomasse vor allem als Flexibilitäts- und Resilienzoption im Stromsystem an Bedeutung (IZES 2025; VKU 2025). Die EEG-Mittelfristprognose, Obere Variante, erwartet bis 2030 einen Anstieg des Bestands auf rund 11,4 GW, vor allem durch Repowering bestehender Anlagen; Neubau bleibt hingegen begrenzt. Da zwischen 2009 und 2011 besonders viele Anlagen errichtet wurden, ist nach Ablauf der 20-jährigen EEG-Förderung ein hoher Anteil an Repowering zu erwarten. Ab 2031 wird ein konstanter Zubau auf dem Niveau von 2030 angenommen. Für Biogas- und Biomasse-Heizkraftwerke wird keine wesentliche Kostendegression unterstellt, da die zentralen Technologien ausgereift sind. Die Investitionen steigen bis 2035 auf rund 381 Mio. Euro, davon etwa 303 Mio. Euro für Biogasanlagen und 78 Mio. Euro für Biomasse-Heizkraftwerke.

Aktueller politischer Kurs

Die übrigen Stromerzeugungstechnologien haben aus unterschiedlichen Gründen wie oben beschrieben an Bedeutung verloren. Das Potential der großen Wasserkraft gilt als ausgeschöpft in Deutschland und die Veränderungen des Wasserhaushalts durch weniger Schneeschmelze und Niederschläge verringern das Potential in Zukunft (UBA 2025). Der Ausbau von Geothermie, sowie die Nutzung von Biogas oder Biomasse zur Stromerzeugung stagnieren auf niedrigem Niveau. Unter dem **Aktuellen politischen Kurs** entspricht daher dem Ausbau dieser Technologien im unteren Szenario der Mittelfristprognose und schreibt den letzten prognostizierten Jahreswert (2030) konstant fort. Im Ergebnis finden für Geothermie-Großanlagen und Wasserkraftanlagen nun keine Investitionen mehr statt. Abbildung 13 gibt eine Übersicht über die Ausbaupfade im Bereich Biomasse.

Abbildung 13: Szenariovergleich in GW – Biomasse (Biogas und Biomasse-HKW)**Bruttozubau nach Szenario, Biogas und Biomasse-HKW****Relative Abweichung von "Aktueller politischer Kurs" vom Zielausbau-pfad**

Quelle: IE Leipzig (2025), eigene Berechnungen.

3.9. Wärmepumpen

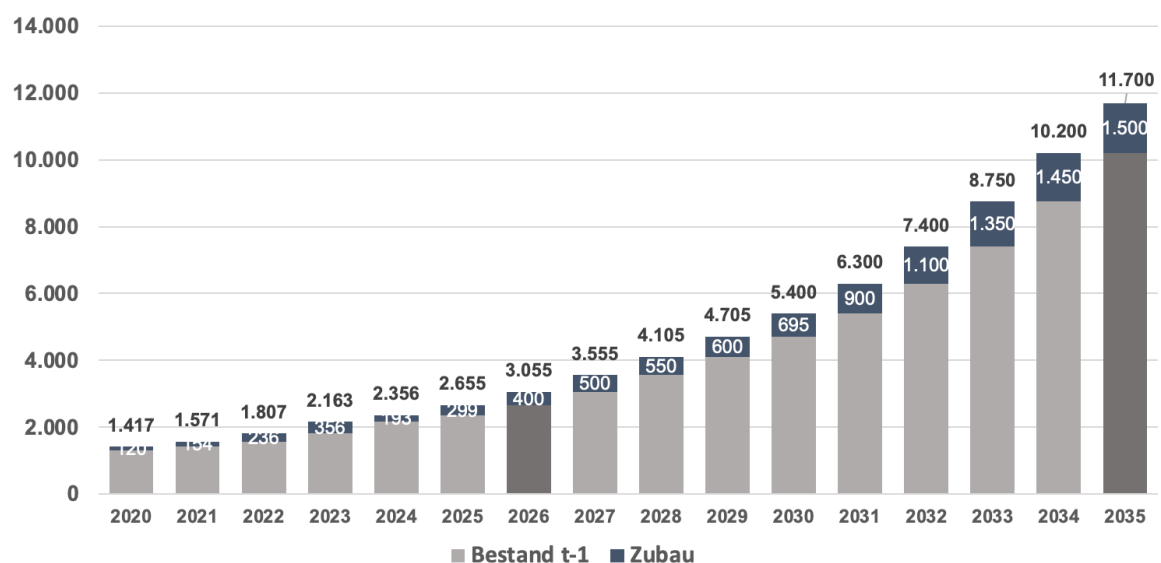
Ausbauzielpfad

Die Ausbauziele für Wärmepumpen orientieren sich im Szenario **Ausbauzielpfad** an den Größenordnungen der aktuellen Langfristszenarien, die im Auftrag der Bundesregierung erarbeitet wurden (Sensfuß et al. 2021). Unter den unterschiedlichen Szenariovarianten wurde das Szenario T45 Strom ausgewählt, welches im Hinblick auf die Wärmebereitstellung im Gebäudebereich vorrangig auf Wärmepumpen setzt. Es ist also in seinen Ausbauzielen als anspruchsvoll und zielführend im Hinblick auf das Ziel der Klimaneutralität im Jahr 2045 einzuordnen. Das Szenario definiert Zwischenziele für die Jahre 2030 und 2035, die in die Ausgestaltung des Zielszenario eingeflossen sind. Das Szenario T45 Strom ist in seiner quantitativen Ausgestaltung ähnlich zum Szenario 2 (Ziel), wie es vom Branchenverband Bundesverband Wärmepumpe e.V. (bwp) in seiner aktuellen Branchenstudie 2026 (BWP 2026) skizziert wird.

Ausgehend von einem Bestand von gut 3 Millionen Wärmepumpen zu Anfang des Jahres 2026 wird im Ausbauzielpfad davon ausgegangen, dass der Bestand an Wärmepumpen über 5,4 Millionen im Jahr 2030 auf 11,7 Millionen Einheiten im Jahr 2035 ansteigt.¹¹

Der Zubau von Wärmepumpen wurde zuletzt zunehmend von Luft-Wasser-Wärmepumpen (Luft-Wasser-WP) getragen, der Anteil dieses Typs an den gesamten Einheiten des Zubaus lag im Jahr 2025 bei 95 %. Es wird davon ausgegangen, dass dieser hohe Anteil an Luft-Wasser-WP auch in Zukunft bis zum Jahr 2035 bestehen bleibt und einen Wert von 92 % erreicht. Sole/Wasser-Wasser-WP bleiben damit im gesamten Betrachtungszeitraum von untergeordneter Bedeutung.

Abbildung 14: Neuinstallationen und Bestand an Wärmepumpen im Szenario Ausbauzielpfad bis zum Jahr 2035 in 1.000 Stück



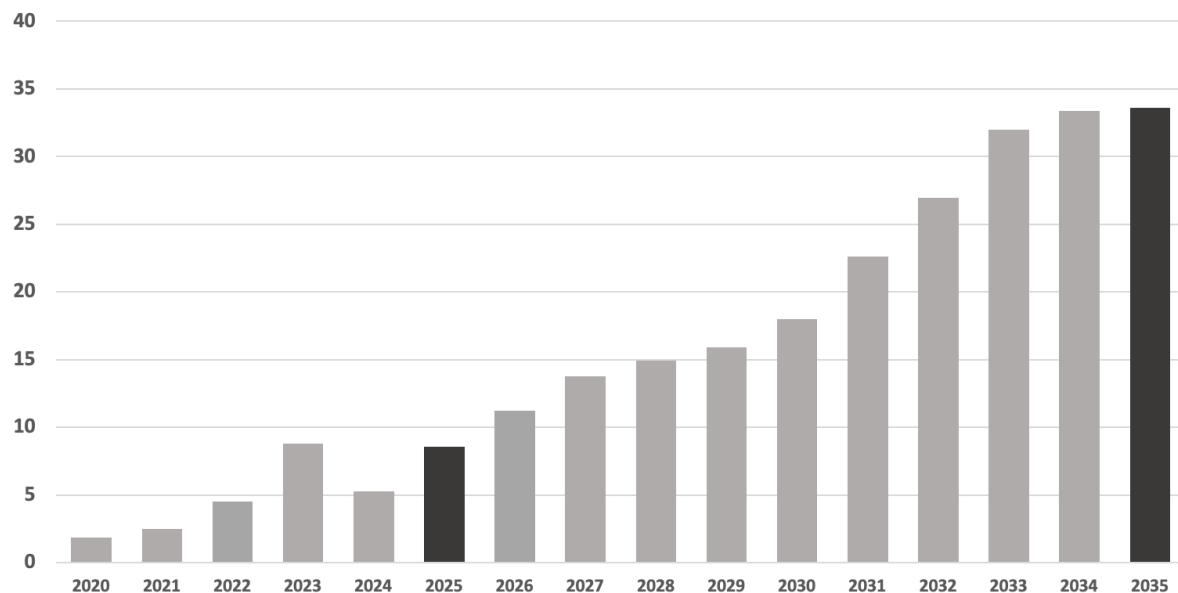
Quelle: Eigene Berechnungen.

Es wird deutlich, dass die Neuinstallationen im Szenario **Ausbauzielpfad** im Zeitablauf dynamisch anwachsen müssen, um die angestrebten Bestandsgrößen im Jahr 2030 und 2035 zu erreichen. Ausgehend von rund 300 Tsd. Einheiten im Jahr 2025 sind im Jahr 2030 schon knapp 700 Tsd. Einheiten und im Jahr 2035 1,5 Millionen neuinstallierte Einheiten notwendig, um die Vorgaben des Szenarios **Ausbauzielpfad** zu erreichen.

¹¹ Als weitere Ausbauziele für Wärmepumpen wird im Szenario T45 Strom von einem Bestand an Wärmepumpen in Höhe von 15,7 Millionen im Jahr 2040 und von 18,3 Millionen im Jahr 2045 ausgegangen. Im Jahr 2045 sind im Szenario T45 Strom alle fossil befeuerten Heizkessel aus dem Bestand ausgeschieden, Biomasse-basierte Anlagen spielen mit 384.000 Einheiten praktisch keine Rolle mehr. Die gesamte Wärme wird dann über Wärmepumpen oder zu einem geringeren Teil (5,4 Millionen Einheiten) über Wärmenetze zur Verfügung gestellt. Der Ausbau der Fernwärme, der weitgehend klimaneutral erfolgen soll, bleibt hier außer Betracht. Technisch soll die zukünftige Bereitstellung von Wärme in Fernwärmenetzen zu einem erheblichen Teil durch Großwärmepumpen erfolgen.

Die Systemkosten werden auf Basis von Angaben des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) und in Abstimmung mit Ergebnissen der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) ermittelt. Dabei wird nach Luft-Wasser-WP und Sole-Wasser-WP bzw. Wasser-Wasser-WP unterschieden, wobei die letzteren einen um etwa 35 % höheren Systempreis aufweisen. Dieses Verhältnis bleibt bis zum Jahr 2035 unverändert. Es wird davon ausgegangen, dass die Systempreise sich im Zeitraum 2026 bis 2028 jährlich um 2 % verringern, danach wird bis zum Jahr 2032 von einem Rückgang um 2,5 % und ab 2033 um 3 % ausgegangen. Dies ist Ausdruck der stark ansteigenden Neuinstallationen, die in der Produktion – vor allem durch Economies of Scale – zu Effizienzgewinnen und bei intensivem Wettbewerb auch mit ausländischen Herstellern zu moderaten Rückgängen der Systempreise führen.

Abbildung 15: Investitionen in Wärmepumpen im Szenario Ausbauzielpfad bis 2035 in Mrd. Euro



Quelle: Eigene Berechnungen.

Unter diesen Annahmen steigen die Investitionen in Wärmepumpen unter dem **Ausbauzielpfad** von 8,6 Mrd. Euro im Jahr 2025 auf 33,6 Mrd. Euro im Jahr 2035. Dies entspricht einer Vervielfachung der Investitionen über einen Zeitraum von 10 Jahren und unterstreicht noch einmal die Herausforderungen, die im Wärmebereich bestehen, um das Ziel der Klimaneutralität bis zum Jahr 2045 zu erreichen. Es bedarf also der Mobilisierung von Investitionskapital in erheblichem Umfang, um die Ziele einer anspruchsvollen Wende im Wärmebereich zu erreichen.

