September 2025

Kurzstudie

Fachkräfte sichern, Ausbauziele erreichen

Arbeitsmarktbedarfe entlang der Erneuerbaren-Wertschöpfungskette

Henry Zehe
Florian Fickler

Zusammenfassung

Deutschland verfolgt ambitionierte Ziele beim Ausbau erneuerbarer Energien: **Bis 2030 sollen 115 GW Wind an Land, 30 GW Wind auf See und 215 GW Photovoltaik installiert sein** (EEG 2023). Diese Transformation ist nicht nur eine technische, sondern vor allem eine arbeitsmarktpolitische Herausforderung. Auf Basis des sektorübergreifenden Arbeitsmarkt-Modells (SAM) von WifOR zeigt die vorliegende Studie: Zur Erreichung der Ausbauziele werden bis 2030 rund **160.000 zusätzliche Vollzeitäquivalente (VZÄ)** benötigt – verteilt auf Zulieferung, Anlagenproduktion sowie Planung und Montage.

Die Bedarfe unterscheiden sich dabei deutlich nach Technologie und Arbeitsschritt: Während Photovoltaik durch hohe Importquoten vergleichsweise wenig inländisches Personal bindet, erfordert der Ausbau der Windenergie – insbesondere Offshore – eine tiefere Fertigungstiefe und damit deutlich mehr Fachkräfte. Besonders kritisch sind die Engpässe in der **Anlagenproduktion und den Zulieferindustrien**, wo rund **93.000 zusätzliche Fachkräfte** gebraucht werden. Im Bereich **Planung und Montage** liegt der Mehrbedarf bei rund **67.000 VZÄ**. Ohne gezielte Qualifizierung drohen Verzögerungen, steigende Kosten und eine sinkende Wirksamkeit staatlicher Förderprogramme.

Die Studie macht deutlich: Eine erfolgreiche Energiewende erfordert nicht nur technische Infrastruktur, sondern auch eine **strategisch ausgerichtete Fachkräftepolitik**. Dazu gehören vorausschauende Investitionen in Ausbildung, Weiterbildung und regionale Qualifizierungsstrukturen. Fördermaßnahmen sollten nicht allein auf die Zahl neuer Arbeitsplätze abzielen, sondern auch auf deren Beitrag zur inländischen Wertschöpfung und industriellen Resilienz.

Ein zusätzlicher Blick auf die **arbeitsmarktökonomische Effizienz** – gemessen in zusätzlichen Fachkräftebedarfen pro erzeugter Terawattstunde (TWh) – erlaubt darüber hinaus eine strategische Priorisierung: Er zeigt, wo Personalressourcen den größten Beitrag zur Energieproduktion leisten – und wo industrie-, qualifikations- und standortpolitische Weichenstellungen besonders wirkungsvoll sein können.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung I

1. Einleitung 1

2. Fachkräftebedarfe für erneuerbare Energien: 2024 vs. 2030 3

2.1 Detailanalyse der Arbeitsschritte 5

3. Vergleichbarkeit schaffen: Fachkräfteeffizienz als strategischer Maßstab 8

4. Politische Implikationen & Handlungsempfehlungen 11

Literaturverzeichnis 13

Anhang 14

Fachkräftebedarfe im Überblick 14

Das sektorübergreifende Arbeitsmarkt-Modell 14

Sektorabgrenzung 16

1. Einleitung

Deutschland steht vor einer doppelten Herausforderung: Der Ausbau der erneuerbaren Energien soll nicht nur einen zentralen Beitrag zum Klimaschutz leisten, sondern auch die Grundlage für einen zukunftsfähigen, international wettbewerbsfähigen Wirtschaftsstandort schaffen. Mit der 2023 erfolgten Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG 2023) hat die Bundesregierung einen verbindlichen Rahmen für ambitionierte Ausbauziele geschaffen: Bis 2030 sollen u. a. 115 GW Wind an Land, 30 GW Wind auf See und 215 GW Photovoltaik installiert sein (BMJ, 2022; BMWK, 2022).

Der Umbau des Energiesystems ist dabei weit mehr als ein technologisches Großprojekt. Er berührt grundlegende Fragen der Industrie-, Regional- und Arbeitsmarktpolitik. Denn der Erfolg der Energiewende hängt nicht nur von Genehmigungsprozessen und Investitionen ab – sondern entscheidend von der Verfügbarkeit qualifizierter Fachkräfte. Bereits heute zeigen sich insbesondere bei Windenergieprojekten deutliche Verzögerungen. Aktuelle Zahlen des Umweltbundesamts (Stand Februar 2025) weisen darauf hin, dass der Ausbau hinter den Erwartungen zurückbleibt (Lewicki, 2025). Fehlendes Personal – etwa in Produktion, Projektierung und Installation – ist dabei ein zentrales Nadelöhr (Tiedemann & Risius, 2025). Diese Entwicklung ist kein Randphänomen.

Der Fachkräftemangel gefährdet sowohl den Zeitplan als auch die Wirtschaftlichkeit der Energiewende: Projekte verzögern sich (IWR, 2021; Ludwig et al., 2023), die Kosten steigen (Brucker Juricic et al., 2021a; Karimi et al., 2018) und die Wirksamkeit von Förderprogrammen nimmt dadurch ab. Ohne ausreichende personelle Kapazitäten droht zudem, dass Investitionen ins Ausland abwandern – mit langfristigen Folgen für Wertschöpfung, Beschäftigung und industrielle Kompetenz in Deutschland.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage: **Wie viele Fachkräfte werden benötigt, um die Ausbauziele des EEG bis 2030 zu erreichen – und wo entstehen diese Bedarfe konkret entlang der Wertschöpfungskette?**

Die vorliegende Studie geht dieser Frage auf Basis des von WifOR entwickelten Sektorübergreifenden Arbeitsmarkt-Modells (SAM) nach. Im Fokus stehen dabei die drei zentralen Erzeugungsformen: Photovoltaik, Wind an Land und Wind auf See. Für jede dieser Technologien werden die personalrelevanten Arbeitsschritte – Zulieferung, Anlagenproduktion sowie Planung und Montage – analysiert und der resultierende Fachkräftebedarf bis 2030 quantifiziert. Das SAM-Modell erfasst dabei sowohl direkte als auch indirekte Beschäftigungseffekte, einschließlich jener in vor- und nachgelagerten Branchen.

Ziel ist es, aufzuzeigen, in welchen Bereichen gezielte Qualifizierungs- und Investitionsstrategien notwendig sind, um die Energiewende nicht nur ökologisch, sondern auch wirtschafts- und beschäftigungspolitisch erfolgreich zu gestalten.

Methodik: Quantifizierung des zusätzlichen Fachkräftebedarfs

Der folgende Abschnitt liefert die methodische Grundlage der vorliegenden Ergebnisse. Im Mittelpunkt steht das von WifOR entwickelte Sektorübergreifende Arbeitsmarkt-Modell (SAM), das es ermöglicht, Investitionen in Beschäftigungseffekte entlang technologie- und sektorübergreifender Wertschöpfungsketten zu überführen. Damit schafft das Modell die empirische Basis für eine fundierte arbeitsmarktpolitische Diskussion der Ausbauziele im EEG.

Zur Ermittlung des künftigen Personalbedarfs wurden zunächst auf Basis des aktuellen Ausbaustands (Februar 2025) technologiespezifische Investitionsbedarfe für den Zeitraum bis 2030 abgeleitet (für die Herleitung: Zehe, 2025 i. E.). Diese wurden mithilfe des SAM-Modells in direkte und indirekte Beschäftigungseffekte übersetzt. Die Berechnungen berücksichtigen sowohl branchenspezifische Kostenstrukturen als auch Importanteile der eingesetzten Vorleistungen und wurden für alle drei Erzeugerformen kalibriert. Grundlage hierfür sind spezifische Kostenstrukturen aus aktuellen Studien sowie Berechnungen mithilfe von Input-Output-Tabellen (Miller & Blair, 2009; Eurostat, 2019).

