

WORKING PAPER FORSCHUNGSFÖRDERUNG

Nummer 273, März 2023

Branchenanalyse Windindustrie

**Perspektiven vor dem Hintergrund von Globalisierung,
Energiewende und Digitalisierung**

Thorsten Ludwig, Stefan Timm, Stephan Cordes und Filiz Schwieger

Auf einen Blick

Eine starke Windindustrie in Deutschland ist Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Energiewende und die Erreichung der Klimaziele. Die Branche hat in den letzten Jahren viele Beschäftigte und damit Know-how verloren und befindet sich in einer Umbruchphase. Die Studie fasst die wesentlichen Entwicklungen seit 2017 zusammen. Schwerpunkte der Analyse sind Beschäftigungssituation und -perspektiven, die Arbeitsbedingungen der Beschäftigten sowie die Herausforderungen, die sich Betrieben und Beschäftigten im Kontext von Digitalisierung, Energiewende und sozial-ökologischer Transformation der Wirtschaft stellen.

Stephan Cordes, studentischer Mitarbeiter bei der Agentur für Struktur- und Personalentwicklung GmbH

Thorsten Ludwig, Diplom-Politologe, Forschungsleiter bei der Agentur für Struktur- und Personalentwicklung GmbH

Filiz Schwieger, studentische Mitarbeiterin bei der Agentur für Struktur- und Personalentwicklung GmbH

Stefan Timm, M. A. Sozialpolitik, wissenschaftlicher Referent bei der Agentur für Struktur- und Personalentwicklung GmbH

© 2023 by Hans-Böckler-Stiftung
Georg-Glock-Straße 18, 40474 Düsseldorf
www.boeckler.de



„Branchenanalyse Windindustrie“ von Thorsten Ludwig, Stefan Timm, Stephan Cordes und Filiz Schwieger ist lizenziert unter

Creative Commons Attribution 4.0 (BY).

Diese Lizenz erlaubt unter Voraussetzung der Namensnennung des Urhebers die Bearbeitung, Vervielfältigung und Verbreitung des Materials in jedem Format oder Medium für beliebige Zwecke, auch kommerziell.
(Lizenztext: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/de/legalcode>)

Die Bedingungen der Creative-Commons-Lizenz gelten nur für Originalmaterial. Die Wiederverwendung von Material aus anderen Quellen (gekennzeichnet mit Quellenangabe) wie z. B. von Schaubildern, Abbildungen, Fotos und Textauszügen erfordert ggf. weitere Nutzungsgenehmigungen durch den jeweiligen Rechteinhaber.

ISSN 2509-2359

Inhalt

Zusammenfassung	6
1. Einleitung	9
1.1 Ausgangssituation	9
1.2 Zielsetzung und Fragestellungen der Branchenanalyse	10
1.3 Methodisches Vorgehen	12
1.4 Anmerkungen zur statistischen Abgrenzung der Windindustrie	12
1.5 Aufbau der Branchenstudie	14
2. Die Rolle der Windenergie bei der Energiewende	15
3. Die Entwicklung der Windenergie und Windindustrie in Deutschland ...	20
3.1 Ausbau der Windenergie	20
3.2 Ausgewählte Ursachen für den stockenden Ausbau der Wind- energie	26
3.3 Beschäftigung	30
3.4 Umsätze	36
3.5 Einschätzungen der Betriebsräte zur Marktentwicklung in Deutschland	37
4. Exkurs: Das Erneuerbare-Energien-Gesetz	40
5. Aktuelle Themen, Trends und Herausforderungen	42
5.1 Veränderungen der Wertschöpfungskette	42
5.2 Local-Content-Anforderungen	49
5.3 Exkurs: Globale Windmärkte	51
5.4 Kostendruck in der Branche	59
5.5 Arbeitsbedingungen in der Branche	63
5.6 Service im Aufwind	66
5.7 Fallstudie: Digitalisierung in der Windindustrie	72
5.8 Fachkräftesituation und Ausbildungsaktivitäten	77
6. Zukunftsfelder und Perspektiven	84
6.1 Speichertechnologien und grüner Wasserstoff	84
6.2 Schwimmende Windräder	91

6.3 Bau von Konverterplattformen	94
6.4 Recycling von Rotorblättern.....	98
7. Handlungsempfehlungen.....	103
7.1 Stärkung der Wertschöpfungskette und der technologischen Leistungsfähigkeit	103
7.2 Arbeitsbedingungen und Fachkräfteproblematik	106
7.3 Politische Rahmenbedingungen	109
Literatur	112

Abbildungen

Abbildung 1: Stromeinspeisung durch konventionelle und erneuerbare Energieträger (2021)	18
Abbildung 2: Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien (2000– 2021).....	19
Abbildung 3: Installierte Onshore-Windenergieanlagen in Deutschland	20
Abbildung 4: Installierte Onshore-Windenergieleistung	22
Abbildung 5: Installierte Offshore-Windenergieanlagen.....	24
Abbildung 6: Installierte Offshore-Windenergieleistung	24
Abbildung 7: Beschäftigungsentwicklung (2000–2020)	31
Abbildung 8: Arbeitsplatzabbau in Norddeutschland (Auswahl)	32
Abbildung 9: Umsatzentwicklung in der On- und Offshore-Windindustrie (2011–2018).....	37
Abbildung 10: Einschätzungen von Betriebsräten zur Marktentwicklung im Jahresvergleich	38
Abbildung 11: Wertschöpfungskette der Windindustrie (Ausschnitt).....	43
Abbildung 12: Einschätzungen von Betriebsräten zur Entwicklung einzelner Marktsegmente der Windindustrie in Deutschland	46
Abbildung 13: Ranking der Turbinenhersteller im Jahr 2020	47
Abbildung 14: Kostendruck infolge der Umstellung auf das Ausschrei- bungsverfahren	60
Abbildung 15: Einschätzung von Betriebsräten zum Einfluss der Digitalisierung auf Arbeitsabläufe, -verfahren und -prozesse.....	73