Aktueller politischer Kurs

Im Zuge der Diskussionen in der jetzigen Koalition um die Neugestaltung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) gab es in der Öffentlichkeit und bei den relevanten Akteuren erhebliche Unsicherheit, welche Änderungen sich bei der Novellierung des Gesetzes unter dem geänderten Namen Gebäudemodernisierungsgesetz (GModG) letztlich ergeben würden. Diese Unsicherheit ist mit dem Inkrafttreten des geänderten Gesetzes am 29. Juli 2026 nunmehr aufgelöst. Ein wesentlicher Baustein ist sicherlich die Abschaffung der Verpflichtung, dass neu eingebaute Heizungen mindestens 65 % ihrer Wärme aus erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme bereitstellen müssen. Stattdessen soll die Wahlmöglichkeit ("Technologieoffenheit") zwischen unterschiedlichen Heizungsoptionen wie Wärmepumpen, Wärmenetzanschlüssen, Biomasse- und Hybridheizungen sowie Gas- und Ölheizungen weiterhin bestehen bleiben. Gleichzeitig werden für fossile Heizungen, die nach dem Inkrafttreten des GModG im Gebäudebestand eingebaut werden, Anforderungen an den schrittweisen Einsatz klimaneutraler bzw. erneuerbarer Brennstoffe eingeführt. Hierzu zählen laut §43 GModG Biomethan, Bioöl, biogenes Flüssiggas, grüner, blauer, orangener oder türkiser Wasserstoff einschließlich daraus hergestellter Derivate. Ab dem Jahr 2029 ist hierfür ein steigender Anteil erneuerbarer Brennstoffe vorgesehen (sogenannte Biotreppe); die vorgegeben Quoten betragen

- 1.1.2029: 10 %
- 1.1.2030: 15 %
- 1.1.2035: 30 %

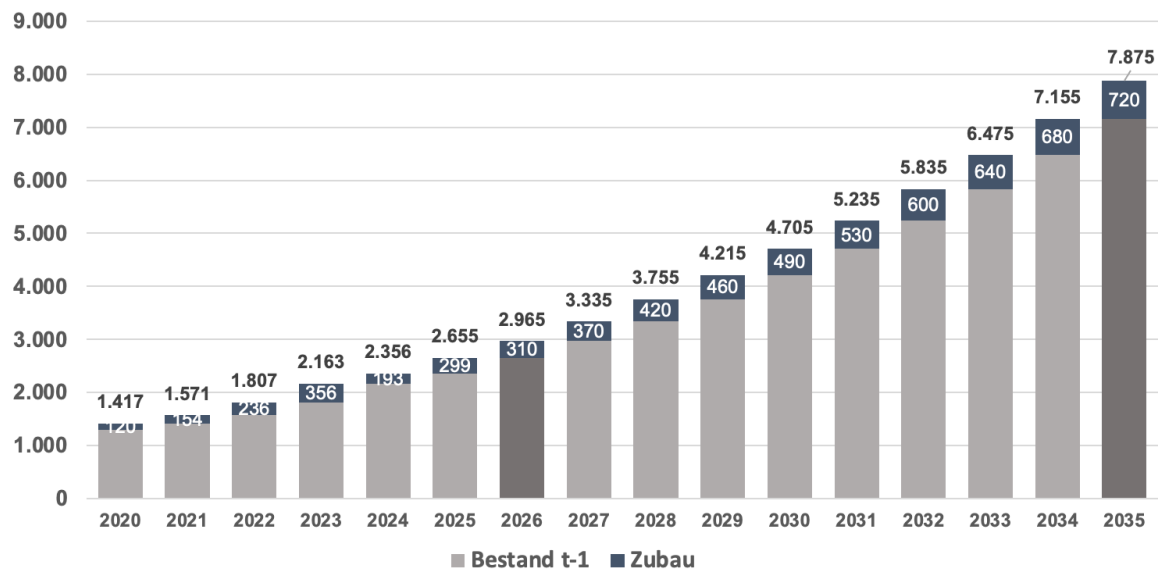
Die Pflicht zur Beimischung entsprechend der Biotreppe entfällt im Zeitraum vom 1. Januar 2029 bis zum 31. Dezember 2034 beim kombinierten Einbau einer Gas-, Heizöl- oder Flüssiggasfeuerung mit Solarthermie (Solarthermie-Hybridheizung), sofern definierte Mindestflächen der Solarthermieanlage eingehalten werden. Ab 2035 ist ein entsprechender ertragsbezogener Nachweis durch eine fachkundige Person erforderlich. Es wird davon ausgegangen, dass sich aus dieser Regelung auch Auswirkungen auf den Ausbau der Solarthermie unter dem **Aktuellen politischen Kurs** ergeben (vgl. nächster Abschnitt). Mit dem Inkrafttreten des GModG entfallen zudem durch die Streichung des §72 GEG sowohl das bestehende Betriebsverbot für mehr als 30 Jahre alte Kessel veralteter Technologie (z.B. Konstanttemperaturkessel) als auch das finale Verbot, Heizkessel ab dem Jahr 2045 mit fossilen Brennstoffen zu betreiben. Ebenfalls entfällt die Beratungspflicht beim Einbau fossiler Heizungen.

Unter diesen Rahmenbedingungen und vor dem Hintergrund der geänderten Förderkulisse¹² wird davon ausgegangen, dass es im Szenario **Aktueller politischer Kurs**

¹² Zum 21. Juli 2026 wurde die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) neu ausgerichtet. Es entfällt der Effizienzbonus, der Förderhöchstbetrag und der Klimageschwindigkeitsbonus wird ab dem 1.2.2027 weiter halbjährlich abgeschmolzen. Der Einkommensbonus wird dreistufig gestaltet, neu eingeführt wurde ein einmaliger Kinderzuschlag.

gegenüber dem Zielszenario zu einer deutlich verlangsamten Diffusion der Wärmepumpe in den Heizungsbestand kommt.

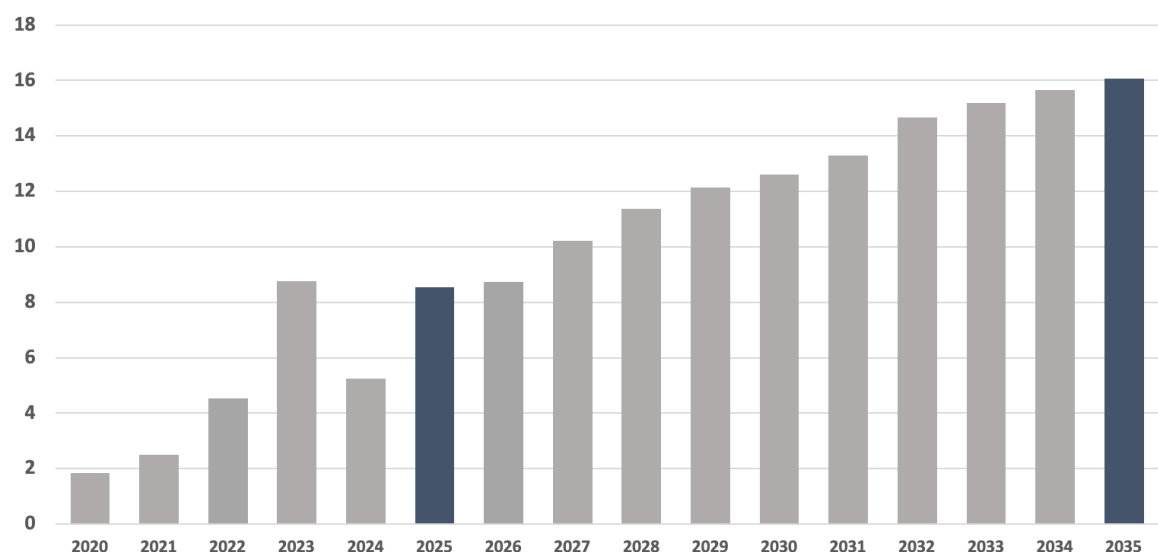
Abbildung 16: Neuinstallationen und Bestand an Wärmepumpen im Szenario Aktueller politischer Kurs bis zum Jahr 2035 in 1.000 Stück



Quelle: Eigene Berechnungen.

Das hier skizzierte Szenario orientiert sich auch an dem als Business-as-usual Szenario (BAU) bezeichneten Szenario in der aktuellen Branchenstudie 2026 (BWP 2026) des Branchenverband Bundesverband Wärmepumpe e.V. (bwp). Gemessen an den Neuinstallationen im Jahr 2025 kommt es im Szenario **Aktueller politischer Kurs** zu mehr als einer Verdopplung der jährlichen Neuinstallationen, die sich im Jahr 2035 auf 720.000 Einheiten belaufen.

Abbildung 17: Investitionen in Wärmepumpen im Szenario Aktueller politischer Kurs bis 2035 in Mrd. Euro



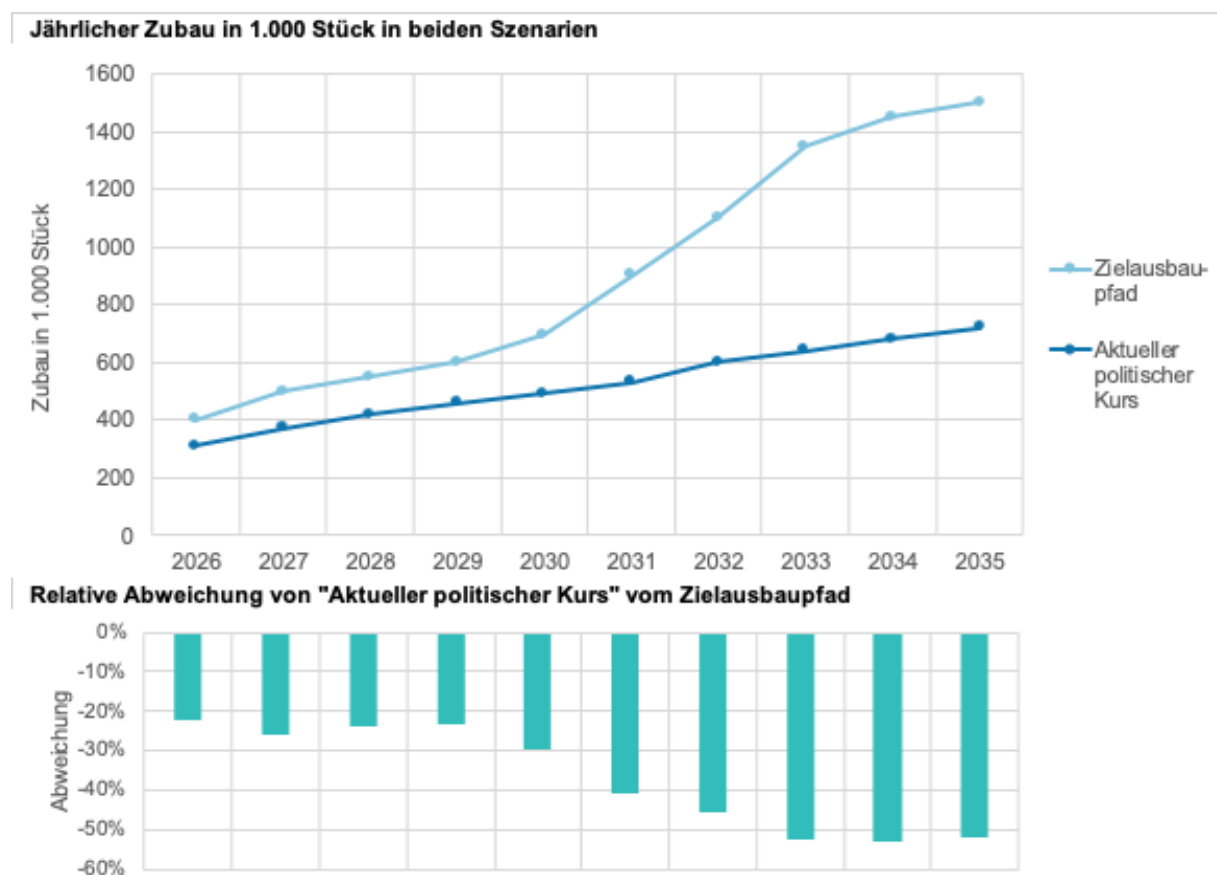
Quelle: Eigene Berechnungen.

Dennoch bleibt der Ausbau deutlich hinter dem Zielszenario zurück (vgl. Abbildung 18), so dass der Bestand an Wärmepumpen im Jahr 2035 knapp 8 Millionen Einheiten ausmacht. Im Zielszenario beträgt der Bestand dagegen 11,7 Millionen Einheiten, ist also rund 50 % höher.