Ein zentrales Merkmal des SAM-Modells ist die detaillierte Abbildung der relevanten Wertschöpfungsketten. Konventionelle Branchenklassifikationen – etwa der Maschinenbau – erfassen die für den Ausbau erneuerbarer Energien benötigten Tätigkeiten nur unzureichend. Deshalb wurden die relevanten Wertschöpfungsketten technologie- und prozessspezifisch abgegrenzt und mit empirisch fundierten Kostenprofilen verknüpft. Dabei wurden auch Importanteile differenziert nach Herkunftsregion berücksichtigt – innerhalb der EU ebenso wie gegenüber Drittstaaten.

Für Photovoltaik, Wind an Land und Wind auf See wurden diese in drei zentrale Arbeitsschritte unterteilt:

1. **Zulieferer** (z. B. Maschinenbau, Elektrotechnik, Werkstoffe),
2. **Anlagenproduktion** (Turbinen, Module, Rotorblätter, Türme),
3. **Planung und Montage** (Installation, Fundamentarbeiten, Projektmanagement).

Für jeden Schritt wurde bestimmt, welcher Anteil der Leistungen voraussichtlich in Deutschland erbracht wird – und damit arbeitsmarktrelevante Effekte im Inland erzeugt. Die Importanteile unterscheiden sich dabei deutlich: Bei Photovoltaik stammen etwa 90 % der Module aus dem außereuropäischen Ausland, vor allem aus China (Statistisches Bundesamt, 2023).

Windkraftanlagen werden dagegen zu großen Teilen in Europa gefertigt (Paraschiv et al., 2024). Transportintensive Komponenten wie Türme oder Rotorblätter entstehen häufig in räumlicher Nähe zu den Installationsorten, was regionale Beschäftigungseffekte stärkt. Andere Vorleistungen – wie Elektronik oder Spezialmaterialien – werden teilweise importiert. Im Durchschnitt liegt der Anteil außereuropäischer Importe bei Photovoltaik bei 26 %, bei Wind an Land bei 13 % und bei Wind auf See bei lediglich 9 %.

Diese Unterschiede in Fertigungstiefe und Importabhängigkeit wirken sich direkt auf die Beschäftigungseffekte aus: Investitionen erzeugen nur dann inländische Arbeitsplätze, wenn die entsprechenden Leistungen auch im Inland erbracht werden. Für diese Studie wurden Importquoten und Fertigungstiefen über den Analysezeitraum hinweg konstant gehalten.

Die Berechnung der Beschäftigungseffekte erfolgt auf Basis von Input-Output-Tabellen (Eurostat, 2019) und branchenspezifischen Arbeitsproduktivitätsdaten (Eurostat, 2024). Diese erlauben es, die Bruttowertschöpfung je Arbeitsschritt und Technologie in Vollzeitäquivalente zu überführen. Die verwendeten Koeffizienten beruhen auf empirisch beobachteten Durchschnittswerten, angepasst an die jeweiligen technologischen Besonderheiten.

Die Analyse berücksichtigt ausschließlich inländisch induzierte Beschäftigungswirkungen – also jene Arbeitsplätze, die durch in Deutschland aufgestellte Anlagen entstehen. Exportinduzierte Beschäftigungseffekte wurden bewusst nicht einbezogen.

Das SAM-Modell verfolgt einen bewusst **konservativen Abgrenzungsansatz**: Nur solche Leistungen werden berücksichtigt, die in einem direkten und nachvollziehbaren Zusammenhang mit der Branche stehen. Allgemeine Vorleistungen wie Bürobedarf oder Standardwerkzeuge werden ausgeklammert. Diese methodische Fokussierung erlaubt eine präzise Identifikation der tatsächlich ausbauinduzierten zusätzlichen Fachkräftebedarfe – und bildet die Grundlage für die im Folgenden dargestellte Analyse. Eine detaillierte Beschreibung des Modells und seiner Datengrundlagen findet sich im Anhang.

2. Fachkräftebedarfe für erneuerbare Energien: 2024 vs. 2030

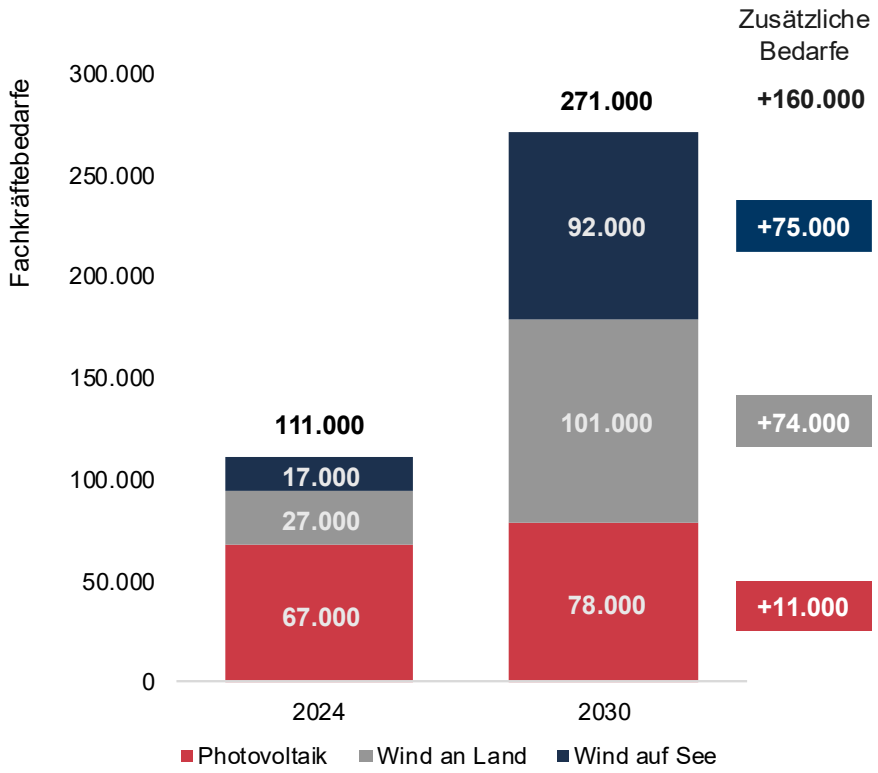
Die Energiewende ist ein zentrales Transformationsprojekt der kommenden Jahre. Mit den im EEG 2023 verankerten Ausbauzielen verfolgt die Bundesregierung das Ziel, eine klimaneutrale Energieversorgung mit einer zukunftsfähigen Wirtschaftsstruktur zu verbinden. Der Ausbau erneuerbarer Energien gilt dabei als Schlüssel – ökologisch notwendig, wirtschaftlich chancenreich und industriepolitisch herausfordernd.

Doch ambitionierte Ausbauziele allein reichen nicht aus. Ob die Energiewende gelingt, entscheidet sich nicht nur an technischen oder finanziellen Fragen – sondern ganz wesentlich an der Verfügbarkeit qualifizierter Fachkräfte. Unsere Analyse zeigt: Um die gesetzten Ziele bis 2030 zu erreichen, werden rund 160.000 zusätzliche Vollzeitäquivalente (VZÄ) benötigt.

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Erzeugungsformen, vgl. Abbildung 1, sind dabei erheblich:

- In der **Photovoltaik** ist ein Großteil des künftigen Personalbedarfs bereits heute gedeckt – rund 67.000 der insgesamt 78.000 VZÄ sind bereits besetzt.
- Bei der **Windenergie an Land** hingegen muss sich die Zahl der Beschäftigten von aktuell rund 27.000 auf rund 101.000 VZÄ nahezu vervierfachen.
- Für die **Windenergie auf See** ergibt sich ein noch größerer Zuwachs: Von heute rund 17.000 auf etwa 92.000 VZÄ – das entspricht einer Verfünffachung.

Abbildung 1: Fachkräftebedarfe für den Ausbau erneuerbarer Energien 2024 und 2030 und daraus resultierende zusätzliche Bedarfe nach Erzeugerform [in Vollzeitäquivalenten]



Quelle: WifOR, eigene Berechnungen.