Abbildung 16: Einschätzung von Betriebsräten zu den Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitsbedingungen.....	74
Abbildung 17: Einschätzung von Betriebsräten, ob die Beschäftigten gut auf die technologischen Veränderungen infolge der Digitalisierung vorbereitet sind.....	75
Abbildung 18: Betriebe mit Problemen bei der Stellenbesetzung	79
Abbildung 19: Betriebe mit Problemen bei der Stellenbesetzung nach Tarifbindung	80
Abbildung 20: Ausbildungsquoten im Jahresverlauf.....	81
Abbildung 21: Strategische Personalplanung in den Betrieben der Wind-industrie	83
Abbildung 22: Einschätzung von Betriebsräten zur Nationalen Wasserstoffstrategie.....	89

Tabellen

Tabelle 1: Treibhausgas-Minderungsziele gegenüber 1990	16
Tabelle 2: Emissionssenkungsziele für einzelne Sektoren bis zum Jahr 2030	17

Zusammenfassung

Entwicklung der Branche

Die Windindustrie in Deutschland steht vor großen Herausforderungen. Vor dem Hintergrund der Energiewende und der auf verschiedenen Ebenen beschlossenen Klimaziele muss die Windenergie (onshore und offshore) in Deutschland – und international – massiv ausgebaut werden. Zusätzlich hat der Angriffskrieg Russlands gegen die Ukraine aufgezeigt, wie abhängig Deutschland von russischen Gasimporten ist und weitere Diskussionen um den stärkeren Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland ausgelöst.

Der Blick in die jüngste Vergangenheit zeigt allerdings, dass sich die Ausbauzahlen gänzlich anders entwickelt haben, als es notwendig wäre, um die Klimaziele erreichen zu können. Der deutsche Markt ist seit dem Jahr 2017 massiv eingebrochen. Die Ausbauzahlen sind sowohl an Land als auch auf See in den vergangenen Jahren stark zurückgegangen. In der Folge hat auch die Windindustrie in Deutschland deutlich an Substanz verloren. Ein signifikanter Teil der Unternehmen der Branche ist in den vergangenen Jahren vom Markt verschwunden.

Diese Entwicklung spiegelt sich auch in den Beschäftigtenzahlen in der Branche wider. Nach Angaben von Brancheverbänden waren im Jahr 2020 noch rund 100.000 Beschäftigte in der Windindustrie (onshore und offshore) tätig. Damit hat die Branche seit dem Jahr 2016 über 60.000 Arbeitsplätze bzw. fast 40 Prozent aller Beschäftigten – und damit verbunden auch enormes Know-how – verloren.

Aktuelle Themen, Trends und Herausforderungen

Infolge des Einbruchs des deutschen Markts hat die deutsche Windindustrie an Fertigungstiefe eingebüßt. Gleichzeitig ist die Branche von Konsolidierungs- und Konzentrationsprozessen geprägt. Die Windindustrie steht nun vor der Herausforderung, die gesamte Wertschöpfungskette in Deutschland zu halten – von den Projektierern über die verschiedenen Komponentenhersteller bis hin zum Service. Die Betriebsräte der Branche befürchten, dass sich der industrielle Kern der Branche zu Teilen weiter negativ entwickeln wird. Insbesondere die Rotorblattproduktion hat in Deutschland in den vergangenen Jahren an Substanz verloren und findet inzwischen (nach der Schließung des Nordex-Rotorblattwerks in Rostock im Jahr 2022) nur noch außerhalb Deutschlands statt.

Im Zuge des Einbruchs des deutschen Marktes haben die internationalen Märkte an Bedeutung gewonnen. Die Erschließung internationaler Märkte wird dabei häufig durch Local-Content-Anforderungen (ein Teil der Wertschöpfung muss demnach aus heimischer Produktion und Fertigung

des jeweiligen Landes kommen, in dem die Windenergieanlagen aufgebaut werden) erschwert, die gleichzeitig auch Produktionsverlagerungen ins Ausland begünstigen. Viele Hersteller verfügen inzwischen über Produktionsstätten in den internationalen Zielmärkten und bedienen ihre Projekte von dort aus. Die Befürchtung der Betriebsräte, die mit dieser Entwicklung einhergeht, ist, dass sich die Local-Content-Anforderungen zunehmend negativ auf die Beschäftigung in Deutschland auswirken werden.

Während der Markt für Hersteller von Windenergieanlagen und -komponenten in Deutschland eingebrochen ist, ist im Bereich der Service- und Wartungsdienstleistungen ein gänzlich anderer Trend zu beobachten. Der Bereich hat enorm an Bedeutung hinzugewonnen und sich zu einem Wachstumsfeld entwickelt. Dieses Branchensegment ist allerdings häufig durch physisch und psychisch belastende Arbeitsbedingungen gekennzeichnet, die insbesondere aus gewerkschaftlicher Perspektive stärker in den Fokus gerückt werden sollten.

Nicht zuletzt – und dies gilt sowohl mit Blick auf die beschriebenen Herausforderungen in der Branche als auch auf die Perspektiven und Zukunftsmärkte – sind ausreichend gut qualifizierte Fachkräfte der Schlüssel für eine erfolgreiche Entwicklung der Branche. Der beschriebene massive Beschäftigungsrückgang in der Branche sowie zum Teil große Stellenbesetzungsprobleme in Kombination mit einer seit Jahren niedrigen Ausbildungsquote lassen befürchten, dass sich die Fachkräftesituation in der Branche in Zukunft zuspitzen wird, insbesondere vor dem Hintergrund der anstehenden Herausforderungen.

In dem Zusammenhang kommt auch zum Tragen, dass Tarifverträge und Mitbestimmung in der Branche weiterhin nicht die Regel sind. In Betrieben, die ausschließlich im „Wind-Bereich“ tätig sind, liegt die Tarifbindung nach Angaben der aktuellen Befragung von Betriebsräten der Branche bei unter 40 Prozent. Hier gibt es deutlichen Nachholbedarf. Beschäftigte in Betrieben mit Tarifbindung haben bessere Arbeitsbedingungen, geregelte Arbeitszeiten und faire Entgelte. Diese Aspekte wirken sich auch aus, wenn es darum geht, sich im Wettbewerb um Fachkräfte gegen andere Branchen behaupten zu müssen.