Es wird nicht davon ausgegangen, dass sich andere Parameter wie Systempreise oder die Struktur der Typen von Wärmepumpen Unter dem **Aktuellen politischen Kurs** gegenüber dem Zielszenario verändern. Somit steigen die Investitionen von gut 8 Mrd. Euro auf knapp 16 Mrd. Euro im Jahr 2035.

Eine Gegenüberstellung der Ausbaupfade für Wärmepumpen in den beiden betrachteten Szenarien – dargestellt anhand der jährlichen Neuinstallationen – zeigt die folgende Abbildung. Im Jahr 2035 beträgt die Abweichung gut 50 %.

Abbildung 18: Szenarien Ausbaupfad und Aktueller politischer Kurs im Vergleich – Wärmepumpen



Quelle: Eigene Berechnungen.

3.10. Übrige Wärmetechnologien

Ausbauzielfad

Auf dem Weg zur Klimaneutralität im Bereich der Wärmeerzeugung liegt im Szenario **Ausbauzielfad** der Schwerpunkt und der Hauptbeitrag eindeutig beim Ausbau des Bestandes an Wärmepumpen.¹³ Gemessen daran spielen die Solarthermie und Biomassekleinanlagen eine untergeordnete Rolle, sie werden deshalb hier in kondensierter Form berücksichtigt.

Die Überlegungen zum **Ausbauzielfad** im Bereich **Solarthermie** orientieren sich – wie bei Wärmepumpen - am Langfristszenario T45 Strom. Dort wird bis zum Jahr 2030 von einer Stagnation der neu installierten Flächen ausgegangen, bis zum Jahr 2035 geht das Szenario von einem leichten Rückgang der neu installierten Flächen aus (-3 % jährlich). Der Hintergrund dieses angenommenen Entwicklungspfad liegt vor allem in der Flächenkonkurrenz mit PV- Dachanlagen (die annahmegemäß im Zielszenario stark zunehmen sollen) und in einer Nutzungskonkurrenz mit Wärmepumpen, die in diesem Szenario ebenfalls stark ausgebaut werden sollen. Somit verbleibt der Zubau der Kollektorfläche aus dem Jahr 2025 bis zum Jahr 2030 konstant (152.000 qm) und sinkt dann auf 130.000 qm im Jahr 2035. Im gesamten Zeitraum bleibt der Anteil der Flachkollektoren konstant bei 91 %. Unter der Annahme einer leicht degressiven Preisentwicklung von -1 % jährlich bedeutet dies, dass sich die Investitionen für Solarthermie von 174 Millionen Euro im Jahr 2025 auf 135 Millionen Euro im Jahr 2035 verringern.

Unter der Kategorie **Biomasse-Kleinanlagen** werden unterschiedliche Typen von Wärmeerzeugern auf Basis von Biomassebrennstoffen, die vorwiegend im privaten Gebäudebereich eingesetzt werden, zusammengefasst. An Typen wird nach Kachelöfen, Heizkaminen, Kaminöfen, Pelletheizungen, Hackschnitzelheizungen und handbeschildete Anlagen unterschieden. Quantitativ dominieren Kaminöfen (67,6 % aller Anlagen in 2025) sowie Heizkamine (17,5 %), während Pelletheizungen (6,9 %) und die anderen Typen im Hinblick auf die Stückzahlen eine untergeordnete Bedeutung spielen. Am aktuellen Rand zeigte sich eine volatile Entwicklung, die durch Sondereffekte während der Pandemie und durch zuletzt gestiegene Energiepreise beeinflusst war.

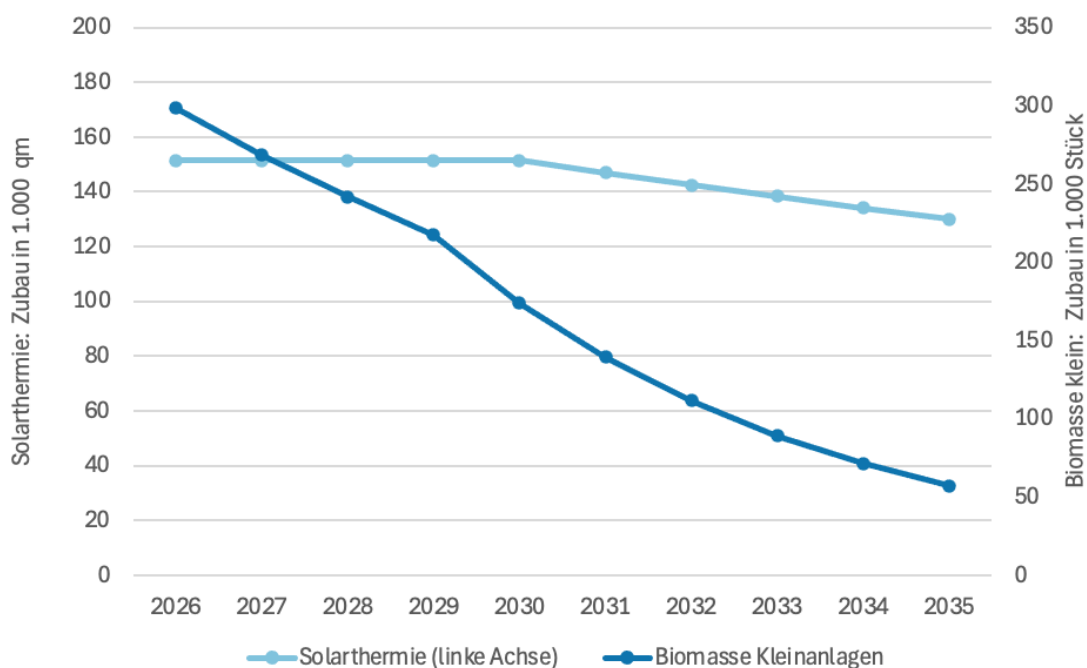
In dem für den Wärmebereich zu Grunde gelegten Szenario T45 Strom sind keine direkten Zielvorstellungen für Biomassekleinanlagen formuliert. Allerdings wird eine Verdrängung von Biomasse (Holz) angestrebt. Deshalb wird angenommen, dass die im Jahr 2025 realisierten Neuinstallationen von rund 330.000 Einheiten sich in Zukunft rückläufig entwickeln werden. Bis zum Jahr 2030 wird ein Rückgang um 10 % jährlich, danach wird bis zum Jahr 2035 ein beschleunigter Rückgang um 20 % jährlich angenommen. Im Jahr 2035 wird mit knapp 60.000 Einheiten nur noch ein Sechstel der Neuinstallationen des Jahres 2025 realisiert. Dabei wird von einer unveränderten Struktur der Anlagentypen ausgegangen. Da es

¹³ Der ebenfalls wichtige Ausbau der klimaneutralen Fernwärme bleibt in dieser Studie außer Betracht.

sich bei den Biomassekleinanlagen in der Regel um ausgereifte Technologien handelt, wird von keinen spezifischen Kostendegressionen ausgegangen. Die Spannweite der Systemkosten ist sehr groß, sie reicht von Kaminöfen (rund 2.000 Euro) bis zu Pellet- und Hack-schnitzelheizungen (35.000 bis gut 40.000 Euro). Unter diesen Annahmen gehen die Investitionen im Bereich Biomasse Kleinanlagen von 2 Mrd. Euro im Jahr 2025 auf rund 350 Mill. Euro im Jahr 2035 zurück.

In der folgenden Abbildung ist der jährliche Zubau im Szenario **Ausbauzielpfad** für Solarthermie und Biomasse Kleinanlagen 1.000 qm bzw. 1.000 Stück dargestellt.

Abbildung 19: Szenario Ausbauzielpfad – Zubau Übrige Wärmetechnologien



Quelle: Eigene Berechnungen.

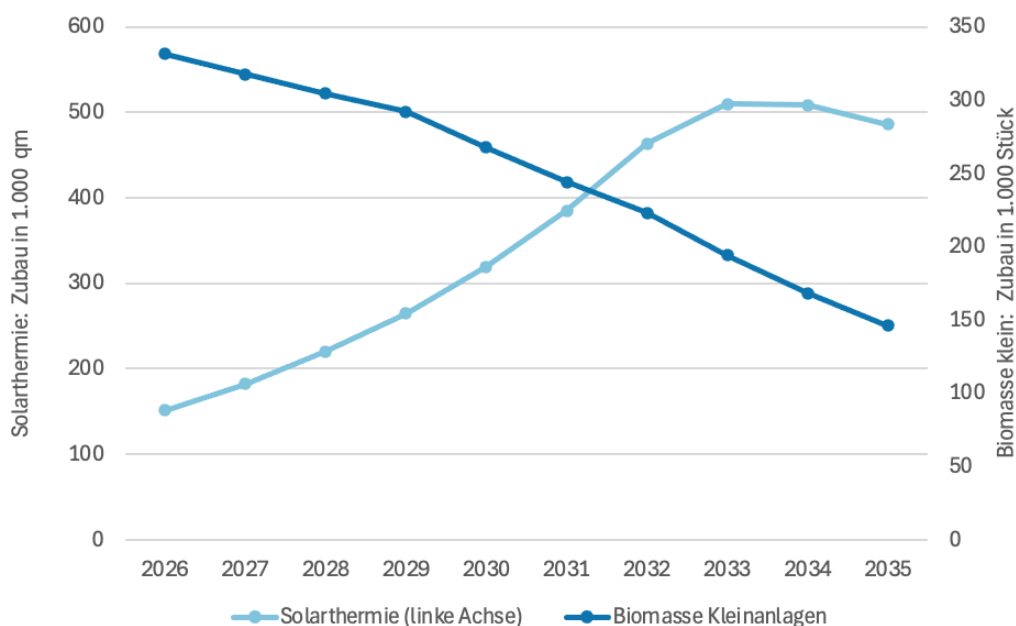
Aktueller politischer Kurs

Die übrigen Wärmetechnologien sind vom jüngst in Kraft getretenen GModG und den im parlamentarischen Prozess befindlichen Gesetzespaketen für den Strombereich überwiegend indirekt betroffen. Für die **Solarthermie** ist die Regelung von Bedeutung, dass durch die Kombination aus Solarthermie und einer Gas-, Heizöl- oder Flüssiggasfeuerung (Solarthermie-Hybridheizung) die sogenannte Biotreppe, also die stufenweise zunehmende Einspeisung erneuerbarer Brennstoffe, umgangen werden kann, wenn bestimmte Mindestflächen an Solarthermie erreicht werden. Dies gilt in dieser Form vom 1.1.2029 bis 31.12.2034, danach reicht der reine Flächennachweis nicht aus, sondern es muss ein höherer solarer Anteil an der bereitgestellten Gesamtwärme durch eine fachkundige Person nach § 88 GModG ertragsbezogen nachgewiesen werden. Dies könnte auch dazu führen, dass stärker als in der Vergangenheit auf leistungsstärkere Röhrenkollektoren statt Flachkollektoren gesetzt wird. Positiv für die Entwicklung der Solarthermie im Szenario **Aktueller politischer Kurs** könnte sich auch auswirken, dass durch den etwas gedämpften

Ausbau der Dach-PV die Nutzungskonkurrenz um freie Dachflächen für die Solarthermie etwas abnimmt. Unter Berücksichtigung dieser Überlegung entwickelt sich die Solarthermie in diesem Szenario etwas besser als im Zielszenario. Die neu installierte Kollektorfläche nimmt gegenüber dem Tiefpunkt im Jahr 2025 wieder zu und erreicht im Jahr 2035 knapp 500.000 qm. Das ist eine deutliche Zunahme gegenüber 2025 und liegt damit in etwa auf dem durchschnittlichen Niveau der Jahre 2020 bis 2024. Mit diesem Ausbaupfad sind Investitionen verbunden, die von 174 Mill. Euro im Jahr 2025 auf knapp 500 Mill. Euro im Jahr 2035 anwachsen. Die Investitionen entwickeln sich etwas dynamischer als neu installierten Flächen in Quadratmeter, weil sich die Struktur in Richtung der höherwertigen Röhrenkollektoren verschiebt.