Diese Steigerungen sind ambitioniert. Zwar könnten perspektivisch Beschäftigte aus konventionellen Energiebereichen frei werden, doch ein nahtloser Übergang ist keineswegs gesichert. Häufig klaffen die Qualifikationen auseinander: Die Anforderungen in der Turbinenfertigung, der Projektentwicklung oder beim Aufbau maritimer Anlagen unterscheiden sich

deutlich von Tätigkeiten in der fossilen Energieversorgung. Hinzu kommt: Viele dieser Fachkräfte – etwa im Bau- oder Elektrobereich – sind bereits heute in anderen Branchen stark nachgefragt (Burstedde & Kolev-Schaefer, 2024; Garnitz et al., 2023).

Ein zusätzlicher Engpass kann sich durch regionale Mismatches ergeben. Die Arbeitskräfte aus schrumpfenden Industrien befinden sich nicht zwingend in jenen Regionen, in denen der Ausbau erneuerbarer Energien vorangetrieben wird. Die vorliegende Studie betrachtet diese Bedarfe auf gesamtdeutscher Ebene und nimmt keine Regionalisierung vor. Gleichwohl ist die regionale Perspektive entscheidend: Um sowohl die Ausbauziele zu erreichen als auch regionale Wirtschaftskreisläufe zu stärken, müssen Qualifikationen dort entwickelt werden, wo neue Beschäftigungschancen entstehen – etwa durch ansässige Zuliefer- und Produktionsbetriebe, geeignete Flächen oder arbeitsmarktpolitisch aktivierbare Potenziale. Ein anschauliches Beispiel bietet die Region Lausitz: Der Ausstieg aus der Kohleverstromung setzt erhebliche Personalressourcen frei, die – bei rechtzeitiger Qualifizierung – in den Ausbau erneuerbarer Energien überführt werden könnten (Bode et al., 2024). Standortentscheidungen, die vorhandene Industrieerfahrung, Flächenverfügbarkeit und Fachkräftepotenziale zusammenführen, können nicht nur die Energiewende beschleunigen, sondern auch langfristige Perspektiven für die betroffenen Regionen schaffen.

Damit diese Potenziale gehoben werden können, braucht es eine regionale Qualifizierungsstrategie, die gezielt an der Schnittstelle zwischen Transformation, Fachkräftesicherung und Strukturpolitik ansetzt. Voraussetzung hierfür ist eine bessere Datengrundlage: Derzeit fehlen öffentlich zugängliche, kleinräumig aufgeschlüsselte Arbeitsmarkt- und Wertschöpfungsdaten, die eine systematische Regionalisierung der Zusatzbedarfe ermöglichen würden.

2.1 Detailanalyse der Arbeitsschritte

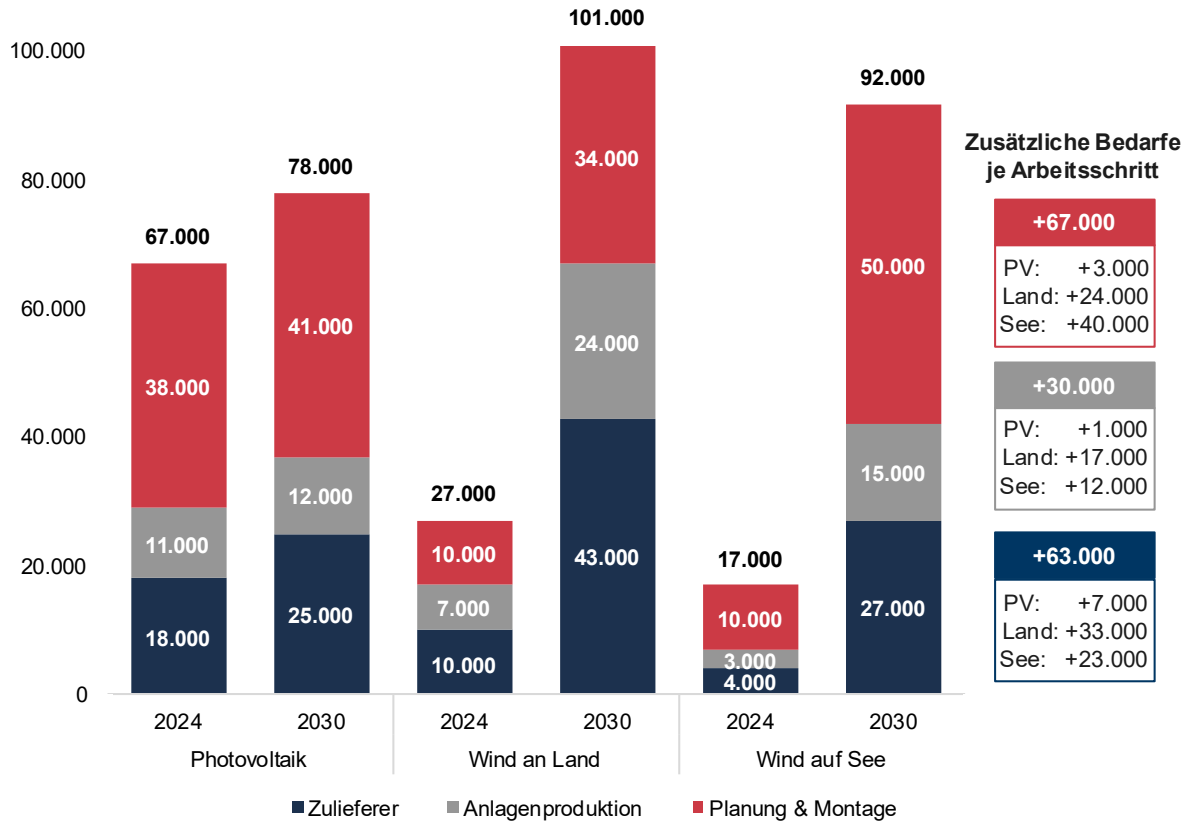
Die zuvor dargestellten Zahlen zum Gesamtbedarf zeigen die Größenordnung der Herausforderung. Doch um Fachkräftesicherung wirksam gestalten zu können, reicht der Blick auf die Gesamtsummen nicht aus. Entscheidend ist die Frage, wo genau die zusätzlichen Bedarfe entstehen werden – also in welchen Arbeitsschritten der Wertschöpfungskette konkrete Bedarfe entstehen.

Die folgende Analyse differenziert deshalb entlang von drei zentralen Tätigkeitsbereichen:

- der Zulieferung spezialisierter Komponenten und Materialien,
- der industriellen Anlagenproduktion,
- sowie der Planung und Montage vor Ort.

Die Ergebnisse zeigen: Der Ausbau erneuerbarer Energien erzeugt Beschäftigungswirkungen in ganz unterschiedlichen Berufsfeldern – von industrieller Fertigung über projektnahe Dienstleistungen bis hin zu baunahen Gewerken. Diese Differenzierung ist zentral, um gezielte Qualifizierungsstrategien, regionale Ausbildungsangebote und wirtschaftspolitische Förderinstrumente entwickeln zu können.

Abbildung 2: Fachkräftebedarfe 2024 und 2030 und daraus resultierende zusätzliche Bedarfe nach Erzeugerformen und Arbeitsschritten [in Vollzeitäquivalenten]



Quelle: WifOR, eigene Berechnungen.

In den vorgelagerten **Zulieferindustrien** ist mit einem erheblichen Zuwachs zu rechnen: Die Zahl der Beschäftigten steigt von 32.000 auf etwa 95.000 VZÄ. Damit entsteht hier der zweitgrößte absolute Zusatzbedarf (+63.000 VZÄ). Diese Tätigkeiten verteilen sich auf verschiedene Industriebranchen wie Maschinenbau, Elektrotechnik oder Werkstoffverarbeitung – mit entsprechend breiter Wirkung auf die gesamtwirtschaftliche Beschäftigung.

Die **Anlagenproduktion** – also die industrielle Fertigung von Turbinen, Modulen und Systemkomponenten – wächst von rund 21.000 auf 51.000 VZÄ. Das entspricht einem Zuwachs von etwa 30.000 Beschäftigten. Der vergleichsweise geringere Anstieg im Verhältnis zur Gesamtbeschäftigung erklärt sich vor allem durch die hohen Importquoten im Photovoltaikbereich, insbesondere bei Solarmodulen, sowie durch die Spezialisierung und hohe Fertigungstiefe

einzelner Komponenten. Letztere bedingen zugleich den starken Anstieg in den vorgelagerten Zulieferindustrien, da viele dieser hochkomplexen Bauteile in spezialisierten Industriezweigen wie Maschinenbau, Werkstoffverarbeitung oder Elektrotechnik entstehen.