Zukunftsfelder und Perspektiven

Dass die Branche in Zukunft wieder an Fahrt aufnehmen kann, zeigen nicht nur die Klimaziele, die einen starken Ausbau der Windenergie notwendig machen, sondern auch vier im Rahmen dieser Branchenstudie identifizierte Zukunftsfelder, die Potenzial haben, für Wertschöpfung und Beschäftigung zu sorgen:

Perspektiven bieten sich der Branche dabei im Zusammenhang mit dem Ausbau der Kapazitäten zur Produktion von grünem Wasserstoff. Zentrale Voraussetzung, um grünen Wasserstoff im industriellen Maßstab produzieren zu können, ist der Ausbau der Windenergie, insbesondere offshore.

Auch im Bau von Konverterplattformen, die im Zuge des Ausbaus der Offshore-Windenergie zukünftig verstärkt benötigt werden, liegen Perspektiven für die Branche – und auch für den Schiffbau an der Küste. Konverterplattformen wurden zuletzt im Jahr 2017 in Deutschland gefertigt. Von einem Wiedereinstieg in diesen Bereich könnten mit der Windindustrie und dem Schiffbau gleich zwei maritime Industriezweige profitieren.

Im Offshore-Bereich gibt es mit der vergleichsweisen jungen Technologie der schwimmenden Windräder zudem ein weiteres Zukunftsfeld, das sich im Wesentlichen noch in der Erprobungsphase befindet, der Windenergie allerdings die Möglichkeit bietet, auch in Gewässern mit einer Tiefe von mehr als 60 Metern vorzustoßen. Damit würde sich das Offshore-Ausbaupotenzial immens erhöhen. Viele Hersteller sehen in diesem Bereich einen Wachstumsmarkt, insbesondere in Kombination mit der Produktion von grünem Wasserstoff direkt an der Turbine.

Gleichzeitig muss sich eine „grüne Branche“ wie die Windindustrie auch mit der Frage auseinandersetzen, wie die in einer Windenergieanlage verbauten Materialien einem Recyclingkreislauf zugeführt werden können. Für wesentliche Teile einer Windenergieanlage gibt es hierzu bereits etablierte Verfahren, problematisch sind vor allem die Rotorblätter. Nahezu alle großen Hersteller haben es sich inzwischen zum Ziel gesetzt, nachhaltiger zu produzieren und in dem Zusammenhang zukünftig ausschließlich Materialien zu verwenden, die vollständig recycelt werden können – und versprechen sich dadurch auch einen Wettbewerbsvorteil.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der langfristige Erfolg und die Zukunftsfähigkeit der Windindustrie wesentlich davon abhängig sind, dass die Betriebe über ausreichend gut qualifizierte und motivierte Fachkräfte verfügen. Ganz gleich, welche Perspektiven sich der Branche bieten, müssen die Betriebe in erster Linie über das notwendige Personal verfügen, um Zukunftsmärkte erschließen und Chancen ergreifen zu können.

Dabei kommen Qualifizierungen und Weiterbildungen (um die Arbeitnehmer*innen auf die Tätigkeiten von morgen vorzubereiten), erhöhten Ausbildungsaktivitäten (um die Fachkräfte von morgen selbst auszubilden) sowie Tarifverträgen (um die Attraktivität der Arbeit in der Windindustrie zu erhöhen) eine entscheidende Rolle zu.

1. Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Die Windenergie (onshore und offshore) wird vor dem Hintergrund der nationalen, europäischen und weltweiten Anstrengungen zum Klimaschutz zukünftig enorm an Bedeutung gewinnen (müssen). Die auf verschiedenen politischen Ebenen verabschiedeten Klimaziele machen einen starken Ausbau der Windenergie an Land und auf See erforderlich (Internationale Energieagentur 2021). In jüngster Vergangenheit hat zudem der Angriffskrieg Russlands gegen die Ukraine deutlich gezeigt, wie groß die Abhängigkeit Deutschlands von russischen Gas-Importen ist. Dies hat die Diskussionen um den schnelleren Ausbau erneuerbarer Energien insgesamt und der Windenergie im Speziellen nochmals intensiviert.

Die Branche hat sich in den vergangenen Jahren allerdings negativ entwickelt und die Ausgangsbedingungen für den notwendigen starken Ausbau haben sich verschlechtert. Sowohl die Ausbauzahlen von Windenergieanlagen an Land und auf See als auch die Beschäftigung in der Branche sind stark zurückgegangen. Branchenexpert*innen gehen davon aus, dass in den vergangenen Jahren 20 bis 30 Prozent der Marktteilnehmer verloren gegangen sind (buten un binnen 2021).

Dabei ist die Windindustrie zentraler Baustein der Energiewende und wichtige Stromquelle im deutschen Energiemix. Und klar ist auch: Um die deutschen Klimaziele erreichen zu können, ist ein ambitionierter Ausbau der Windenergie von zentraler Bedeutung.

Mit der Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) 2021 und der Änderung des Windenergie-auf-See-Gesetzes (WindSeeG) sowie den Planungsbeschleunigungspaketen I und II (das sogenannte Oster- bzw. Sommerpaket) der Bundesregierung im Jahr 2022 wurden Ausbaupfade für die Windenergie auf See und an Land verabschiedet, die langfristig eine Perspektive bieten und die Genehmigungsprozesse signifikant beschleunigen.

Kurzfristig bleibt die Situation aber weiter angespannt. Der Einbruch des deutschen Marktes in den vergangenen Jahren hat in der Branche zu einem Konsolidierungs- und Konzentrationsprozess geführt. Die Fertigungstiefe der deutschen Windindustrie ist zurückgegangen, weitere Verluste an der Wertschöpfungskette werden befürchtet.