Im Bereich **Biomasse-Kleinanlagen** wird im Szenario **Aktueller politischer Kurs** davon ausgegangen, dass der spürbar verzögerte Ausbau gegenüber dem Zielszenario im Bereich Wärmepumpe etwas mehr Spielraum für die Nutzung von Biomasse-Kleinanlagen, insbesondere Pelletheizungen, lässt. Der Rückgang der neu installierten Feuerungsanlagen auf Basis von Biomasse ist also geringer als im Zielszenario, aber immer noch beachtlich. So sinkt die Zahl der insgesamt neu installierten Biomasse-Kleinanlagen von gut 330.000 Einheiten im Jahr 2025 auf knapp 150.000 Einheiten im Jahr 2035 um mehr als die Hälfte. Entgegen diesem Trend nimmt die Zahl der Pelletheizungen leicht von 23.000 Stück leicht auf 25.000 Einheiten zu. Wegen der hohen Systempreise von Pelletheizungen nimmt damit das Investitionsvolumen deutlich langsamer ab als die Stückzahlen aller Biomasse-Kleinanlagen. Die Investitionen für Biomasse-Kleinanlagen im Szenario **Aktueller politischer Kurs** sinken von rund 2 Mrd. Euro im Jahr 2025 auf rund 1,5 Mrd. Euro im Jahr 2035. In der folgenden Abbildung ist der jährliche Zubau im Szenario **Aktueller politischer Kurs** für Solarthermie und Biomasse Kleinanlagen 1.000 qm bzw. 1.000 Stück dargestellt.

Abbildung 20: Szenario Aktueller politischer Kurs – Zubau Übrige Wärmetechnologien



Quelle: Eigene Berechnungen.

4. Von den Investitionen zur zukünftigen Bruttobeschäftigung

4.1. Investitionen

Im Szenario, das die Zielerreichung unterstellt, steigen die Investitionen in den Ausbau auf 79 Mrd. Euro (Tabelle 4) im Jahr 2035. Deutlich mehr als die Hälfte entfällt mit knapp 45 Mrd. Euro auf EE-Stromerzeugungsanlagen. Dahinter stehen Vervielfachungen gegenüber 2025 beim Windenergie-Ausbau (onshore 128 %, offshore 348 %). Dagegen gehen die Investitionen in Photovoltaik leicht zurück (-14 %) und die sonstigen, überwiegend stromerzeugenden Großanlagen verzeichnen ein nur leichtes Wachstum (+8 %). Auf die EE-Anlagen zur Wärmeerzeugung entfallen im Jahr 2035 34 Mrd. Euro, über 3-mal so viel wie im Jahr 2025. Diese Steigerung geht ausschließlich auf die Investitionen in Wärmepumpen zurück. Die übrigen Kleinanlagen zur Wärmeerzeugung gehen im Szenario **Ausbauzielfad** um 78 % zurück. Insgesamt wird im Szenario **Ausbauzielfad** im Jahr 2035 rund 41 Mrd. Euro mehr investiert als im Jahr 2025.

Die hemmenden Wirkungen, die unter dem **Aktuellen politischen Kurs** in Kapitel 3.4 angenommen und beschrieben wurden, führen insgesamt zu einem geringeren Wachstumspfad der Investitionen. Vergleicht man die Investitionen zwischen beiden Szenarien im Jahr 2035, so sind die Investitionen unter dem **Aktuellen politischen Kurs** um 36 % geringer als im Szenario **Ausbauzielfad**.

Tabelle 4: Investitionen im Szenario Ausbauzielfad und unter dem Aktuellen politischen Kurs, Mrd. Euro

	EE-Anlagen, Strom	EE-Anlagen, Wärme	Summe
Aktuell (ZSW 2025)			
2025	26,8	10,8	37,6
Ausbauzielfad			
2035	44,9	34,1	79,0
Veränderung 2025-35, absolut	18,1	23,3	41,4
Veränderung 2025-35, relativ	67 %	217 %	110 %
Aktueller politischer Kurs			
2035	32,4	18,0	50,4
Veränderung 2025-35, absolut	5,6	7,3	12,9
Abweichung zu Ziel, absolut	-12,5	-16,1	-28,6
Veränderung 2025-35, relativ	21 %	68 %	34 %
Abweichung zu Ziel, relativ	-28 %	-47 %	-36 %

Quelle: eigene Berechnungen

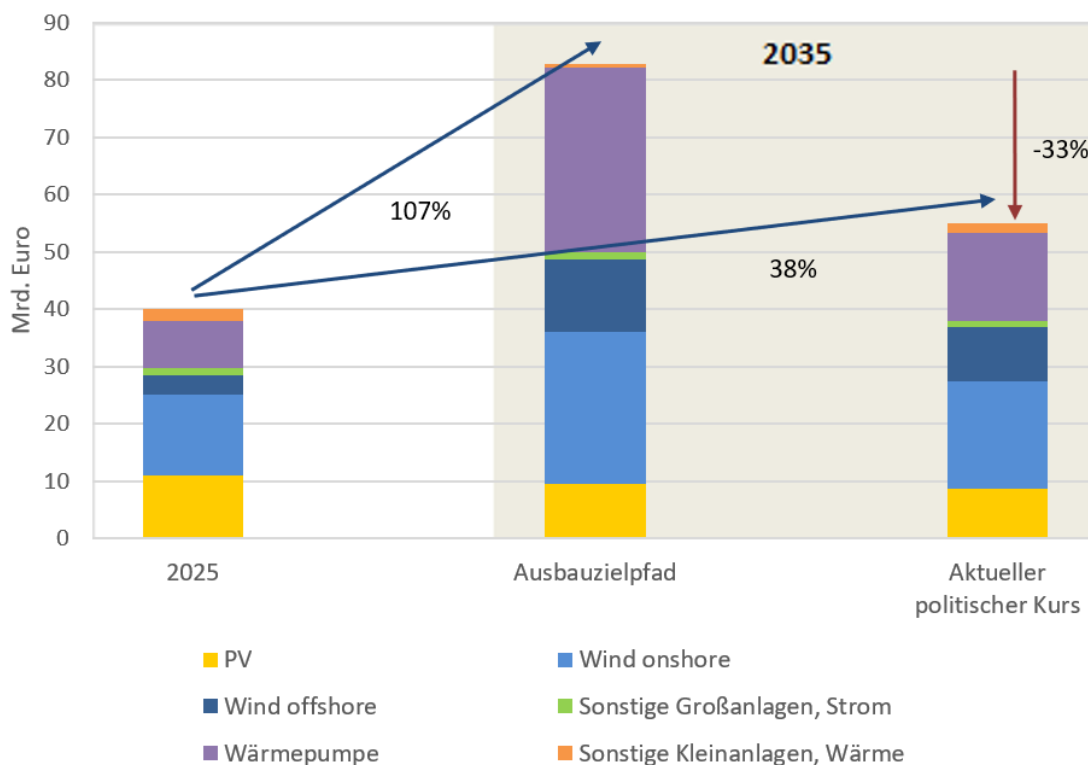
Bei den EE-Anlagen zur Stromerzeugung werden im Szenario **Aktueller politischer Kurs** im Vergleich zum Szenario **Ausbauzielfad** rund 12,5 Milliarden Euro weniger investiert. Dies entspricht einer negativen Abweichung von gut 28 % (Tabelle 4). Nichtsdestotrotz

liegen die Investitionen im Vergleich zum Ausgangsjahr 2025 auch im Szenario **Aktueller politischer Kurs** um über 5 Milliarden Euro höher.

Bei der Wärmeerzeugung sind die Unterschiede zum Szenario **Ausbauzielpfad** ebenfalls erheblich. 16 Milliarden Euro werden weniger investiert, was eine Abweichung zum Szenario **Ausbauzielpfad** um mehr als 40 % bedeutet (Tabelle 4). Allerdings lässt sich die Wärmewende auch im Szenario **Aktueller politischer Kurs** nicht gänzlich stoppen und die Investitionen im Jahr 2035 liegen um mehr als 7 Milliarden höher als im Jahr 2025.

Wer verliert hauptsächlich unter dem Szenario **Aktueller politischer Kurs**? Es sind die aktuellen Hauptsäulen der Energiewende, nämlich die Windenergie an Land und die Wärmepumpe. Beide Technologien zeigten deutliches Wachstum in der jüngeren Vergangenheit, aber sind derzeit noch von der jeweiligen Zielerreichung entfernt. Gegenüber dem Szenario **Ausbauzielpfad** verlangsamten sich die Investitionen in die Wärmepumpe um 52 %; die Windenergie an Land verliert 41 % gegenüber dem Investitionsvolumen, das für die Zielerreichung dringend gebraucht würde. Die Photovoltaik ist weniger betroffen von den unterstellten Auswirkungen der gesetzlichen Änderung und hat auch mit 9 % geringeren Investitionen eine Chance auf Zielerreichung. Die kleinen Technologiegruppen können auf ihrem niedrigen Niveau teils eine Zunahme verzeichnen, wie etwa die Solarthermie, die in der aktuellen Gesetzeslage als Ergänzung zur Gebäudewärme eine größere Rolle spielen kann. Größere Einbußen verzeichnet auch die Offshore Windenergie mit um 27 % geringeren Investitionen.

Für die inländische Beschäftigung ist der inländische Ausbau, abzüglich der importierten Güter, denn diese sorgen im Herkunftsland für Beschäftigung und zuzüglich der Auslandsnachfrage die entscheidende Größe – die im Inland wirksame Nachfrage (Abbildung 21). Unter dem **Zielausbaupfad** wird die im Inland wirksame Nachfrage durch die Investitionen und Exporte mehr als verdoppelt (+107 %). Im Szenario **aktueller politischer Kurs** beträgt das Wachstum nur 38 % im Vergleich zum Basisjahr 2025.

Abbildung 21: Im Inland wirksame Nachfrage durch Investitionen und Exporte, Mrd. Euro

Quelle: eigene Berechnungen

Die Unterschiede zum Wachstum der Investitionen ergeben sich durch die Verschiebung der Technologieschwerpunkte und damit auch der Import- und Exportbedeutung in der Nachfrage. Importquoten, d.h. der Anteil von importierten Gütern an einer in Deutschland gebauten Anlage, sind unter beiden Ausbaupfaden gleich. In Summe ist die im Inland wirksame Nachfrage 33 % geringer unter dem **Aktuellen Politischen Kurs**, und die größten Einbußen zeigen sich bei der Windenergie und der Wärmepumpe.

4.2. Betrieb und Wartung

Ausbaupfad

Der bei den Investitionen beschriebene ambitionierte Ausbaupfad führt zu starken Steigerungen der Kosten für Betrieb und Wartung der Anlagen mit entsprechenden Impulsen für die Beschäftigung. Im Bereich der Wärmeanlagen steigen die Aufwendungen um 7,3 Mrd. Euro, was angesichts des vergleichsweise geringen Ausgangsniveaus eine extreme Steigerung ist. Für die stromerzeugenden Anlagen verdoppeln sich die Aufwendungen bis 2035 gegenüber 2025 – was einen Betrag entspricht, der dann doppelt so hoch ist wie bei den Wärmeanlagen. Zu beachten ist, dass dieser Aufwuchs insbesondere bei der Wärmepumpe – mehr als bei anderen Technologien in einem bestehenden, etablierten Geschäftsfeld stattfindet. Die Ausgaben für die Wartung von Gas- oder Heizölheizungen geht gesamtwirtschaftlich in einem ähnlichen (geringeren) Umfang zurück. Zudem wird der Betriebsstrom konzeptionell zu den Betriebskosten der Wärmepumpe hinzugezählt, jedoch mit nur geringer Wirkung auf die Beschäftigung.

Aktueller politischer Kurs

Die Aufwendungen für Betrieb und Wartung sind vor allem durch den Anlagenbestand geprägt. Im Szenario **Aktueller politischer Kurs** kumuliert gewissermaßen die Lücke zum Szenario **Ausbauzielpfad** Jahr um Jahr und führt somit zu einem deutlichen Unterschied der Betriebskosten im Jahr 2035. Für die stromerzeugenden und die wärmeerzeugenden Anlagen ist dieser Unterschied mengenmäßig gleich, aber die wärmeerzeugenden Anlagen weisen 33 % geringere Aufwendung für Betrieb und Wartung unter dem verzögerten Ausbau im Vergleich zum **Ausbauzielpfad**. Insgesamt beläuft sich die Differenz im Jahr 2035 auf mehr als 6 Milliarden Euro (Tabelle 5).