Am stärksten wächst der Bereich Planung und Montage: Die Zahl der dort Beschäftigten steigt von rund 58.000 auf etwa 125.000 Vollzeitäquivalente – ein Plus von etwa 67.000 VZÄ. Besonders gefragt sind hier spezialisierte Fachkräfte im Bau-, Elektro- und Ingenieurwesen, etwa für Installation, Projektierung und Inbetriebnahme von Anlagen (Koneberg et al., 2022).

Neben der Differenzierung nach Arbeitsschritten lassen sich auch **technologiespezifische Unterschiede** feststellen:

- Im **Photovoltaik-Sektor** fällt der Zuwachs moderat aus. Während der Montagebereich leicht wächst (von rund 38.000 auf etwa 41.000 VZÄ), bleibt der Zusatzbedarf in der Produktion (+1.000 VZÄ), aufgrund der hohen Importanteile, quasi konstant. Lediglich bei den Zulieferern (+7.000 VZÄ) finden sich moderate Steigerungen.
- Bei der **Windenergie an Land** entfällt ein Großteil zusätzlichen Bedarfs auf industrielle Tätigkeiten: Rund 33.000 VZÄ entfallen auf Zulieferung, 17.000 auf die Produktion. Der Bereich Planung und Montage wächst ebenfalls deutlich – von 10.000 auf etwa 34.000 VZÄ.
- Bei der **Windenergie auf See** zeigt sich ein ähnliches Muster, jedoch mit noch stärkeren Zuwächsen im Bereich Planung und Montage: Die Beschäftigtenzahl steigt dort von knapp 10.000 auf etwa 50.000 VZÄ. Dies reflektiert die höhere technische Komplexität maritimer Projekte. Auch Zulieferung (+23.000 VZÄ) und Produktion (+12.000 VZÄ) verzeichnen substanzielle zusätzliche Bedarfe.

Insgesamt zeigt sich, bis 2030 werden im Bereich Zulieferung rund 63.000, in der Anlagenproduktion etwa 30.000 und im Bereich Planung und Montage ein Bedarf von etwa 67.000 VZÄ entstehen. Der Ausbau erneuerbarer Energien erzeugt damit nicht nur Beschäftigung in spezialisierten Nischen, sondern entlang der gesamten industriellen und handwerklichen Wertschöpfungskette – mit entsprechend hoher volkswirtschaftlicher Relevanz.

Gleichzeitig macht die Breite der betroffenen Tätigkeitsbereiche deutlich: **Fachkräftesicherung ist eine Querschnittsaufgabe.** Ohne ausreichend qualifiziertes Personal – von der Herstellung komplexer Bauteile bis zur Installation vor Ort – drohen Verzögerungen, steigende Kosten und eine geringere Effektivität staatlicher Förderinstrumente (Karimi et al., 2018; Brucker Juricic et al., 2021b). Engpassberufe wie Bauelektrik, elektrische Betriebstechnik oder spezialisierte Montagetätigkeiten rücken damit verstärkt in den Fokus (Tiedemann & Risius, 2025).

Engpässe an einzelnen Stellen der Wertschöpfungskette können dabei die gesamte Ausbau- und Beschäftigungsdynamik hemmen. Fehlt es beispielsweise an qualifiziertem Personal für Planung und Montage, verzögern sich die Umsetzung und Fertigstellung von Projekten. Dadurch

werden weniger Anlagen tatsächlich installiert, als ursprünglich vorgesehen. Dies führt wiederum dazu, dass auch nachgelagerte Aufträge – etwa für die Lieferung von Turbinen, Modulen oder anderen Vorprodukten – ausbleiben oder verschoben werden. Ein Mangel im Bereich Planung und Montage wirkt sich somit nicht nur unmittelbar auf den Baufortschritt aus, sondern dämpft auch die Nachfrage nach industriellen Vorleistungen und hemmt die gesamte Wertschöpfungskette.

Umgekehrt blockiert ein Fachkräftemangel in Zulieferindustrien die industrielle Fertigung – und damit auch die Umsetzung geplanter Projekte. In beiden Fällen entsteht das Risiko, dass Unternehmen auf internationale Lieferketten ausweichen, wenn Engpässe im Inland nicht rechtzeitig behoben werden. Damit wird der Fachkräftemangel nicht nur zu einem arbeitsmarkt-, sondern auch zu einem **industriepolitischen Risikofaktor**, der die angestrebte Wertschöpfungstiefe im Inland gefährden kann.

Es gilt daher, rasch und vorausschauend Kompetenzen in diesen Schlüsselbereichen aufzubauen – und entsprechende Ausbildungs- und Weiterbildungsangebote strategisch auszurichten. Nur so lässt sich der Ausbau der erneuerbaren Energien arbeitsmarktgerecht, standortstabilisierend und industriepolitisch tragfähig gestalten.

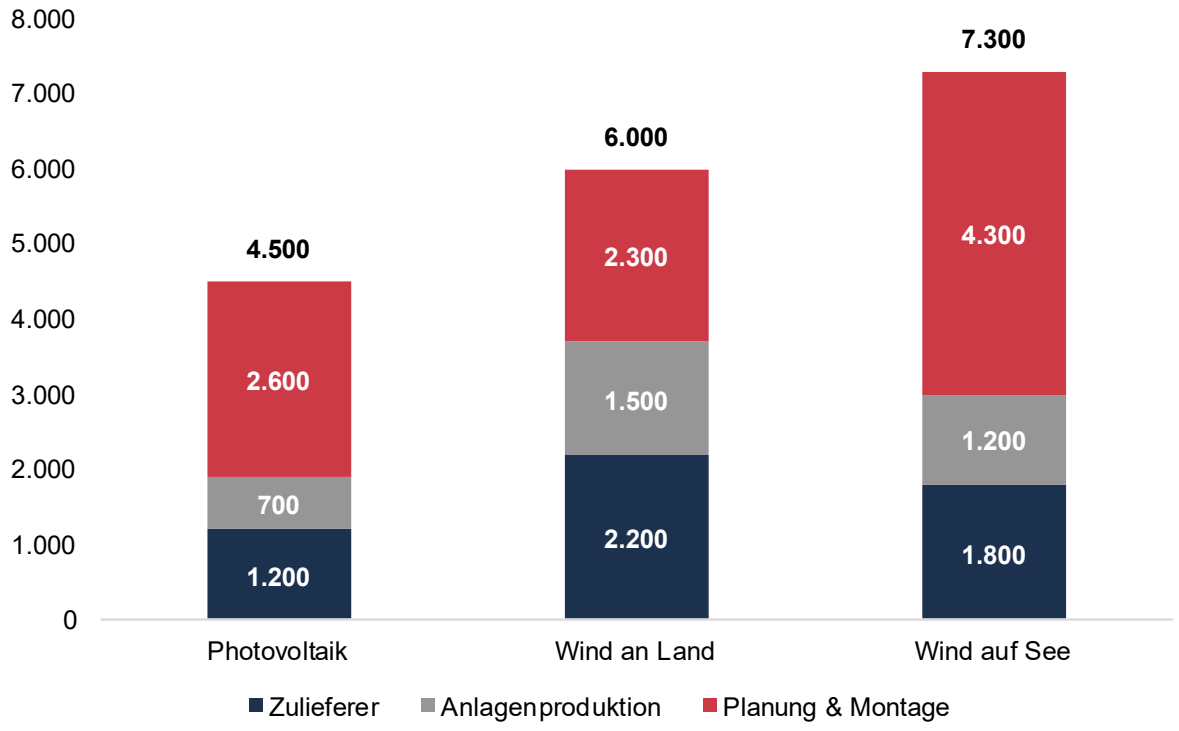
3. Vergleichbarkeit schaffen: Fachkräfteeffizienz als strategischer Maßstab

Nicht jede Kilowattstunde erneuerbarer Energie entsteht unter denselben Bedingungen – und nicht jede schafft gleich viele Arbeitsplätze. Während sich politische Ausbauziele häufig an der installierten Leistung orientieren, ist für die arbeitsmarktpolitische Steuerung eine andere Perspektive entscheidend: Wie viele Fachkräfte werden tatsächlich benötigt, um eine bestimmte Stromerzeugungskapazität zu errichten?