Der Markt hat sich zunehmend verschoben und befindet sich für die Hersteller verstärkt auch außerhalb Deutschlands. Zunehmende Local-Content-Anforderungen (insbesondere in Schwellenländern), die verlangen, dass ein Teil der Wertschöpfung aus heimischer Produktion und Fer-

tigung des jeweiligen Landes kommen muss, stellen die Betriebe in diesem Zusammenhang vor neue Herausforderungen (verbunden mit der Sorge, in dem Zuge perspektivisch weitere Arbeitsplätze in Deutschland zu verlieren).

Während der Markt für Hersteller von Windenergieanlagen und -komponenten in Deutschland eingebrochen ist, hat sich der Markt für Service- und Wartungsdienstleistungen in den vergangenen Jahren zu einem Wachstumsfeld entwickelt. Doch auch hier gibt es Herausforderungen: Die Arbeit im Service verlangt den Arbeitnehmer*innen viel ab, sowohl physisch als auch psychisch. Gleichzeitig ist der Service- und Wartungsmarkt von einem Preiskampf geprägt und befindet sich infolge der Digitalisierung in einem Wandel.

Die Branche steht dabei vor der Herausforderung, das erwartete Aufleben der Branche auch personell stemmen zu müssen. Infolge des massiven Stellenabbaus in der Branche, zum Teil großen Stellenbesetzungsproblemen und geringer Ausbildungsaktivitäten müssen zeitnah die Weichen für eine Fachkräfteinitiative gestellt werden, um die Chance, die sich der Branche bieten, auch ergreifen zu können.

Zukünftige Wachstumsfelder bieten sich beispielsweise infolge der verstärkten Nachfrage nach grünem Wasserstoff, für den ein deutlicher Ausbau der Offshore-Windenergie notwendig ist, bei der Erschließung gemeinsamer Potenziale der Windindustrie und des Schiffbaus (Stichwort: Konverterplattformen), im Bereich schwimmender Windräder sowie im Bereich des Recyclings von Rotorblättern.

Im Rahmen dieser Studie werden die Entwicklung, aktuelle Themen und Herausforderungen der Branche sowie potenzielle Zukunftsfelder beschrieben. Ziel ist es, aus diesen Ergebnissen branchenspezifische Entwicklungstrends und gewerkschaftliche sowie betriebliche Handlungsfelder abzuleiten.

1.2 Zielsetzung und Fragestellungen der Branchenanalyse

Eine der letzten Branchenanalysen zur Windindustrie mit den Schwerpunkten „Beschäftigung“ und „Arbeitsbedingungen“ stammt aus dem Jahr 2017. Seitdem hat sich in der Branche viel getan – der Zubau an Windenergieanlagen in Deutschland ist stark eingebrochen, die Branche hatte einen massiven Stellenabbau zu verkraften und die gesetzlichen Rahmenbedingungen haben sich zum Teil wesentlich verändert.

Vor diesem Hintergrund soll diese Studie die „Lücke“ seit der letzten Branchenanalyse schließen, die Entwicklung der Branche der letzten

Jahre analysieren, eine Bestandsaufnahme vornehmen und Aussagen über die Zukunftsperspektiven im Hinblick auf die Sicherung und den Aufbau von Beschäftigung und Wertschöpfung formulieren. Gleichzeitig sollen die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Branche, die relevanten Berufsbilder und die Qualifizierungsanforderungen an die Beschäftigten identifiziert werden.

Schwerpunkte der Analyse sind die Beschäftigungssituation und -perspektiven, die Arbeitsbedingungen der Beschäftigten in der Branche sowie die Herausforderungen für Betriebe und Beschäftigte, die sich im Kontext von Digitalisierung, Energiewende und der sozial-ökologischen Transformation der Wirtschaft stellen.

Auf Grundlage dieser Ergebnisse sollen branchenspezifische Entwicklungstrends und gewerkschaftliche sowie betriebliche Handlungsfelder identifiziert werden.

Zentrale Fragestellungen der Untersuchung sind unter anderem:

- Wie hat sich die Branche in den letzten Jahren entwickelt? Was waren die Treiber der Entwicklung, welche „Brüche“ und Konsolidierungsprozesse waren wegweisend und in welcher Form waren Arbeitsplätze betroffen?
- Wie wird sich die Branche voraussichtlich in den kommenden Jahren entwickeln (v. a. im Kontext wachsender globaler Märkte und der zunehmenden Bedeutung regenerativer Energien im Zusammenhang mit dem „European Green Deal“)? Welche Veränderungen der Wertschöpfungskette in Deutschland können antizipiert werden?
- Welche Auswirkungen hat der Kostendruck in der Branche auf die Arbeitsbedingungen?
- Wie sieht die Fachkräfte- und Ausbildungssituation in den Betrieben aus?
- Welche Perspektiven bieten sich der Branche im Hinblick auf den Erhalt und den Ausbau von Wertschöpfung und Beschäftigung?
- Welche Rolle spielen Themen wie Globalisierung, Fusionen, Marktverschiebungen und Verlagerungen?
- Welche Rückwirkungen ergeben sich daraus auf Arbeitsplätze und Beschäftigungsbedingungen für die Beschäftigten in den Unternehmen der Branche?
- Wie wirken sich die Digitalisierung und die damit verbundenen technologischen Veränderungen auf die Branche und die relevanten Berufsbilder in der Branche aus?

1.3 Methodisches Vorgehen

Um die dargestellten Fragestellungen beantworten zu können, wurden im Rahmen dieser Studie verschiedene – einander ergänzende – methodische Ansätze angewandt:

- Auswertung der Daten der Betriebsrätebefragung(en) der IG Metall in der Windindustrie. Grundlage bilden die Antworten von Betriebsräten aus jährlich circa 30 Betrieben der Windindustrie in Deutschland. Auf dieser Grundlage wurden unter anderem Daten zur Beschäftigungsstruktur, Leiharbeit und Werkverträge, Arbeitszeit, Befristungen, Geschlecht etc. ausgewiesen. Darüber hinaus enthält die Umfrage Einschätzungen der Betriebsräte zur zukünftigen nationalen und internationalen Marktentwicklung sowie zu aktuellen politischen Weichenstellungen.
- Auswertung vorhandener Literatur und Studien zu den aktuellen Themen und Entwicklungen in der Branche.
- Analyse von Erhebungen und Statistiken des Statistischen Bundesamtes, der Bundesagentur für Arbeit, Branchenverbänden und Ministerien und weiterer Quellen zu Wirtschafts- und Beschäftigungsdaten.
- Umsetzung von themenbezogenen Workshops mit Branchenexpert*innen und -vertreter*innen.
- Durchführung von leitfadengestützten Expert*innengesprächen: Ein Teil der Interviews wurde im Rahmen von Branchennetzwerktreffen der IG Metall sowie auf der Messe HUSUM Wind durchgeführt. Durch die Expert*innengespräche wurden neben allgemeinen Erkenntnissen zur Branchenentwicklung Einschätzungen über die Qualität der Arbeit, Arbeitsbedingungen und die zentralen Problemlagen der Beschäftigten gewonnen.
- Diskussion von Zwischenergebnissen der vorliegenden Studie auf einer Veranstaltung im Rahmen der Messe HUSUM Wind 2021 mit Branchenvertreter*innen und Politikern.
- Betrachtungen und Analysen ausgewählter Fragestellungen in Form von kurzen Fallbeispielen. Diese kurzen Fallbeispiele haben dabei unterstützt, die Themen und Trends der Branche im Rahmen der Studie zu veranschaulichen.

1.4 Anmerkungen zur statistischen Abgrenzung der Windindustrie

Die statistische Abgrenzung der Windindustrie ist nicht ganz einfach. Die Windindustrie ist in der Wirtschaftszweigklassifikation (WZ 2008) des Sta-

tistischen Bundesamtes nicht als eigene Branche aufgeführt. Sie ist vielmehr als Querschnittsbranche zu verstehen, deren Betriebe sich häufig zumindest zum Teil auch in den anderen Wirtschaftszweigen verorten lassen (z. B. in der Metallverarbeitung, dem Maschinenbau, der Elektroindustrie oder der chemischen Industrie).

Aus diesem Grund können Daten zur Beschreibung der Branche und zur Branchenentwicklung (Beschäftigte, Beschäftigtenstruktur, Umsätze etc.) häufig nicht der amtlichen Statistik entnommen werden. Zur Beschreibung der Branche muss vielmehr auf Erhebungen und Schätzungen von Branchenverbänden und Ministerien sowie auf Einschätzungen von Branchenvertreter*innen und -expert*innen zurückgegriffen werden.

Im Hinblick auf Daten zur Anzahl der in der Branche beschäftigten Arbeitnehmer*innen wird im Rahmen dieser Branchenanalyse auf die im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie vom Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS) ermittelten Beschäftigtenzahlen für die erneuerbaren Energien zurückgegriffen. Entsprechende Beschäftigtenzahlen wurden zuletzt für das Jahr 2019 veröffentlicht.

Bezogen auf die Umsätze in der Branche weist das Statistische Bundesamt jährlich die mit der „Produktion von Gütern, Technologien und Dienstleistungen zur Nutzung erneuerbarer Energien“ generierten Umsätze aus. In diesem Zusammenhang werden auch die Umsätze im Bereich der Onshore- und Offshore-Windenergie ausgewertet, zuletzt für das Jahr 2018.

Daten zum Ausbau der Onshore-Windenergie in Deutschland werden halbjährlich von der Deutschen WindGuard GmbH im Auftrag des Bundesverbands WindEnergie (BWE) und des VDMA Power Systems erfasst und ausgewertet. Die halbjährliche Ermittlung des Status des Offshore-Windenergieausbaus erfolgt ebenfalls durch die Deutsche WindGuard GmbH im Auftrag des Bundesverbands der Windparkbetreiber Offshore (BWO), Bundesverbands WindEnergie, der Stiftung Offshore-Windenergie, des VDMA Power Systems und WAB.

Darüber hinaus wird im Rahmen dieser Studie auf die Ergebnisse der Umfragen der IG Metall unter den Betriebsräten der Windindustrie zurückgegriffen. Hier werden seit dem Jahr 2016 jährlich Daten zur Beschäftigung und zu den Arbeitsbedingungen erhoben sowie Einschätzungen zu aktuellen Themen, Trends und Herausforderungen in der Branche eingeholt.

1.5 Aufbau der Branchenstudie

Diese Branchenstudie ist nach dem einleitenden Abschnitt in fünf Hauptkapitel sowie ein abschließendes Kapitel mit Handlungsempfehlungen gegliedert: In Kapitel 2 wird zunächst auf die Rolle der Windenergie bei der deutschen Energiewende und zur Erreichung der Klimaschutzziele eingegangen.

Daran anschließend (Kapitel 3) werden die Entwicklung des Ausbaus der Windenergie in Deutschland (an Land und auf See) analysiert, Gründe für den Rückgang der Ausbauzahlen diskutiert und daran anschließend auch die beschäftigungsseitigen Auswirkungen der rückläufigen Ausbauzahlen betrachtet.

Nach einem kurzen Exkurs zur Entwicklung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (Kapitel 4) werden im anschließenden Kapitel 5 ausgewählte aktuelle Themen, Trends und Herausforderungen in der Branche beschrieben. Dabei wird auf Veränderungen der Wertschöpfungskette, zunehmende Local-Content-Anforderungen auf internationalen Märkten, den Kostendruck und die Arbeitsbedingungen in der Branche, den Aufschwung im Servicegeschäft, die Digitalisierung sowie auf die generelle Fachkräftesituation in der Branche eingegangen.

In Kapitel 6 wiederum werden Zukunftsfelder und Perspektiven beschrieben, die für Wertschöpfung und Beschäftigung in der Branche sorgen können. Thematisiert werden in diesem Kapitel die Möglichkeiten, die die verstärkte Nutzung von grünem Wasserstoff der Branche bietet, die gemeinsamen Potenziale der Windindustrie und des Schiffbaus (Stichwort: Plattformbau), der Zukunftsmarkt schwimmender Windräder sowie das Recycling von Rotorblättern.

Abschließend werden Handlungsempfehlungen für Politik, Betriebe, Gewerkschaften und Betriebsräte formuliert.