Tabelle 5: Kosten für Betrieb und Wartung je Szenario und im Vergleich, in Mrd. Euro

	EE-Anlagen, Strom	EE-Anlagen, Wärme	Summe
2015	6,5	0,9	7,4
2025	9,5	2,2	11,7
Ausbauzielpfad			
2035	18,8	9,5	28,3
Veränderung 2025-35, absolut	9,3	7,3	16,6
Veränderung 2025-35, relativ	98%	331 %	142 %
Aktueller politischer Kurs			
2035	15,7	6,3	22,0
Veränderung 2025-35, absolut	6,2	4,1	10,3
Abweichung, 2035, absolut	-3,1	-3,1	-6,2
Veränderung 2025-35, relativ	65 %	189 %	88 %
Abweichung 2035, relativ	-17 %	-33 %	-22 %

Quelle: eigene Berechnungen

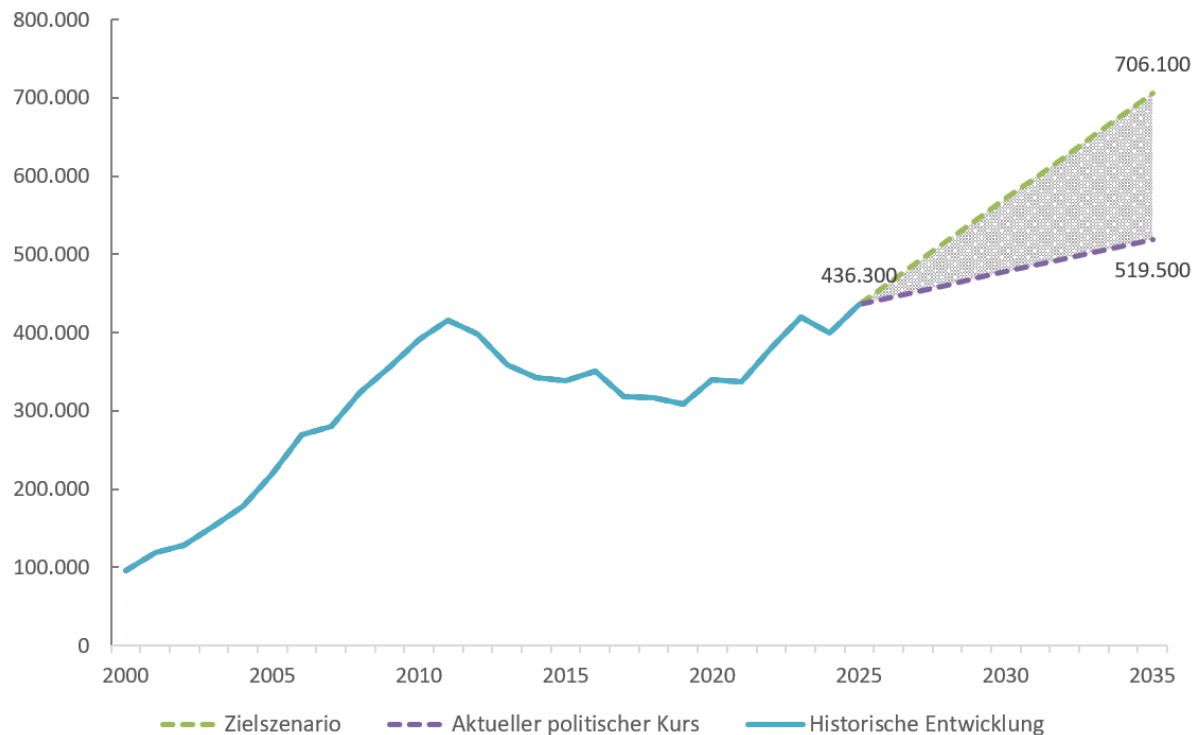
4.3. Annahmen zur Bereitstellung von Biomasse

Die Bereitstellung von Biomasse für den Betrieb von Biomasse-Anlagen gehört konzeptionell zur Bruttobeschäftigung des Ausbaus erneuerbarer Energien dazu. Etwa 39.000 Beschäftigte werden hier für die Biomassebereitstellung („Biobrennstoffe“) im Jahr 2025 sowohl für die Strom-Anlagen als auch die Wärme-Kleinanlagen zugeordnet. Etwa 19.000 Beschäftigte stehen im Zusammenhang mit der Bereitstellung von Biokraftstoffen. Für das Segment, dass sich ähnlich wie Betrieb und Wartung, erst mittel- bis langfristig nach Umbrüchen verändert, wurden einfache Annahmen zur zukünftigen Entwicklung getroffen. Sowohl für den Bereich der Biomasse-Anlagen für die Strom- und Wärmeerzeugung als auch bei den Biokraftstoffen bleiben die wirtschaftlichen Impulse seit etwa 5 Jahren tendenziell konstant. Für die vorliegende Analyse wurde daher von einer inhaltlichen Fortschreibung im Modell abgesehen. Bei der Auswertung der Bruttobeschäftigung insgesamt wird die Summe für die Biobrenn- und -kraftstoffbereitstellung aus dem Jahr 2025 mit einbezogen, um die Vergleichbarkeit mit der Summe für 2025 zu gewährleisten.

4.4. Die Bruttobeschäftigung im Jahr 2035

Insgesamt wird die Bruttobeschäftigung unter dem Szenario **Ausbauzielpfad** auf 706.100 geschätzt und unter dem verlangsamten Ausbau auf 519.500 Beschäftigte, woraus sich ein deutlicher Unterschied zwischen den Szenarien von nahezu 200.000 Beschäftigten ergibt. Abbildung 22 illustriert, wie sich das Szenario **Ausbauzielpfad** als ganz leicht gedämpfte Fortsetzung der Entwicklung der vergangenen Jahre ergibt und wie stark sich der **Aktuelle politische Kurs** letztlich auch auf die Beschäftigung auswirkt.

Abbildung 22: Entwicklung der Bruttobeschäftigung bis 2025 und Projektionen bis 2035



Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 6 fasst die Ergebnisse für die Stromerzeugung, die Wärmebereitstellung und die Biobrenn- und Biokraftstoffbereitstellung ex post (2015), aktueller Stand (2025) und ex ante für die beiden beschriebenen Szenarien zusammen. In den letzten zehn Jahren ist die Bruttobeschäftigung in der Stromerzeugung um gute 60.000 Beschäftigte gestiegen, in der Wärmeerzeugung um 52.000 Beschäftigte und bei der Biomassebereitstellung um 16.000 Beschäftigte gesunken. Blickt man auf die zukünftige Entwicklung so zeigt sich ein deutlicher Anstieg der Beschäftigung in der Stromerzeugung um 124.000 Beschäftigte und in der Wärmeerzeugung sogar um 146.000 Beschäftigte. Die Beschäftigung im Biomassesegment wurde als gleichbleibend geschätzt, da weder ein nennenswerter Zubau stattfindet in beiden Szenarien noch starke Abgänge zu verzeichnen sind. Setzt man die Veränderung der Bruttobeschäftigung in Relation zur heute bestehenden Beschäftigung, wird der deutliche Anstieg in der Wärmeerzeugung noch deutlicher: die Beschäftigung wird sich mehr als verdoppelt haben (157 % Zuwachs).

Unter dem **Aktuellen politischen Kurs** lässt eine deutlich geringere Beschäftigungswirkung erkennen. In der Stromerzeugung wie in der Wärmeerzeugung bleiben die Veränderungen mit jeweils um die 40.000 sogar hinter den Veränderungen der vergangenen Dekade zurück. Im Vergleich zur Beschäftigung unter dem Ausbauzielpfad ergeben sich 20 % weniger Beschäftigte in der Stromerzeugung und sogar 44 % weniger Beschäftigte in der Wärmeerzeugung.

Tabelle 6: Bruttobeschäftigung 2015, 2025 und zwei Szenarien für 2035

	Investitionen und Exporte	Betrieb und Wartung	Biobrenn-, Biokraftstoffe	Summe
2015	190.200	75.600	73.300	339.100
2025	287.300	91.200	57.800	436.300
Ausbauzielpfad				
2035	484.900	163.400	57.800	706.100
Veränderung 2025-35, absolut	+197.600	+72.200	0	269.800
Veränderung 2025-35, relativ	69 %	79 %	0 %	62 %
Aktueller politischer Kurs				
2035	331.800	129.900	57.800	519.500
Veränderung 2025-35, absolut	44.500	38.700	0	83.200
Abweichung 2035, absolut	-153.100	-33.500	0	-186.600
Veränderung 2025-35, relativ	15 %	42 %	0 %	19 %
Abweichung 2035, relativ	-32 %	-21 %	0 %	-26 %

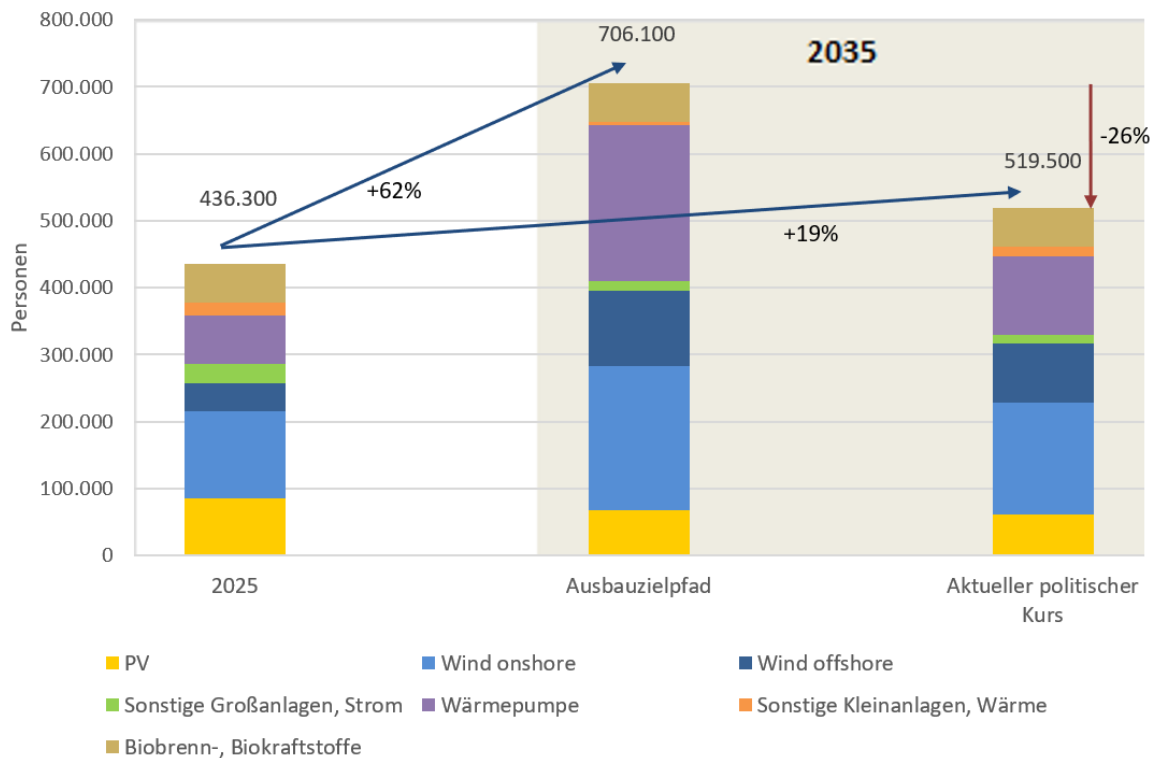
Quelle: eigene Berechnungen

Betrachtet man die Bruttobeschäftigung nach einzelnen Technologien oder Technologiegruppen unter beiden Szenarien, wird deutlich wo die stärksten Unterschiede liegen. Insbesondere Wärmepumpen und die Windenergie an Land beschäftigen deutlich mehr Menschen als heute, wobei neue Stellen eher beim Wärmepumpenausbau entstehen. Der Beschäftigungszuwachs bei den wärmeerzeugenden Anlagen entsteht vor allem bei der Herstellung und Installation von Wärmepumpen. Die Installation wird vom Sanitär- und Heizungshandwerk durchgeführt und häufig durch umgeschulte Fachkräfte abgedeckt. Daher ist ein Teil jener Bruttobeschäftigung einer neuen Zurechnung von bestehenden Arbeitsplätzen zu verdanken.