Denn nur wenn klar ist, wo Fachkräfte mit dem größten Effekt eingesetzt werden, lassen sich begrenzte Ressourcen effizient steuern, strategische Förderschwerpunkte setzen und Wertschöpfung gezielt im Inland sichern. Die Betrachtung der Bedarfe pro erzeugter Terawattstunde (TWh) schafft damit eine zentrale Voraussetzung für eine realitätsnahe, wirksame und strategiefähige Fachkräftesicherung.

Die folgende Analyse vergleicht daher den Bedarf pro produzierter TWh zwischen Photovoltaik, Wind an Land und Wind auf See – und zeigt, wie stark sich die Technologien hinsichtlich ihrer arbeitsmarktökonomischen Effizienz unterscheiden. Dabei wird auch deutlich: Der Bedarf hängt nicht nur von der Technologie, sondern maßgeblich von der gewählten Wertschöpfungsstrategie ab – etwa der Entscheidung, ob Komponenten importiert oder im Inland gefertigt werden sollen.

Abbildung 3: Fachkräftebedarf im Jahr 2030 je TWh nach Erzeugerformen und Arbeitsschritten [in Vollzeitäquivalenten]



Quelle: WifOR, eigene Berechnungen.

Die Modellierungsergebnisse zeigen: Für die Errichtung neuer Anlagen, die jeweils eine zusätzliche TWh Strom pro Jahr erzeugen, werden in der Photovoltaik rund 4.500 Vollzeitäquivalente (VZÄ) benötigt. Bei Wind an Land liegt der Wert bei etwa 6.000, bei Wind auf See bei rund 7.300 VZÄ je TWh.[1] Diese Unterschiede spiegeln sowohl technologische Besonderheiten als auch strukturelle Faktoren wie Installationskomplexität und Fertigungstiefe wider. Windenergie – insbesondere auf See – erzeugt mehr Beschäftigung im Inland, stellt aber auch höhere Anforderungen an Qualifikation und Personalverfügbarkeit.

Eine differenzierte Betrachtung der Arbeitsschritte zeigt, wie sich diese Unterschiede zusammensetzen:

- Bei **Wind an Land** liegt der Schwerpunkt der Beschäftigung mit rund 3.700 VZÄ je TWh auf Anlagenproduktion und Zulieferung. Weitere 2.300 VZÄ entfallen auf Planung und Montage.
- Die **Windenergie auf See** zeigt eine ähnliche Fertigungstiefe, erfordert jedoch insbesondere bei der Montage zusätzliche maritime Expertise. Hier entfallen rund 1.800 VZÄ auf die

[1]Für die Umrechnung von installierter Nennleistung in produzierte Leistung verwenden wir die langfristigen Durchschnitte von 1711 kWh je kWp für Wind an Land, 3051 kWh je kWp für Wind auf See und 866 kWh je kWp für Photovoltaik. Die tatsächlich erzeugte Menge schwankt abhängig von Umweltbedingungen.

Zulieferung, 1.200 auf die Produktion und 4.300 auf Planung und Montage – der höchste Einzelwert unter allen Arbeitsschritten.

- Die **Photovoltaik** unterscheidet sich grundlegend: Während der Personalbedarf für Planung und Montage mit rund 2.600 VZÄ je TWh in ähnlicher Größenordnung wie bei Wind an Land liegt, ist der Bedarf für inländische Produktion und Zulieferung mit zusammen rund 1.900 VZÄ deutlich geringer. Der Grund liegt in den hohen Importanteilen bei Modulen und Komponenten.

Der arbeitsmarktökonomische Wirkungsgrad unterscheidet sich somit nicht nur zwischen den Erzeugungstechnologien, sondern auch innerhalb der jeweiligen Wertschöpfungsketten, also der Verteilung zwischen Produktion, Zulieferung und Montage, teils erheblich.

Während Wind an Land und auf See vergleichsweise hohe Beschäftigungseffekte generieren – vor allem durch eine tiefere inländische Fertigungstiefe und montageintensive Prozesse –, ist der Personalbedarf in der Photovoltaik aufgrund hoher Importquoten deutlich geringer. Dort liegt der Schwerpunkt der inländischen Beschäftigung klar auf der Installation vor Ort, während Vorprodukte und Komponenten weitgehend im Ausland gefertigt werden.

Diese Unterschiede sollten nicht vorschnell als Vor- oder Nachteil gewertet werden, sie markieren vielmehr strategische Entscheidungsräume: Technologien mit hohen Bedarfen je TWh bieten potenziell stärkere Beschäftigungsimpulse im Inland, stellen aber höhere Anforderungen an Verfügbarkeit und Qualifikation des Personals. Technologien mit niedrigem Bedarf können den Ausbau bei knappen Kapazitäten erleichtern, sind aber stärker von globalen Wertschöpfungsketten abhängig.

Die Kennzahl „Bedarf je TWh“ ermöglicht es, diese Zusammenhänge greifbar zu machen. Sie schafft eine belastbare Grundlage, um industrie- und arbeitsmarktpolitische Zielkonflikte abzuwägen: etwa zwischen Beschäftigungseffekten und Versorgungssicherheit, zwischen Importabhängigkeit und Standortentwicklung. Damit wird sie zu einem strategischen Steuerungselement der Energiewende – und für die Frage, wo Fachkräfte eingesetzt werden sollten, um den größten Beitrag zur Wertschöpfung und Stromproduktion zu leisten.

Die arbeitsmarktökonomische Betrachtung je TWh verdeutlicht: Nicht jede Technologie trägt in gleicher Weise zur inländischen Beschäftigung bei – und nicht jede kann unter gleichen Rahmenbedingungen wachsen. Eine differenzierte Betrachtung ist notwendig, um Engpässe frühzeitig zu erkennen, Standortstrategien zu justieren und Qualifizierungsbedarfe vorausschauend zu adressieren.

Darauf aufbauend zeigt das folgende Kapitel, welche konkreten Handlungsfelder sich für Politik, Wirtschaft und Arbeitsmarktakteure ergeben – und wie die Fachkräftesicherung als integraler Bestandteil einer industriepolitisch tragfähigen Energiewende gestaltet werden kann.

4. Politische Implikationen & Handlungsempfehlungen

Die Ergebnisse der Analyse zeigen: Der Ausbau der erneuerbaren Energien und die Ziele des EEG 2023 sind nicht nur ein technologisches Infrastrukturprojekt, sondern ein arbeitsmarkt- und industriepolitisches Vorhaben mit weitreichenden Implikationen. Die Herausforderungen sind dabei ebenso vielschichtig wie die Chancen: Bis 2030 werden rund 160.000 zusätzliche Vollzeitäquivalente benötigt – verteilt über unterschiedlichste Branchen, Qualifikationsniveaus und Regionen. Diese Bedarfe strategisch zu adressieren, ist eine zentrale Voraussetzung für das Gelingen der Energiewende.

1. Fachkräftesicherung als ressortübergreifende Aufgabe begreifen: Die benötigten Bedarfe entstehen entlang der gesamten Wertschöpfungskette – von der Produktion technischer Komponenten über Planung und Montage bis hin zu Zulieferung und Projektsteuerung. Fachkräftesicherung muss daher ressortübergreifend gedacht werden: als koordinierte Aufgabe von Bildungs-, Wirtschafts-, Regional- und Arbeitsmarktpolitik. Engpassberufe wie Bauelektrik, elektrische Betriebstechnik oder spezialisierte Montagetätigkeiten (Tiedemann & Risius, 2025) sind dabei besonders prioritäre Handlungsfelder.