2. Die Rolle der Windenergie bei der Energiewende

Der Klima- und Umweltschutz ist eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe und von zentraler Bedeutung, um den Klimawandel verlangsamen zu können. Dabei gibt es in nahezu allen Bereichen des gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Lebens Handlungsfelder und Optimierungsmöglichkeiten, die zu einem Gelingen beitragen können.

Der Energieversorgung kommt in diesem Zusammenhang eine besondere Rolle zu. Die Energiewirtschaft ist wichtiger Mitverursacher der globalen Erwärmung und mit knapp 30 Prozent im Jahr 2020 der Sektor mit den höchsten Treibhausgasemissionen in Deutschland (Umweltbundesamt 2021b). Insbesondere durch die Bereitstellung von Primärenergieträgern (z. B. Erdöl und Kohle) und ihre Umwandlung in sogenannte Nutzenergie (z. B. in Elektrizität und Wärme) entstehen Emissionen; bei der Verbrennung fossiler Energieträger sind dies vor allem Kohlendioxidemissionen (Umweltbundesamt 2021a).

Die beschlossene Energiewende von nuklearen und fossilen Brennstoffen hin zu erneuerbaren Energien und mehr Energieeffizienz ist daher zentraler Baustein zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen. Gleichzeitig steht die Energiewirtschaft vor der Herausforderung, auch weiterhin eine kontinuierlich sichere, bezahlbare und international wettbewerbsfähige Energieversorgung in Deutschland sicherzustellen.

Den Rahmen für die Klimaschutzaktivitäten Deutschlands bildet unter anderem das Pariser Klimaschutzabkommen aus dem Jahr 2015. Damals kamen alle 195 von der UN anerkannten Staaten überein, die durchschnittliche Erderwärmung auf „deutlich unter 2°C“ und „möglichst auf 1,5°C zu begrenzen“. Die Länder haben sich verpflichtet, ihre Beiträge zur Erreichung der Ziele im Rahmen nationaler Aktionspläne festzulegen und alle fünf Jahre zu aktualisieren (Vereinte Nationen 2015).

Deutschland hat auf dieser Grundlage im Jahr 2016 den Klimaschutzplan 2050 beschlossen, in dem die nationalen Klimaschutzziele festgelegt sind. Langfristziel war es demnach, bis zum Jahr 2050 Treibhausgasneutralität zu erreichen. Als mittelfristiges Ziel wurde für das Jahr 2030 das Senken der Treibhausgasemissionen um mindestens 55 Prozent gegenüber dem Niveau des Jahres 1990 festgelegt (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit 2016).

Gegen das Bundes-Klimaschutzgesetz wurden mehrere Verfassungsbeschwerden eingereicht, die teilweise erfolgreich waren. Im Frühjahr 2021 hat das Bundesverfassungsgericht entschieden, dass das Klimaschutzgesetz in Teilen verfassungswidrig ist. Demnach fehlen in dem Ge-

setz ausreichende Vorgaben für die Reduzierung der Emissionen ab dem Jahr 2031. Der Gesetzgeber war daher verpflichtet, bis Ende des Jahres 2022 auch für die Zeit nach dem Jahr 2030 Minderungsziele der Treibhausgasemissionen näher zu regeln (Bundesverfassungsgericht 2021).

Als Reaktion darauf hat die Bundesregierung bereits im Mai 2021 das geänderte Klimaschutzgesetz 2021 vorgelegt. Mit dem geänderten Klimaschutzgesetz wurden die Zielvorgaben für die Reduzierung der CO₂-Emissionen über das Jahr 2030 hinaus fortgeschrieben und gleichzeitig angehoben. Das Minderungsziel für das Jahr 2030 steigt demnach um zehn Prozentpunkte auf mindestens 65 Prozent (gegenüber 1990). Für das Jahr 2040 gilt ein neues nationales Klimaschutzziel von mindestens 88 Prozent. Bereits bis zum Jahr 2045 soll Netto-Treibhausgasneutralität erreicht werden.

Tabelle 1: Treibhausgas-Minderungsziele gegenüber 1990

2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2045
65 %	67 %	70 %	72 %	74 %	77 %	79 %	81 %	83 %	86 %	88 %	100 %

Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2021d

Die Minderungsziele für Deutschland basieren dabei auf Emissionssenkungszielen für einzelne Sektoren, die ebenfalls im Bundes-Klimaschutzgesetz festgeschrieben sind. Demnach sollen die Treibhausgas-Emissionen im Energiesektor bis zum Jahr 2030 um 77 Prozent gegenüber dem Jahr 1990 gesenkt werden. Zum Vergleich: Für die Industrie (–58 Prozent) und den Verkehrssektor (–48 Prozent) wurden deutlich geringere Zielmarken festgeschrieben (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2021d).

Die Energiewirtschaft muss damit zum wesentlichen Treiber der Reduzierung von CO₂-Emissionen werden und dafür ist ein (weiterer) Umbau der Energieversorgung zwingende Voraussetzung: Die erneuerbaren Energien müssen zukünftig einen deutlich größeren Teil des Stromverbrauchs decken – insbesondere auch vor dem Hintergrund, dass die Sektoren Verkehr und die Industrie ebenfalls große Mengen an regenerativem Strom benötigen, um klimaneutral zu werden.