Abbildung 23 zeigt die Bruttobeschäftigung heute und 2035 nach den hauptsächlichen Technologien und gruppiert in strom- und wärmeerzeugende Technologien sowie die Biomassebereitstellung. Die relative Veränderung der zusammengefassten Technologien zu 2025 wird durch die Pfeile angezeigt und entspricht Tabelle 6. Die Abbildung illustriert die Rolle, die einzelne Technologien im Jahr 2035 für die gesamte Bruttobeschäftigung spielen werden. Wärmeerzeugung löst die Stromerzeugung als hauptsächlicher Beschäftigungstreiber unter dem Ausbauzielpfad fast ab. Hauptursache ist der Ausbau der Wärmepumpen,

die zum einen kleinteilige und beschäftigungsintensive Installationsarbeiten benötigen und zum überwiegenden Teil im Inland hergestellt werden. Unter dem **Aktuellen politischen Kurs** dominieren weiterhin die Stromerzeugungstechnologien die Bruttobeschäftigung. Die Werte, die Abbildung 23 zugrunde liegen sind in Tabelle 9 im Anhang zu finden.

Abbildung 23: Projektion der Bruttobeschäftigung für die zwei Szenarien, nach Technologien und Technologiegruppen



Quelle: eigene Berechnungen

Vergleicht man die Ergebnisse mit früheren Untersuchungen von Ulrich et al. (2024) für den Zeitraum zwischen 2022 und 2030 mit einem zielkonformen Ausbau, liegt die absolute Bruttobeschäftigung für 2035 hier mit 706.100 Beschäftigten zwar deutlich über der für 2030 ermittelten Bruttobeschäftigung von 624.800 Beschäftigten. Angesichts der 5 Jahre Unterschied im Zieljahr wurde damals eine höhere Dynamik unterstellt.¹⁴ Insbesondere bei der Offshore-Windenergie, sowie bei den Kosten für die Photovoltaik war die damalige Untersuchung optimistischer. Auch war der Projektionszeitraum etwas kürzer, so dass der Hochlauf zum Zielpfad z.B. bei Wind onshore schneller erfolgen musste.

Sixtus et al. (2025) sehen eine Verdopplung der Beschäftigungseffekte zwischen 2023 und 2033 in einer zielkonformen Entwicklung. Diese Ergebnisse sind, wenngleich dort ein statisches Modell verwendet wird und die Beobachtungszeiträume differieren doch zumindest in ähnlicher Größenordnung. Annahmen zur Kostendegression oder

¹⁴ Auch sind auf die 624.800 für 2030 noch mindestens 50.000 Beschäftigte im Bereich der Biomassebereitstellung zu ergänzen.

gesamtwirtschaftlichen Produktivitätssteigerungen sind nicht explizit getroffen worden, was zu einer dynamischeren Entwicklung als in der vorliegenden Studie geführt haben kann.

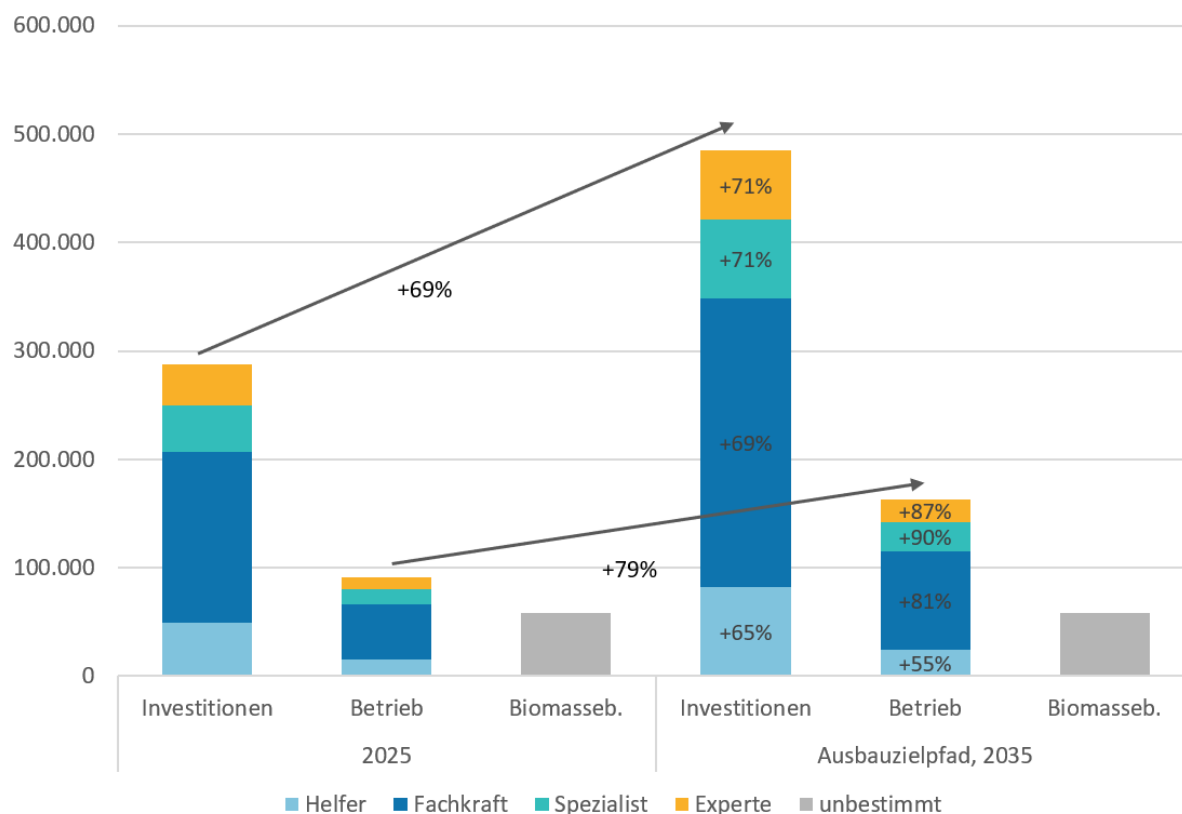
5. Arbeits- und Fachkräftebedarf bis 2035

Im Folgenden wird die in Kapitel 4 beschriebene Bruttobeschäftigung nach Berufen und den verschiedenen Anforderungen wie Helfer, oder Fachkraft ausgewertet. Ein Anforderungsniveau beschreibt die Komplexität der Tätigkeit und bezieht nicht-formale Qualifikationen sowie Berufserfahrung mit ein (Bundesagentur für Arbeit 2023). Das Anforderungsniveau der Beschäftigten unterscheidet vier Stufen: Helfer- und Anlernertätigkeiten („Helfer“), fachlich ausgerichtete Tätigkeiten („Fachkraft“), komplexe Spezialistentätigkeiten („Spezialist“) sowie hoch komplexe Tätigkeiten („Experte“). Beide Informationen zusammen zeichnen ein Bild zur Bedarfsstruktur zu Ausbildungen und Qualifikationen. Dabei werden auch zukünftige Engpässe in die Betrachtung einbezogen.

Nach einem allgemeinen Überblick über die Strukturen des zukünftigen Bedarfs werden die wichtigsten Berufe für den EE-Ausbau im Szenario **Ausbauzielpfad** dargestellt. Schließlich folgt ein Abgleich mit der Engpasssituation für einzelne Berufe. Es handelt sich um Abschätzungen auf Basis des in den Kapiteln 3.2 und 3.3 beschriebenen Ausbaus. Ersatzbedarfe, etwa durch den Austritt aus dem Erwerbsleben bis 2026 bzw. 2030, der je nach Berufsgruppe unterschiedlich ausfallen wird, sind hierbei nicht berücksichtigt.

5.1. Überblick zur Struktur nach Berufen und Anforderungsniveaus

Wer macht welche Jobs mit welcher Ausrichtung bei den erneuerbaren Energien? Auf den ersten Blick unterscheidet sich die Verteilung der Anforderungen bei den Branchen der erneuerbaren Energien nicht sehr von der Wirtschaft insgesamt. Über die Hälfte der Beschäftigten für den EE-Ausbau sind Fachkräfte (55 %), allerdings liegen die Anteile für „Helfer“ (17 %) und „Spezialisten“ (15 %) im Jahr 2025 etwas höher als im Durchschnitt in der Gesamtwirtschaft. Abbildung 24 zeigt, wie sich die Bruttobeschäftigung nach Anforderungsniveaus unter dem Ausbauzielpfad im Jahr 2035 entwickelt haben wird. Hohe Qualifikationen und große Erfahrung (Experten) werden überproportional stärker benötigt, sowohl getrieben durch die Investitionen als auch im Bereich „Betrieb und Wartung“. Dies liegt vor allem an den weiter oben beschriebenen Wärmetechnologien, die viele Installationen durch Fachkräfte in einzelnen Gebäuden benötigen und Prüfungen, Wartungen und Abnahmen im Betrieb erfordern. Somit sind die im Bereich des Betriebs arbeitenden Spezialisten die am stärksten steigende Gruppe innerhalb der Bruttobeschäftigung. Am geringsten fällt das relative Wachstum hier bei den Fachkräften aus. Experten und Spezialisten verzeichnen im Segment der Investitionen einen Anstieg von jeweils 71 % und wachsen somit etwas schneller als die Summe über alle Anforderungsniveaus mit 69 %. Die Nachfrage nach Helfern wächst weniger stark als die Bruttobeschäftigung und der Fachkräftebedarf nimmt parallel zur Bruttobeschäftigung insgesamt (69 %) zu.

Abbildung 24: Entwicklung der Bruttobeschäftigung nach Anforderungsniveau, Ausbau-zielpfad, inkl. relative Veränderung

Quelle: eigene Berechnungen

Mit Blick auf die Berufe, die die Beschäftigten im Bereich erneuerbare Energien ausüben, werden die Unterschiede zur Gesamtwirtschaft deutlicher. Technische Berufe dominieren die EE-Bruttobeschäftigung (Tabelle 7), und in Verbindung mit dem Ausbau und den Investitionen findet man über 40 % aus der Kategorie der sogenannten Fertigungsberufe¹⁵, was ein doppelt so hoher Anteil ist wie in der Gesamtwirtschaft.

Tabelle 7: Anteile von Fertigungs- und Bauberufen am Gesamtbestand

	Betrieb u. Wartung		Investitionen, Exporte		Gesamtwirtschaft
	2025	Ziel 2035	2025	Ziel 2035	
Fertigungsberufe	31,9 %	32,0 %	40,7 %	42,1 %	20,6 %
Bauberufe	6,1 %	5,7 %	11,6 %	10,5 %	6,1 %

Quelle: eigene Berechnungen

¹⁵ Im Bereich Produktion, Fertigung (KldB2) geht es darum, Produkte aller Art herzustellen. Beispielhafte Tätigkeiten sind Produkte entwerfen, entwickeln und produzieren, Rohstoffe gewinnen, z.B. [...] Kunststoff, Glas, Leder, Textilien, Papier oder Edelsteine be- und verarbeiten, mit Lacken, Baustoffen oder Nahrungsmitteln arbeiten, Waren und Güter manuell oder maschinell herstellen, oder Aufgaben in der Arbeits- und Qualitätssicherung wahrnehmen. <https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/berufsfelder/produktion-fertigung>

Bauberufe (KldB3) sind ebenfalls überdurchschnittlich vertreten, wobei einige für den Bau wichtige Berufe in der Elektrotechnik oder der Energietechnik den Fertigungsberufen statistisch zugeordnet sind, was die Intuition zu den Ergebnissen etwas verzerrt. In Betrieb und Wartung ist die Dominanz der technischen Berufe weniger hoch, hier werden auch verschiedene Dienstleistungsberufe verstärkt benötigt. Die anteiligen Bedarfe verschieben sich im Laufe der Zeit nur wenig, vor allem da keine erheblichen weiteren Verlagerungen von Fertigungen ins Ausland angenommen wurden.

5.2. Die wichtigsten Berufe

Welche Berufe wichtig sind für die Energiewende hängt stark von der Definition von „wichtig“ ab. Eine hohe Beschäftigungszahl im Jahr 2025 und 2035 – und damit auch hohe relative Bedeutung innerhalb der Bruttobeschäftigung – ist ein aussagekräftiges Kriterium für die Bedeutung von Berufen. Hierzu gehören insbesondere die Elektrotechnik, die Energietechnik, der Metallbau und die Schweißtechnik, der Hochbau, die Klempnerei, und die Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik sowie die Bauplanung u. -überwachung, und Architektur.