2. Regionale Potenziale aktivieren, Qualifizierungsstrategien ausrichten: Der Erfolg der Energiewende hängt nicht zuletzt davon ab, ob Fachkräfte dort verfügbar sind, wo neue Beschäftigung entsteht. Regionen mit industrieller Vorerfahrung, verfügbarer Fläche oder bestehenden Ausbildungsstrukturen – etwa ehemalige Kohlestandorte – bieten Chancen für gezielte Standortentwicklung. Voraussetzung dafür ist eine regionale Qualifizierungsstrategie, die Bildungsangebote mit den konkreten Ausbaupfaden verzahnt und arbeitsmarktpolitische Potenziale systematisch erschließt.

3. Wertschöpfung strategisch differenzieren: Die Analyse nach TWh zeigt: Technologien unterscheiden sich stark im arbeitsmarktlichen Wirkungsgrad. Während Photovoltaik durch hohe Importanteile weniger inländisches Personal bindet, erzeugt Windkraft – insbesondere Offshore – deutlich mehr Beschäftigung vor Ort. Dies sollte jedoch nicht als Argument gegen bestimmte Technologien gelesen werden, sondern als Hinweis darauf, wo gezielte Maßnahmen erforderlich sind. Der Ausbau technischer Infrastruktur muss dort begleitet werden, wo personalintensive und wissensbasierte Tätigkeiten Arbeitsplätze sichern und industrielle Wertschöpfung erzeugen.

4. Standortrelevanz und Resilienz in den Mittelpunkt stellen: Nicht jeder Produktionsprozess bietet gleichermaßen Potenzial für gute und zukunftsfeste Beschäftigung. Stark automatisierbare

Tätigkeiten – etwa die Massenfertigung einfacher PV-Komponenten – sind in ihrer Standortrelevanz begrenzt. Komplexe, weniger standardisierbare Prozesse hingegen – wie Turbinenproduktion, maritimer Anlagenbau oder projektbezogene Ingenieurleistungen – erfordern spezifische Kompetenzen, schaffen langfristige Beschäftigung und sind schwer zu verlagern (Acemoglu & Restrepo, 2022). Die industriepolitische Förderung sollte sich auf solche strategischen Segmente konzentrieren.

5. Transformationspfade für bestehende Beschäftigte schaffen: Eine erfolgreiche Fachkräftestrategie muss auch bestehende Fachkräfte aus anderen Branchen einbinden. Übergangsqualifizierungen, modulare Weiterbildungsangebote und praxisnahe Umschulungen können helfen, Beschäftigte aus schrumpfenden Sektoren – etwa der fossilen Energiewirtschaft – in wachstumsstarke Bereiche der Erneuerbaren zu überführen. Dabei gilt es auch, soziale Sicherheit und berufliche Entwicklungsperspektiven zu gewährleisten.

6. Politik handlungsfähig machen – durch Daten, Kooperation und Planungssicherheit: Der Aufbau strategischer Kapazitäten erfordert nicht nur kurzfristige Förderprogramme, sondern langfristige Planungssicherheit und bessere Daten. Dazu gehören verlässliche, regional differenzierte Arbeitsmarktinformationen einschließlich eines kontinuierlichen Fachkräftemonitorings entlang der Wertschöpfungskette, das Engpässe frühzeitig erkennt und Qualifizierungsbedarfe systematisch erfasst.

Die Energiewende kann nur gelingen, wenn ihr ein strategisch geplanter Umbau der Arbeitswelt zur Seite steht. Qualifizierte Fachkräfte sind der Engpassfaktor der Transformation – und zugleich ihr größtes Potenzial. Die vorliegende Analyse liefert eine fundierte Grundlage, um Ausbauziele mit arbeitsmarktpolitischer Realität zu verbinden. Sie zeigt: Wer Wertschöpfung im Inland sichern, Beschäftigung nachhaltig gestalten und Standortvorteile nutzen will, muss Arbeitsmarktpolitik als zentrale Säule der Energiepolitik verstehen – vorausschauend, differenziert und umsetzungsorientiert.

Literaturverzeichnis

Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2022). Tasks, Automation, and the Rise in U.S. Wage Inequality. *Econometrica*, *90*(5), 1973–2016. https://doi.org/10.3982/ECTA19815

Altenhöfer-Pflaum, G., & Horbelt, R. (2017). *National Survey Report of Photovoltaic Applications in Germany*. Jülich Energiesystem.

BMJ. (2022). Gesetz zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor. *Bundesgesetzblatt Teil I*, *28*, 1237.

BMWK. (2022, September 23). *Neuer Schwung für erneuerbare Energien*. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Schlaglichter-der-Wirtschaftspolitik/2022/10/05-neuer-schwung-fuer-erneuerbare-energien.html

Bode, A., Salecki, S., & Hirschl, B. (2024). Unlocking local value-added opportunities in the energy transition in former coal regions—The case of Lusatia (Lausitz). *List Forum Für Wirtschafts- Und Finanzpolitik*, *49*(1), 69–92. https://doi.org/10.1007/s41025-023-00254-1

Brucker Juricic, B., Galic, M., & Marenjak, S. (2021a). Review of the Construction Labour Demand and Shortages in the EU. *Buildings*, *11*(1), 17. https://doi.org/10.3390/buildings11010017

Brucker Juricic, B., Galic, M., & Marenjak, S. (2021b). Review of the Construction Labour Demand and Shortages in the EU. *Buildings*, *11*(1), 17. https://doi.org/10.3390/buildings11010017

Burstedde, A., & Kolev-Schaefer, G. (2024). Die Kosten des Fachkräftemangels. *IW-Kurzbericht*, *Nr. 27*. https://www.iwkoeln.de/presse/pressemitteilungen/alexander-burstedde-galina-kolev-schaefer-wirtschaft-verliert-49-milliarden-euro.html

Eckardt, J., & Stenzel, B. (2023). *Offshore Wind Supply Chains in the US and Germany—Policy Recommendations and Collaboration Opportunitie*. adelphi.

European Commission (Hrsg.). (2008). *NACE Rev. 2: Statistical classification of economic activities in the European Community*. Publications Office.

European Commission. Statistical Office of the European Union. (2019). *EU inter-country supply, use and input-output tables: Full international and global accounts for research in input output analysis (FIGARO) : 2019 edition.* Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2785/008780

European Commission. Statistical Office of the European Union. (2022). *European business statistics methodological manual for PRODCOM: 2021 edition.* Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2785/812273

European Commission. Statistical Office of the European Union. (2024). *European business statistics: Methodological manual for structural business statistics : 2024 edition.* Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2785/7019202

Eurostat. (2019). *EU inter-country supply, use and input-output tables: Full international and global accounts for research in input output analysis (FIGARO) : 2019 edition.* Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2785/008780

Eurostat. (2024). *European business statistics: Methodological manual for structural business statistics : 2024 edition.* Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2785/7019202

Garnitz, J., Sauer, S., & Schaller, D. (2023). Arbeitskräftemangel belastet die deutsche Wirtschaft. *ifo Schnelldienst*, *76. Jahrgang*(9 / 2023). https://www.ifo.de/publikationen/2023/aufsatz-zeitschrift/arbeitskraeftemangel

IRENA (Hrsg.). (2012). *Renewable energy technologies: cost analysis series*. Https://www.academia.edu/32248016/renewable_energy_technologies_cost_analysis_series

IWR. (2021, August 11). *Schaden durch Ausbaustopp: WAB beklagt Fachkräftemangel in der Offshore Windindustrie*. IWR. https://www.iwr.de/ticker/schaden-durch-ausbaustopp-wab-beklagt-fachkraeftemangel-in-der-offshore-windindustrie-artikel3521

Karimi, H., Taylor, T. R. B., Dadi, G. B., Goodrum, P. M., & Srinivasan, C. (2018). Impact of Skilled Labor Availability on Construction Project Cost Performance. *Journal of Construction Engineering and Management*, *144*(7), 04018057. https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001512

Koneberg, F., Jansen, A., & Kutz, V. (2022). *Energie aus Wind und Sonne: Welche Fachkräfte brauchen wir?* (KOFA-Studie No. 3/2022). Institut der deutschen Wirtschaft (IW), Kompetenzzentrum Fachkräftesicherung (KOFA). https://hdl.handle.net/10419/266726

Lewicki, P. (2025). *Erneuerbare Energien in Zahlen*. Umweltbundesamt; Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen

Ludwig, T., Timm, S., Cordes, S., & Schwieger, F. (2023). Branchenanalyse Windindustrie. Perspektiven vor dem Hintergrund von Globalisierung, Energiewende und Digitalisierung. *Hans-Böckler-Stiftung*, W*orking Paper Forschungsförderung*. Https://www.boeckler.de/de/faust-detail.htm%3Fsync_id=HBS-008564

Miller, R. E., & Blair, P. D. (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions* (2. Aufl.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511626982

Paraschiv, F., Anderer, B., & Ayari, R. (2024). Gone with the Wind? An Assessment of Germany's Onshore Wind Industry Amid Rising Chinese Competition. *Sustainability*, *16*(24), 10948. https://doi.org/10.3390/su162410948

Solaranlage Ratgeber. (2024). Montage von Photovoltaikanlagen—So gelingt die Montage. *Solaranlage Ratgeber*. https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-installation/photovoltaik-montage

Statistisches Bundesamt. (2023, März 1). *Pressemitteilung Nr. N 012*. Destatis. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/03/PD23_N012_43.html

Tiedemann, J., & Risius, P. (2025). *Jahresrückblick 2024 – Engpässe für Energiewende trotz sinkender Fachkräftelücke*. https://www.iwkoeln.de/studien/jurek-tiedemann-paula-risius-jahresrueckblick-2024-engpaesse-fuer-energiewende-trotz-sinkender-fachkraefteluecke.html

Wirth, H. (2025). *Recent Facts about Photovoltaics in Germany*. Fraunhofer ISE. https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/studies/recent-facts-about-pv-in-germany.html

Zehe, H. (2025). EEG Zubauziele 2023 und 2025—Bestandsaufnahme des erreichten Zubaus. *WifOR*.

Anhang

Fachkräftebedarfe im Überblick

Energieträger	Jahr	1. Zulieferer	2. Anlagenproduktion	3. Planung und Montage	Gesamtergebnis
Photovoltaik	2024	18.000	11.000	38.000	67.000
	2030	25.000	12.000	41.000	78.000
	Anstieg bis 2030	7.000	1.000	3.000	11.000
Wind an Land	2024	10.000	7.000	10.000	27.000
	2030	43.000	24.000	34.000	101.000
	Anstieg bis 2030	33.000	17.000	24.000	74.000
Wind auf See	2024	4.000	3.000	10.000	17.000
	2030	27.000	15.000	50.000	92.000
	Anstieg bis 2030	23.000	12.000	40.000	75.000
Gesamt	2024	32.000	24.000	58.000	111.000
	2030	95.000	51.000	125.000	271.000
	Anstieg bis 2030	63.000	30.000	67.000	160.000

Das sektorübergreifende Arbeitsmarkt-Modell

Die Berechnung der Effekte von Investitionen erfordert eine fundierte Methodik, die Aufschluss darüber gibt, wie viele Fachkräfte in den unterschiedlichen Bereichen benötigt werden. Um den

Fachkräftebedarf zu ermitteln und zukünftige Szenarien realistisch zu bewerten, verwenden wir ein von uns entwickeltes **sektorübergreifendes Arbeitsmarkt-Modell (SAM)**, das es ermöglicht, sowohl die direkten als auch die indirekten Beschäftigungseffekte entlang einer gesamten Wertschöpfungskette abzubilden. Hierzu werden empirische Daten, fundierte Annahmen und branchenspezifische Besonderheiten systematisch miteinander verknüpft. Ziel des Modells ist es, einen realistischen und gesamtwirtschaftlichen Überblick über den aktuellen und zukünftigen Bedarf an Fachkräften zu gewinnen. Unser Modell ermittelt dazu die erzielte Bruttowertschöpfung in spezifischen Teilbereichen der Wirtschaft, ermittelt die gesamtwirtschaftlichen Effekte und aggregiert die Ergebnisse in individuell definierte Wertschöpfungsschritte.

Diese Herangehensweise ermöglicht eine möglichst realitätsnahe und wirtschaftlich fundierte Abschätzung. Es werden hierbei nicht nur die Herstellung der Anlagen, sondern auch die Produktion in den zugehörigen Zulieferindustrien entlang der gesamten Wertschöpfungskette sowie die Planung und Montage neuer Anlagen berücksichtigt. Die Verteilung der Investitionsbedarfe auf Herstellung, Planung und Montage erfolgt auf Basis spezifischer Daten zum Produktionsprozess und zu den direkt von den Energieerzeugern bezogenen Inputs (z. B. Materialien und Dienstleistungen). Die hierfür herangezogenen Informationen stammen aus wissenschaftlichen Studien, Branchen- und Unternehmensberichten sowie von Energieagenturen. Die zugehörigen Inputs werden mithilfe der PRODCOM-Produktlisten den entsprechenden Sektoren zugeordnet (European Commission. Statistical Office of the European Union., 2022), die wiederum direkt mit der NACE Rev.2 Klassifikation verknüpft sind (European Commission, 2008). Bei den Zulieferindustrien wird die entstehende Wertschöpfung durch eine sogenannte Input-Output-Rechnung ermittelt. Diese Methode, die im Folgenden ausführlicher beschrieben wird, ermöglicht es, die wirtschaftlichen Verflechtungen zwischen den verschiedenen Sektoren entlang der gesamten Wertschöpfungskette sichtbar zu machen.

Die Input-Output-Analyse ist ein wirtschaftswissenschaftliches Instrument, das es erlaubt, die direkten und indirekten Zusammenhänge zwischen verschiedenen Branchen zu untersuchen. Man kann sich dies vorstellen wie ein Netzwerk, in dem jede Branche als Knoten fungiert und Verbindungen zu anderen Branchen aufweist, wenn sie beispielsweise Materialien, Dienstleistungen oder andere Vorleistungen austauscht. Konkret werden mit Hilfe von sogenannten Input-Output-Koeffizienten Berechnungen angestellt, die zeigen, wie viel zusätzlicher Umsatz in einer Branche entsteht, wenn in einer anderen Branche investiert wird. Eine Investition in den Anlagenbau erzeugt nicht nur einen direkten wirtschaftlichen Effekt (z. B. neue Arbeitsplätze im Anlagenbau), sondern auch indirekt weitere wirtschaftliche Aktivitäten – etwa in der Produktion von Bauteilen, im Transport oder in der Logistik. Mit der Input-Output-Rechnung wird quantifiziert, wie viel zusätzliche Wirtschaftsleistung (in Form von Umsatz und damit verbunden auch Arbeitsplätzen) in den gesamten betroffenen Branchen entsteht, wenn eine bestimmte Investition getätigt wird. Dies

hilft, ein umfassenderes Bild der wirtschaftlichen Auswirkungen einer Investition zu zeichnen, als wenn nur die direkten Effekte betrachtet würden. Um den Investitionsbedarf und die daraus resultierenden Umsätze in den Zulieferindustrien zu quantifizieren, verwendet unser SAM die Input-Output-Analyse nach Wassily Leontief (Miller & Blair, 2009).

Für diese Analyse kommen grenzüberschreitende Input-Output-Tabellen der EU zum Einsatz (European Commission. Statistical Office of the European Union., 2019), die Transaktionen zwischen den 27 EU-Mitgliedstaaten, 18 wichtigen Handelspartnern sowie einer Region „Rest der Welt“ abbilden. Diese Tabellen sind in 64 Industriezweige gemäß der NACE Rev.2 Klassifikation (European Commission, 2008) unterteilt und ermöglichen es, sämtliche Werte in Millionen Euro zu Basispreisen (also ohne zusätzliche Kosten wie Handels- und Transportspannen) zu erfassen.

Arbeitsproduktivität

Der Fachkräftebedarf wird im SAM auf Basis der sektorspezifischen Arbeitsproduktivität ermittelt, die das Verhältnis zwischen benötigter Arbeitskräftezahl und der erzielten Bruttowertschöpfung beschreibt. Hierbei wird ein normierter Fachkräftefaktor zugrunde gelegt, der angibt, wie viele Arbeitskräfte pro 1 Million Euro Bruttowertschöpfung benötigt werden. Es wird zwischen dem direkten Fachkräftebedarf für Wartung und Betrieb sowie dem indirekten Bedarf in den Zulieferindustrien unterschieden. Die Berechnung der Fachkräftefaktoren erfolgt auf Basis der Strukturellen Unternehmensstatistik (SBS) von Eurostat (European Commission. Statistical Office of the European Union., 2024), welche detaillierte Daten zur Struktur, zum Verhalten und zur Leistung wirtschaftlicher Aktivitäten in zahlreichen Wirtschaftszweigen liefert. Es wird dabei davon ausgegangen, dass die Arbeitsproduktivität sämtlicher Erzeugerformen im Stromerzeugungssektor vergleichbar ist.