Tabelle 2: Emissionssenkungsziele für einzelne Sektoren bis zum Jahr 2030

	1990	2020	2030	Minderung gegenüber 1990
	in Mio. Tonnen CO ₂ -Äquivalent	in Mio. Tonnen CO ₂ -Äquivalent	in Mio. Tonnen CO ₂ -Äquivalent	
Energie-wirtschaft	466	280	108	-77 %
Gebäude	210	118	67	-68 %
Verkehr	164	150	85	-48 %
Industrie	284	186	118	-58 %
Landwirtschaft	90	70	56	-38 %
Abfallwirtschaft und Sonstiges	38	9	4	-89 %
Gesamtsumme	1.251	813	438	-65 %

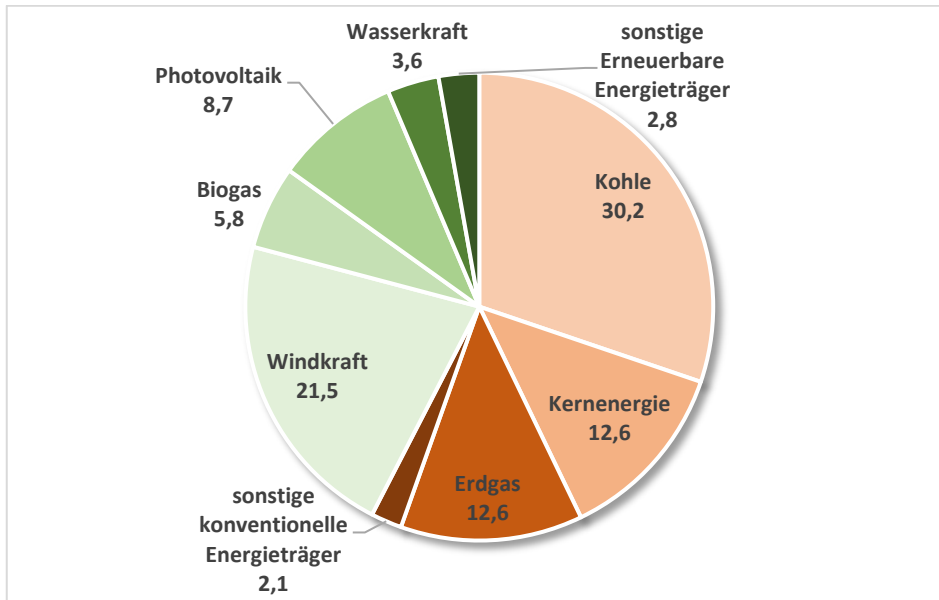
Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2021d

Die Bundesregierung hat daher auch im Hinblick auf den Umbau der Energieversorgung mittel- und langfristige Ausbauziele für erneuerbare Energien definiert, die zuletzt im Rahmen des sogenannten Osterpakets nochmals deutlich erhöht worden sind. Bis zum Jahr 2030 sollen die erneuerbaren Energien demnach mindestens 80 Prozent des Stromverbrauchs in Deutschland decken; die vorherige Zielmarke waren 65 Prozent (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz 2022b, S. 3).

Ein Blick auf den deutschen Strommix zeigt, dass die erneuerbaren Energieträger – und hier insbesondere die Windenergie – inzwischen einen großen Teil des Stroms ins Netz einspeisen, im Jahr 2020 sogar erstmals mehr als die fossilen Energieträger (Kohle, Gas und Öl). Aufgrund des windärmeren Frühjahrs 2021 ist die Stromerzeugung durch Windenergie (onshore und offshore) im Jahr 2021 allerdings zurückgegangen. Insgesamt liegt der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten in das Stromnetz eingespeisten Stroms im Jahr 2021 bei 42,4 Prozent (Vorjahr: 45,4 Prozent; Statistisches Bundesamt 2022).

Um die Zielmarke von 80 Prozent erneuerbarer Energien bis zum Jahr 2030 zu erreichen, sind daher enorme Anstrengungen notwendig.

Abbildung 1: Stromeinspeisung durch konventionelle und erneuerbare Energieträger im Jahr 2021 (in Prozent)

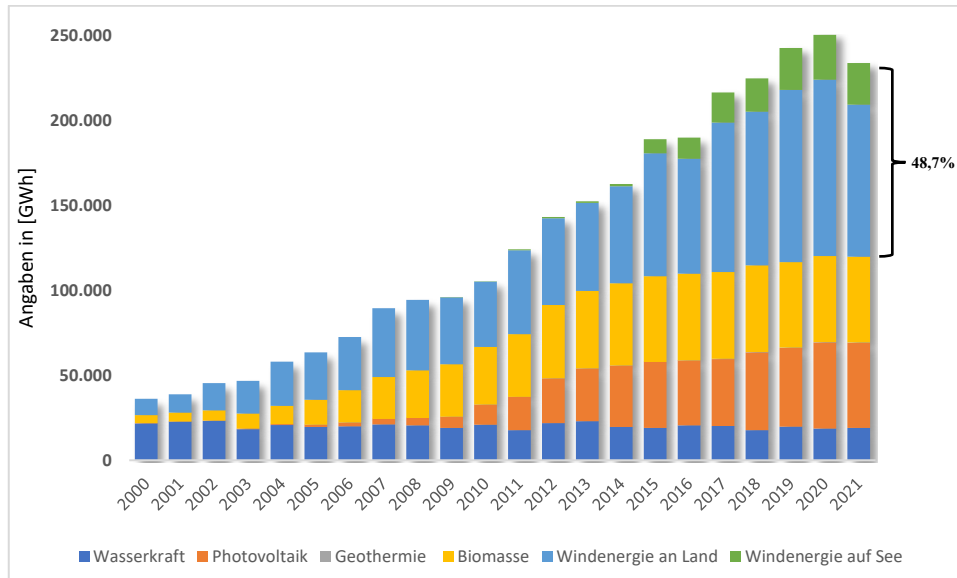


Quelle: Statistisches Bundesamt 2022, eigene Darstellung

Der Windenergie kommt dabei eine besondere Rolle zu. Sie ist innerhalb der erneuerbaren Energien der mit Abstand wichtigste Energieträger. Fast 50 Prozent des erneuerbar erzeugten Stroms im Jahr 2021 stammten aus Windenergieanlagen an Land und auf See. Gleichzeitig bietet die Windenergienutzung kurz- bis mittelfristig das wirtschaftlichste Ausbaupotenzial unter den erneuerbaren Energien.

Diese Zahlen zeigen deutlich: Auch wenn die erneuerbaren Energien im Jahr 2020 erstmals mehr Strom ins Netz eingespeist haben als die fossilen Energieträger, so sind weitere Anstrengungen notwendig, um die gesteckten Klimaschutzziele erreichen zu können: Die erneuerbaren Energien müssen in den kommenden Jahren massiv ausgebaut werden und der Windenergie kommt dabei eine besondere Rolle zu. Sie ist die mit Abstand bedeutendste erneuerbare Energiequelle, bietet – insbesondere offshore – großes Ausbaupotenzial und ist damit neben der Photovoltaik zentraler Baustein zum Erreichen der Klimaschutzziele.