Tabelle 8: Rangliste der wichtigsten Berufe des EE-Ausbaus

Berufsgruppe (KldB-3-Steller)	Merkmal
251 Maschinenbau- und Betriebstechnik	Hohe mengenmäßige Bedeutung
713 Unternehmensorganisation und -strategie	
714 Büro und Sekretariat	
513 Lagerwirt., Post, Zustellung, Güterumschlag	
242 Metallbearbeitung	
273 Technische Produktionsplanung, -steuerung	
263 Elektrotechnik []	
611 Einkauf und Vertrieb	
262 Energietechnik []	
244 Metallbau und Schweißtechnik []	
321 Hochbau []	
541 Reinigung	
521 Fahrzeugführung im Straßenverkehr	
272 Techn. Zeichnen, Konstruktion, Modellbau	
722 Rechnungswesen, Controlling und Revision	
252 Fahrzeug-Luft-Raumfahrt-, Schiffbautechnik.	
621 Verkauf (ohne Produktspezialisierung)	
271 Technische Forschung und Entwicklung	
311 Bauplanung u. -überwachung, Architektur []	
342 Klempnerei, Sanitär, Heizung, Klimatechnik []	
524 Fahrzeugführung im Schiffsverkehr	Große relative Steigerung
511 Tech. Betrieb Eisenb., Luft, Schiffsverkehr []	
211 Berg-, Tagebau und Sprengtechnik	

Quelle: eigene Berechnungen

Ergänzend gibt es Berufsgruppen, die zwar mengenmäßig hinter den beschriebenen zurückstehen, aber eine große relative Steigerung über die Zeit erfahren. Diese Berufsgruppen haben ein besonders hohes Wachstum innerhalb der Bruttobeschäftigung.

In Tabelle 8 nimmt die Bedeutung des Berufs nach dem rechts stehenden Merkmal von oben nach unten nimmt die Bedeutung ab – jedoch nicht als strenge Rangfolge, da unterschiedliche Kriterien kombiniert wurden. Allgemein fällt auf, dass viele Berufsgruppen weit oben in der Liste in Tabelle 8 zur Gruppe der Unternehmensorganisation (KldB7) und Kaufmännischen Berufen (KldB6) und Verkehr/Logistik (LldB5) gehören. Maschinenbautechnik, Metallbearbeitung, Elektrotechnik und Energietechnik sind die wichtigsten Fertigungsberufe (vgl. Ulrich et al. 2024). Einige Berufsgruppen fallen nur für einzelne Technologien ins Gewicht – nicht aber für den Durchschnitt: Fahrzeugführung für die Onshore-Windenergie, Versicherungs- und Finanzdienstleistungen für die Offshore-Windenergie sowie Reinigung für Photovoltaik. Berufe der Metallbearbeitung sind in allen Technologiegruppen wichtig, für Wind offshore und Wärmepumpen zusätzlich die Metallbau und Schweißtechnik. Berufe, die nicht sofort mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien in Verbindung gebracht werden, wie Unternehmensorganisation und -strategie, Büro und Sekretariat oder Lagerwirtschaft, Post, Zustellung, und Güterumschlag rücken stärker als vermutet in den Fokus, weil die gesamte Wertschöpfungskette abgebildet wird. Die Berufe rund um den Schiffsverkehr die Bergbaunahen Berufe wie Sprengtechnik werden zunehmend beim Ausbau der Windenergie auf See benötigt. Ulrich et al. 2024 weist in der kritischen Einordnung darauf hin, dass die Berufsgruppe „Klempnerei, Sanitär, Heizung, Klimatechnik“ (342) nicht vorkam. Um abzubilden, dass der Bedarf aufgrund des Ausbaus der Wärmepumpen stark steigt, wurde in Kapitel 2.1 beschriebene Methodik nachgeschärft. (Ehrentraut et al. 2024) zeichnen insgesamt ein ähnliches Bild von benötigten Berufen und Anforderungsprofilen im Kontext der Energiewende.

5.3. Abgleich mit der Engpasssituation nach Berufen

Der Blick auf die betroffenen Berufe und Qualifikationen ist aktuell von besonderer Bedeutung, weil die Besetzung von Stellen allgemein aufwändiger ist als noch vor einigen Jahren und die Suchdauern je nach Beruf unterschiedlich sind. Für die Erfassung von „Mangel“ bzw. Engpässen auf der Angebotsseite des Arbeitsmarkts wurden in Deutschland unterschiedliche Erhebungen und Auswertungen entwickelt. In der vorliegenden kurzen Analyse werden die Fokusberufe des Fachkräftemonitorings (Zika et al. 2026) herangezogen.

Im Rahmen des Fachkräftemonitorings für das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) werden jährlich Berufsgruppen mit besonderen Arbeitsmarktherausforderungen identifiziert. Die aktuelle Mittelfristprognose 2025-2029 identifiziert 42 Fokusberufe mit Engpassperspektiven bis zum Jahr 2029, wobei die Methodik auf vier zentralen Indikatoren basiert, die sich an der etablierten Engpassanalyse der Bundesagentur für Arbeit orientieren (vgl. Zika et al. 2026). Ein besonderes Merkmal dieses Monitorings besteht darin, dass ein Teil der Indikatoren explizit die zukünftige Entwicklung abbildet und damit Zukunftsperspektiven mit einbezieht.

Die Identifikation der Fokusberufe erfolgt auf der Ebene von 140 Berufsgruppen (Dreisteller der Klassifikation der Berufe 2010). Die vier verwendeten Indikatoren umfassen:

- die voraussichtliche, adjustierte Suchdauer von Betrieben in fünf Jahren,
- die Veränderung der Suchdauer in Tagen,
- die Neuangebots-Neubedarfsrelation sowie
- die erwartete berufsspezifische Erwerbslosenquote in fünf Jahren.

Ein Beruf wird als Fokusberuf klassifiziert, wenn mindestens einer der folgenden Kriterien erfüllt ist:

1. Die Suchdauern bewegen sich in extremen Bereichen (sehr hoch oder sehr niedrig),
2. Es besteht ein deutliches Missverhältnis zwischen Arbeitskräfteangebot und -nachfrage (deutlich mehr oder weniger Arbeitskräfte gesucht als verfügbar) oder
3. Die Substituierbarkeit durch andere Berufe ist besonders gering oder hoch.

Diese Definition führt zur Unterscheidung verschiedener Typen von Fokusberufen. Während einige Berufsgruppen durch entspannte Arbeitsmarktlagen gekennzeichnet sind - mit niedrigen Suchdauern, ausreichendem Arbeitskräfteangebot und guter Substituierbarkeit - konzentriert sich die vorliegende Analyse auf die Berufe mit Engpässen. Bei diesen Berufsgruppen gestaltet sich die Situation aus Arbeitgebersicht besonders herausfordernd, da sie durch hohe Suchdauern, ein geringes Angebot an adäquaten Arbeitskräften und eine begrenzte Substituierbarkeit gekennzeichnet sind.

Die jährliche Aktualisierung des Fachkräftemonitorings ermöglicht eine kontinuierliche Beobachtung der Arbeitsmarktentwicklung und liefert damit eine wichtige Grundlage für politische Entscheidungen im Bereich der Fachkräftesicherung. Die aktuelle Liste der 42 Engpassberufe für den Zeitraum 2025-2029 spiegelt dabei sowohl langfristige Trends als auch aktuelle Verschiebungen im Arbeitsmarkt wider.

Die bemerkenswerte Erkenntnis ist, dass alle der oben aufgeführten Berufe (Tabelle 8) in der aktuellen Liste der Fokusberufe enthalten sind. Der Ausbau der erneuerbaren Energien ist also im hohen Maße von Berufen abhängig, für die Engpässe bei der Besetzung bestehen oder bestehen werden. Sieben dieser Berufe zählen zusätzlich auch zu den Engpassberufen der BA-Engpassbewertung (dort markiert mit ||). Dies bestätigt und verstärkt die Fokusbetrachtung auf diese Berufe, denn das BA-Engpassbewertung (Bundesagentur für Arbeit 2026) geht zum einen etwas detaillierter vor, zum anderen stellt sie die aktuelle Arbeitsmarktsituation dar. Entsprechend besteht ein hoher Bedarf zur Ausbildung und Qualifizierung von Beschäftigung, um zu gewährleisten, dass die Engpasssituation sich nicht verschärft und den Fortschritt des Ausbaus gefährdet.

6. Resümee

Um die Einflüsse verschiedener Rahmenbedingungen auf den Ausbau erneuerbare Energien zu untersuchen, hilft sowohl der Blick zurück als auch der nach vorn. Fingerhut et al. (2026) zeigen in ihrer detaillierten Analyse auf, wie die EE-Beschäftigung in der Vergangenheit auf verschiedene einschneidende Änderungen der Rahmenbedingungen reagierte. Markante Beispiele waren deutliche Verringerungen der Einspeisevergütung oder die Einführung von Ausschreibungsverfahren.

Während die grundsätzlichen Ziele des Ausbaus der erneuerbaren Energien und des Klimaschutzes auch von der aktuellen Regierung bekräftigt werden, scheint sich ein Wandel in den Prioritäten in der Gesetzgebung anzudeuten. Die Branchen der erneuerbaren Energien und zunehmend auch der Speichertechnologien verlieren den Vorrang, der lange Zeit zu einer der wichtigsten Errungenschaften der Energiewende zählte.

Somit ist ein differenzierter Blick in die Zukunft lohnenswert. Die vorliegende Untersuchung vergleicht zwei mögliche Entwicklungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2035. Ein Pfad eng entlang der Zielvorgaben der Klimaneutralität Deutschlands (Szenario **Ausbauzielpfad**) wird einem Pfad gegenübergestellt, der die Entwicklung bis 2035 auf Grundlage der absehbaren Grundzüge der aktuellen Politik (Szenario **Aktueller politischer Kurs**) abbildet.

Auf der methodischen Ebene zeigen die Ergebnisse, wie wichtig eine technologiespezifische Berechnung ist. Aus Sicht der Beschäftigung sind vor allem die politischen Impulse von Bedeutung, die die Ausbaupfade bei Wind onshore und Wärmepumpen beeinflussen. Für diese beiden Technologien ist der Schwerpunkt der industriellen Produktion (einschließlich der Wertschöpfungsketten im Zulieferbereich) weiterhin in Deutschland verortet. Für die PV liegt der wesentliche Teil der Wertschöpfung im Ausland, die heimische Beschäftigung liegt vor allem in der Projektierung, Planung und Installation. Darüber hinaus unterstützt die angewandte Methode mit ihrer detaillierten Disaggregation nach Wirtschaftszweigen und Branche die Zuweisung von Berufen und Anforderungsniveaus und lässt Aussagen über Fachkräftebedarfe zu.

Im Ergebnis zeigt sich, dass die Beschäftigung durch den Ausbau der erneuerbaren Energien im Jahr 2035 wesentlich durch die aktuellen politischen Kurskorrekturen im Jahr 2026 beeinflusst werden könnte. Die Bruttobeschäftigung liegt unter dem **Aktuellen politischen Kurs** um 186.600 Beschäftigte oder um 26 % unter der Beschäftigung auf dem **Ausbauzielpfad**. Ein derartiger Unterschied bei den möglichen Beschäftigungspotentialen führt auch zu Unsicherheit bei den Unternehmen, sowohl unter den Herstellern als auch bei den Gewerken, die mit Installation, oder Betrieb und Wartung befasst sind. Etliche der neu entstehenden und umzuschulenden, weiterzubildenden Berufe und Qualifikationen gehören zu Berufsgruppen, für die Engpässe bei der Besetzung bestehen oder bestehen werden. Um bis zum Jahr 2035 dafür gewappnet zu sein, muss Ausbildung, oder Weiterbildung, langfristig planbar sein – und die Auftragspipeline nicht dem Stopp und Go aktueller Regulierung folgen. Gute Arbeit bei den erneuerbaren Energien ist mittel- und langfristig möglich, aber Verlässlichkeit, Zuversicht und eine stabile und planbare Auftragslage gehören dazu. Nur dann können Betriebe und andere Akteure in Ausbildung investieren und dem drohenden Fachkräftemangel vorbeugen.