Sektorabgrenzung

Auf Basis von Literatur- und Datenrecherche haben wir die direkten Vorleistungen für deutsche Energieprojekte in Wind (an Land und auf See) sowie Photovoltaik identifiziert. Diese Vorleistungen aufgeteilt in – Güter und Dienstleistungen, die während der Projektdurchführung erstellt oder benötigt werden – werden in Anlagenproduktion sowie Planung und Montage unterteilt. Wir nehmen an, dass Planung und Montage ausschließlich durch inländische Experten, die mit lokalen Vorschriften vertraut sind, durchgeführt werden. Um die auf dieser Basis die Wertschöpfungskette untersuchen zu können haben wir jede Komponente einem spezifischen Wirtschaftszweig (NACE-Code) zugeordnet (European Commission, 2008) und den Anteil an den Gesamtkosten, sowie die Importanteile (Deutschland, restliche EU, Nicht-EU) bestimmt.

Wind an Land

Onshore-Windparks sind in der Regel kostengünstiger als Offshore-Anlagen, wobei die Anlage den größten Faktor darstellt (rund 65–80 % der Projektkosten). Die Turbine macht etwa 35 % der gesamten Projektkosten aus (Getriebe allein ca. 13 %). Rotorblätter liegen bei rund 16 % der Gesamtkosten, der Turm bei etwa 19 %. Die übrigen Dienstleistungen für Planung, Montage und Fundamentarbeiten verursachen zusammen rund 7–10 % hinzukommen weitere 9 % für elektrische Anbindung und etwa 4% für Entwicklung und Management. Aufgrund lokaler Bedingungen erfolgt ein Großteil dieser Arbeiten in Deutschland. Details zu Importanteilen und der Verteilung der Kosten finden sich in Tabelle 1 (IRENA, 2012; Paraschiv et al., 2024).

Tabelle 1: Sektorabgrenzung - Wind an Land

Arbeitsschritt	Komponenten	NACE Rev.2 Sektor	Anteil Gesamt-kosten	Inländisch	Importe EU	Importe Non-EU
Produktion	Turbine	C28.11	35 %	65 %	27 %	8 %
	Rotorblätter	C22.29	16 %	0 %	50 %	50 %
	Turm	C25.11	19 %	30 %	60 %	10 %
Planung und Montage	Montage und Installation	C33.20	7 %	100 %	0 %	0 %
	Fundament/Baustelle	F42.99	10 %	100 %	0 %	0 %
	Verkabelung/Anschlüsse	F43.21	9 %	100 %	0 %	0 %
	Entwicklung/Management	M71.12	4 %	100 %	0 %	0 %

Wind auf See

Offshore-Anlagen erfordern höhere Installations- und Netzkosten als Onshore-Projekte. Die Anlage (inkl. Rotorblätter und Turm) macht etwa 50–60 % der gesamten Projektkosten aus, davon entfallen rund 30 % auf die Turbine. Rotorblätter liegen bei ca. 12 % der Gesamtkosten. Der Turm trägt etwa 16 % bei. Planung und Montage, inklusive spezialisierter Offshore-Operationen, summieren sich auf rund 40 %. Fundamente machen etwa 13 % aus, während die Netzanbindung ca. 22 % beträgt. Entwicklung und Management schlagen mit rund 2 % zu Buche. Detaillierte Import- und Kostenanteile finden sich in Tabelle 2 (Eckardt & Stenzel, 2023; IRENA, 2012; Paraschiv et al., 2024).

Tabelle 2: Sektorabgrenzung - Wind auf See

Arbeitsschritt	Komponenten	NACE Rev.2 Sektor	Anteil Gesamt-kosten	Inländisch	Importe EU	Importe Non-EU
Produktion	Turbine	C28.11	30 %	50 %	40 %	10 %
	Rotorblätter	C22.29	12 %	0 %	50 %	50 %
	Turm	C25.11	16 %	20 %	80 %	0 %
Planung und Montage	Montage und Installation	C33.20	5 %	100 %	0 %	0 %
	Fundament/Baustelle	F42.99	13 %	100 %	0 %	0 %
	Verkabelung/Anschlüsse	F43.21	22 %	100 %	0 %	0 %
	Entwicklung/Management	M71.12	2 %	100 %	0 %	0 %

Photovoltaik

Bei PV-Projekten entfallen rund 60 % der Kosten auf den Anlagenbau (davon ca. 25 % für die Module und 25 % für Wechselrichter und weitere elektrotechnische Komponenten) sowie 40 % auf

Planung und Montage (etwa 10 % Planung, 30 % Montage/Installation). Etwa 87 % der Module stammen aus China, während bei Wechselrichtern deutsche Hersteller wie SMA eine starke Position halten. Montage und Planung finden quasi ausschließlich in Deutschland statt. Details zu Importanteilen und der Kostenaufteilung finden sich in Tabelle 3 (Altenhöfer-Pflaum & Horbelt, 2017; Solaranlage Ratgeber, 2024; Wirth, 2025).

Tabelle 3: Sektorabgrenzung - Photovoltaik

Arbeitsschritt	Komponenten	NACE Rev.2 Sektor	Anteil Gesamt-kosten	Inländisch	Importe EU	Importe Non-EU
Produktion	PV-Module	C26.11	25 %	5 %	5 %	90 %
	Elektrotechnische Komponenten	C27.32	25 %	50 %	50 %	0 %
	Montagesystem	C25.11	10 %	50 %	20 %	30 %
Planung und Montage	Montage und Verkabelung	F43.21	30 %	100 %	0 %	0 %
	Entwicklung & Management	M71.12	10 %	100 %	0 %	0 %

Impressum

Version: September 2025

Herausgeber

WifOR Darmstadt
Ludwigsplatz 6
D-64283 Darmstadt
Phone: +49 6151 50155-0
E-Mail: dennis.ostwald@wifor.com

WifOR Berlin
Joseph-Haydn-Straße 1
D-10557 Berlin
Phone: +49 30 2325666-50

Autoren

Henry Zehe
Florian Fickler

Würdigung

Diese Studie ist Teil des Kompetenzclusters zu aktuellen Fragen in der Transformation der Hans Böckler Stiftung. Im Rahmen des Kompetenzclusters analysiert das Wirtschaftsforschungsinstitut WifOR den Fachkräftebedarf in zentralen Wertschöpfungsketten der Transformation. Dabei wird aufgezeigt, welche Fachkräfte benötigt werden, wo bereits Engpässe bestehen und wie politische Maßnahmen die Fachkräftesituation beeinflussen. Ziel der Forschung ist es, den Fachkräftebedarf für die Transformation anhand konkreter Beispiele wie der Wärme- und Energiewende zu quantifizieren und Lösungen für bestehende Engpässe zu identifizieren.

WifOR führt keine Recherchen durch, die der Werbung, der Verkaufsförderung oder der Unterstützung der Interessen unserer Kunden dienen, einschließlich der Beschaffung von Investitionskapital oder der Empfehlung von Investitionsentscheidungen oder zur Verwendung in Rechtsstreitigkeiten. WifOR ist stets bestrebt, Arbeiten von höchster Qualität zu erstellen, die mit unseren vertraglichen Verpflichtungen übereinstimmen. Aufgrund des Forschungscharakters dieser Arbeit übernimmt der Kunde die alleinige Verantwortung für die Folgen der Nutzung oder des Missbrauchs von Informationen oder Ergebnissen, die er von WifOR erhalten hat, oder für die Unfähigkeit, diese zu nutzen. WifOR und seine Mitarbeiter übernehmen keine rechtliche Haftung für die Richtigkeit, Angemessenheit oder Wirksamkeit der Ergebnisse.