7. Anhang

Tabelle 9: Technologiespezifische Beschäftigung nach Szenario für das Basisjahr 2025 sowie 2035

	2025	Ausbauziel- pfad	Aktueller politi- scher Kurs
PV	84.700	67.200	62.000
Wind onshore	131.300	215.300	167.000
Wind offshore	41.000	113.700	87.700
Sonstige Großanlagen, Strom	28.500	38.800	12.400
Wärmepumpe	72.200	232.800	117.800
Sonstige Kleinanlagen, Wärme	20.800	6.100	14.800
Biobrenn-, Biokraftstoffe	57.800	57.800	57.800
Summe	436.300	706.100	519.500

Literaturverzeichnis

- AGEE-Stat (2026): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik. Stand: Februar 2026. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). www.uba.de/m100073de.
- BET Consulting GmbH (BET) (2026): Studie: Systemdienliches Strommarktdesign zur Reduktion von Systemkosten und Erreichung der Klimaziele – Ein Diskussionsbeitrag der BET Consulting GmbH zur Weiterentwicklung des Strommarktdesigns, Aachen, Berlin. https://www.bet-consulting.de/fileadmin/redaktion/PDF/Veroeffentlichungen/2026/BET_Consulting_systemdienliches_Strommarktdesign_Langfassung.pdf, zuletzt aktualisiert am 10.03.2026, abgerufen am 19.08.2026.
- Blazejczak, J. & Edler, D. (2021): Arbeitskräftebedarf nach Sektoren, Qualifikationen und Berufen zur Umsetzung der Investitionen für ein klimaneutrales Deutschland – Kurzstudie im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen, Berlin. https://www.gruene-bundestag.de/fileadmin/media/gruenebundestag_de/themen_az/klimaschutz/pdf/2105_Kurzstudie_Arbeitskra_ftebedarf_Klimaneutralitaet.pdf, abgerufen am 21.11.2022.
- Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND) (2019): Strom und Wärme aus Tiefengeothermie. 1. Aufl. positionen 68. https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/bund/position/tiefengeothermie_position.pdf, abgerufen am 05.08.2026.
- Bundesagentur für Arbeit (2023): Anforderungsniveau eines Berufs. <https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Statischer-Content/Grundlagen/Methodik-Qualitaet/Methodische-Hinweise/uebergreifend-MethHinweise/Anforderungsniveau-Berufe.html>, zuletzt aktualisiert am 10.04.2025.
- Bundesagentur für Arbeit (2026): Engpassanalyse. <https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Navigation/Statistiken/Interaktive-Statistiken/Fachkraeftebedarf/Engpassanalyse-Nav.html>.
- Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUKN) (2026): Klimaschutzprogramm 2026 – Kabinettsbeschluss vom 25. März 2026. nach § 9 Absatz 1 Satz 1 KSG zur 21. LP, Berlin. https://www.bundesumweltministerium.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzprogramm_2026_bf.pdf, abgerufen am 19.08.2026.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) (2026a): Gesetzentwurf des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie – Entwurf eines Gesetzes für einen planbaren, kosteneffizienten, netzverträglichen und marktorientierten Ausbau der erneuerbaren Energien im Stromsektor. https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Downloads/Gesetz/2026/20260729-entwurf-gesetz-eeg-stromsektor.pdf?__blob=publicationFile&v=8.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) (2026b): Gesetzentwurf des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie – Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Energiewirtschaftsrechts zur Synchronisierung des Anlagenzubaus mit dem Netzausbau sowie zur Verbesserung des Netzanschlussverfahrens.

https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Downloads/Gesetz/2026/20260729-entwurf-gesetz-netzanschlusspaket.pdf?__blob=publication-File&v=4.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2022): Mehr Windenergie auf See – 30 Gigawatt Offshore-Windenergie bis 2030 realisieren. Vereinbarung zwischen dem Bund, den Ländern Hansestadt Bremen,. <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Downloads/neue-offshore-realisierungsvereinbarung-30-gw-bis-2030pdf.html>, abgerufen am 05.08.2026.

Bundesrat (Hg.) (2026): Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Windenergie-auf-See-Gesetzes und anderer Vorschriften. Drucksache 508/26, Berlin. <https://dserver.bundestag.de/brd/2026/0508-26.pdf>, abgerufen am 18.09.2026.

Bundesregierung (2024): Zweites Gesetz zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes vom 15. Juli 2024. Bundesgesetzblatt 2024 I (Nr. 235). <https://www.recht.bund.de/bgbl/1/2024/235/VO.html>.

Bundesregierung (2026): Gesetzesentwurf der Bundesregierung – Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Energiewirtschaftsrechts zur Synchronisierung des Anlagenzubaues mit dem Netzausbau sowie zur Verbesserung des Netzanschlussverfahrens. https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Downloads/Gesetz/2026/20260729-gesetzesentwurf-netzanschlusspaket.pdf?__blob=publication-File&v=4, abgerufen am 05.08.2026.

Bundesverband Geothermie (2026): Tiefe Geothermie in Deutschland 2026 – Karte. Stand Februar 2026. https://www.geothermie.de/fileadmin/user_upload/Aktuelles/Geothermie_in_Zahlen/BVG-TG-Poster-A1-cmyk-2026-02-10-digital.pdf, abgerufen am 05.08.2026.

Bundesverband Wärmepumpe (BWP) (2026): Branchenstudie 2026 – Marktentwicklung, Prognosen & Handlungsempfehlungen, Berlin. https://www.waermepumpe.de/fileadmin/user_upload/2026-03-30_BWP-Branchenstudie_2026_final.pdf, abgerufen am 17.07.2026.

Deutsche Windguard (2026): Status des Windenergieausbaus an Land in Deutschland – Jahr 2025. https://www.windguard.de/veroeffentlichungen.html?file=files/cto_layout/img/unternehmen/veroeffentlichungen/2026/Status%20des%20Windenergieausbaus%20an%20Land_Jahr%202025.pdf.

Ehrentraut, O., Greschkow, A., Kreuzer, P., Toborg, H. & Wandhoff, L. (2024): Defossilisierung und Klimaneutralität – Fachkräftebedarf und Fachkräftegewinnung in der Transformation. Im Auftrag der DIHK - Deutsche Industrie- und Handelskammer. Hg. v. Prognos AG, Berlin. <https://www.dihk.de/source/blob/125844/fb44e61c7128505cae35eac05f57d0b6/dihk-prognos-studie-fachkra-fte-fu-r-die-defossilisierung-data.pdf>, abgerufen am 14.02.2025.

Fingerhut, J. & Wink, R. (2026): Beschäftigung in den erneuerbaren Energien: Entwicklung und politische Reformen. Unter Mitarbeit von Philip Ulrich, Dietmar Edler, Greta Schimanski und Ulrike Lehr. Hg. v. Bertelsmann Stiftung, Gütersloh. <https://www.bertelsmann->

- stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/beschaeftigung-in-den-erneuerbaren-energien-entwicklung-und-politische-reformen, abgerufen am 26.06.2026.
- Fraunhofer ISE (2024): Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien – Studie. Unter Mitarbeit von Christoph Kost, Paul Müller, Jael Sepulveda Schweiger, Verena Fluri und Jessica Thomsen. <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien.html>, abgerufen am 03.04.2025.
- Institut für Zukunftsenergie- und Stoffstromsysteme (IZES) (2025): Zukunftsaussichten der Biogasbranche – Studie für den Fachverband Biogas (FvB). Unter Mitarbeit von Patrick Matschoss, Joachim Pertagnol, Uwe Klann, Yue Zheng, Florian Noll, Katja Weiler und Stefan Werland. <https://izes.eu/wp-content/uploads/20251125-IZES-FvB-Studie-web.pdf>, abgerufen am 17.07.2026.
- International Energy Agency (IEA) (2024): The Future of Geothermal Energy, Paris. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-geothermal-energy>.
- Kassem, M. A. & Moscariello, A. (2025): Geothermal energy: A sustainable and cost-effective alternative for clean energy production and climate change mitigation. *Sustainable Futures* 10, S. 101247. DOI: 10.1016/j.sftr.2025.101247.
- Leipziger Institut für Energie (IE Leipzig) (2025): Mittelfristprognose zur deutschlandweiten Stromerzeugung aus EEG-Anlagen und der zu leistenden Zahlungen für die Kalenderjahre 2026 bis 2030 – Endbericht. r2b energy consulting, Stuttgart. https://www.netztransparenz.de/xspproxy/api/staticfiles/ntp-relaunch/dokumente/erneuerbare%20energien%20und%20umlagen/eeg/eeg%20finanzierung/mittelfristprognose/2026-2030/20251015_endbericht%20ie%20leipzig.pdf.
- Ludwig, T., Timm, S., Cordes, S. & Schwieger, F. (2023): Branchenanalyse Windindustrie: Perspektiven vor dem Hintergrund von Globalisierung, Energiewende und Digitalisierung. Hans-Böckler-Stiftung. Working Paper Forschungsförderung (273). <https://hdl.handle.net/10419/271011>.
- O'Sullivan, M., Edler, D. & Lehr, U. (2018): Ökonomische Indikatoren des Energiesystems – Methode, Abgrenzung und Ergebnisse für den Zeitraum 2000 – 2016 : Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. GWS Research Report 2018/1, Osnabrück. <http://papers.gws-os.com/gws-researchreport18-1.pdf>.
- PV Magazine (2026): Global solar additions reached record 511 GW in 2025, says IRENA. Unter Mitarbeit von Patrick Jowett. <https://www.pv-magazine.com/2026/04/02/global-solar-additions-reached-record-511-gw-in-2025-says-irena/>, zuletzt aktualisiert am 02.04.2026, abgerufen am 19.08.2026.
- Schill, W.-P., Guéret, A., Roth, A. & Schmidt, F. (2025): Bilanz des Ampel-Monitors: Mehr Tempo für die Energiewende. DIW. DIW Wochenbericht 7/2025. https://doi.org/10.18723/DIW_WB:2025-7-1.
- Sensfuß, F., Lux, B., Bernath, C., Kiefer, C., Pfluger, B. & Kleinschmitt, C. (2021): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3 – Kurzbericht: 3 Hauptszenarien. https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2021/LFS_Kurzbericht.pdf, abgerufen am 15.09.2023.

- Sixtus, F., Riesenhuber, P., Wazinski, C., Hinz, C., Salecki, S., Baerens, T., Hirschl, B., Kempermann, H. & Hönig, T. (2025): Stärkung der regionalen Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien – Bericht. BMWK, Berlin. https://www.bundeswirtschaftsmi-nisterium.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/staerkung-der-regionalen-wert-schoepfung-durch-erneuerbare-energien.pdf?__blob=publicationFile&v=2.
- Ulrich, P., Edler, D. & Ahlert, G. (2024): Fachkräftebedarf für den zukünftigen EE-Ausbau – Quantitative Abschätzungen bis zum Jahr 2030. GWS Research Report 2024/4. <http://papers.gws-os.com/gws-researchreport24-4.pdf>.
- Ulrich, P., Edler, D. & Lehr, U. (2026): Aktuelle Entwicklungen der EE-Beschäftigung – Heiter bis wolkig. GWS Kurzmitteilung 2026/12, Osnabrück. https://gws-os.com/fileadmin/downloads/GWS-Kurzmitteilung_2026_12.pdf.
- Umweltbundesamt (UBA) (2025): Nutzung der Wasserkraft. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/nutzung-der-wasserkraft>, zuletzt aktualisiert am 17.03.2025, abgerufen am 05.08.2026.
- Verband Kommunalen Unternehmen e.V. (VKU) (2025): KWK-Evaluierungsbericht der Verbände 2025 – Rolle der KWK im Energiesystem der Zukunft - Bindeglied zwischen Versorgungssicherheit und erneuerbaren Energien. Hg. v. AGFW, Frankfurt. https://www.vku.de/fileadmin/user_upload/Verbandsseite/Positionen/Kommunale_Energieversorgung/2025/251110_KWK-Evaluierungsbericht_der_Verb%C3%A4nde_2025_AGFW_VKU.pdf, abgerufen am 05.08.2026.
- Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) (2026a): Datenlieferung – Sonderauswertung.
- Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) (2026b): Wirtschaftliche Impulse durch Erneuerbare Energien – Zahlen und Daten zum Erneuerbaren-Ausbau als Wirtschaftsfaktor. Kurzdokumentation (Stand Februar 2026), Stuttgart.
- Zika, G., Hummel, M., Maier, T. & Wolter, M. I. (Hg.) (2023): Das QuBe-Projekt: Modelle, Module, Methoden. IAB. 1. Auflage. wbv Publikation. IAB-Bibliothek 374, Bielefeld. <https://elibrary.utb.de/doi/book/10.3278/9783763973712>, abgerufen am 15.02.2024.
- Zika, G., Kalinowski, M., Krinitz, J., Maier, T., Mönnig, A., Schneemann, C., Schroer, J. P., Wolter, M. I. & Zenk, J. (2026): Fachkräftemonitoring für das BMAS – Mittelfristprognose bis 2029. Bundesministerium für Arbeit und Soziales. Forschungsbericht 670.