Abbildung 2: Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien
(2000–2021, in Gigawattstunden)



Quelle: Umweltbundesamt 2022, eigene Darstellung

3. Die Entwicklung der Windenergie und Windindustrie in Deutschland

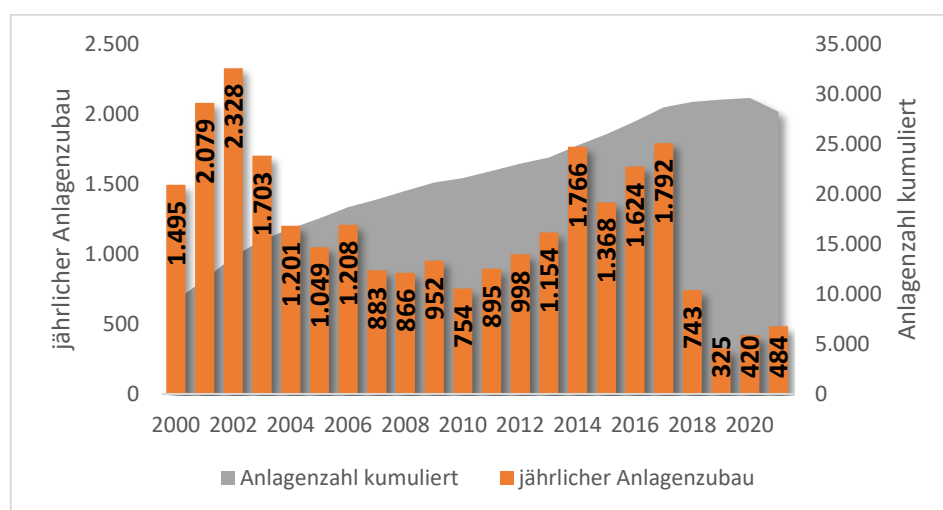
3.1 Ausbau der Windenergie

Wie beschrieben, ist ein starker Ausbau der Windenergie in Deutschland zentrale Voraussetzung, um die Energiewende erfolgreich gestalten und damit auch die nationalen Klimaziele erreichen zu können. Im folgenden Abschnitt werden der Ausbau der Windenergie an Land und auf See in den vergangenen Jahren nachgezeichnet und die politisch beschlossenen Ausbauziele und -pfade für die kommenden Jahre beschrieben.

3.1.1 Onshore

Mit Verabschiedung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) im Jahr 2000 erhielt die Windenergie an Land zunächst Aufwind. Die Ausbauzahlen schossen in die Höhe und erreichten im Jahr 2002 mit über 2.300 errichteten Windenergieanlagen innerhalb eines Jahres ihren bisherigen Höchststand. Dieses Niveau konnte jedoch nicht gehalten werden; in den Folgejahren gingen die Ausbauzahlen aufgrund von Anpassungen im EEG deutlich zurück. Im Jahr 2010 wurde mit nur 754 errichteten Windenergieanlagen der damalige Tiefststand erreicht.

Abbildung 3: Installierte Onshore-Windenergieanlagen in Deutschland



Quelle: Deutsche WindGuard GmbH 2022b, eigene Darstellung

Nachdem insbesondere in den Jahren 2014 bis 2017 wieder ein deutlich positiver Trend zu erkennen war (im Jahr 2017 wurde mit fast 1.800 Windenergieanlagen der stärkste Zubau seit dem Jahr 2002 registriert), erlebte die Windindustrie in den Jahren 2018 bis 2020 einen massiven Einbruch der Ausbauraten.

Im Jahr 2018 wurden lediglich 743 Onshore-Windenergieanlagen errichtet und damit fast 60 Prozent weniger als im Vorjahr – die Zubauraten im Jahr 2019 waren mit 325 Onshore-Windenergieanlagen auf dem niedrigsten Stand seit Einführung des EEG im Jahr 2000 (Bundesverband WindEnergie 2020b). Auch in den Jahren 2020 und 2021 war trotz einer leichten Steigerung der Ausbauraten keine wesentliche Erholung zu erkennen (Deutsche WindGuard GmbH 2022b).

Zurückzuführen ist diese Entwicklung auf die im Zuge der EEG-Novelle 2017 von der Bundesregierung beschlossene Umstellung der Förderung von Windenergie von staatlich festgesetzten Preisen auf wettbewerbliche Ausschreibungen. Demnach erhalten seit dem Jahr 2017 diejenigen Gebote den Zuschlag, die die geringste staatliche Förderung benötigen.

Zitat eines Betriebsrats: „Durch das 2017 eingeführte Ausschreibungsverfahren und Änderungen im Genehmigungsverfahren ist es im Onshore- und Offshore-Bereich zum Stillstand gekommen.“

In dem Zuge wurden darüber hinaus Privilegien für sogenannte Bürgerenergiegesellschaften bei den Ausschreibungen eingeführt, um die Akteursvielfalt zu stärken und eine stärkere lokale Verankerung der Windenergie herbeizuführen. Das Privileg bestand im Wesentlichen darin, dass Bürgerenergiegesellschaften an Ausschreibungen teilnehmen konnten, bevor sie über die erforderliche immissionsschutzrechtliche Genehmigung für ihr Projekt verfügen. In der Folge wurden nahezu ausschließlich Projekte von Bürgerenergiegesellschaften ohne immissionsschutzrechtliche Genehmigung bezuschlagt, die auch Jahre nach Zuschlag nicht realisiert worden sind. Dadurch wurde der Einbruch beim Ausbau der Windenergie an Land zusätzlich verstärkt (Deutscher Bundestag 2020, S. 9). Inzwischen wurden die Privilegien für Bürgerenergiegesellschaften abgeschafft, Gebote dürfen seitdem nur noch für bereits genehmigte Projekte abgegeben werden.

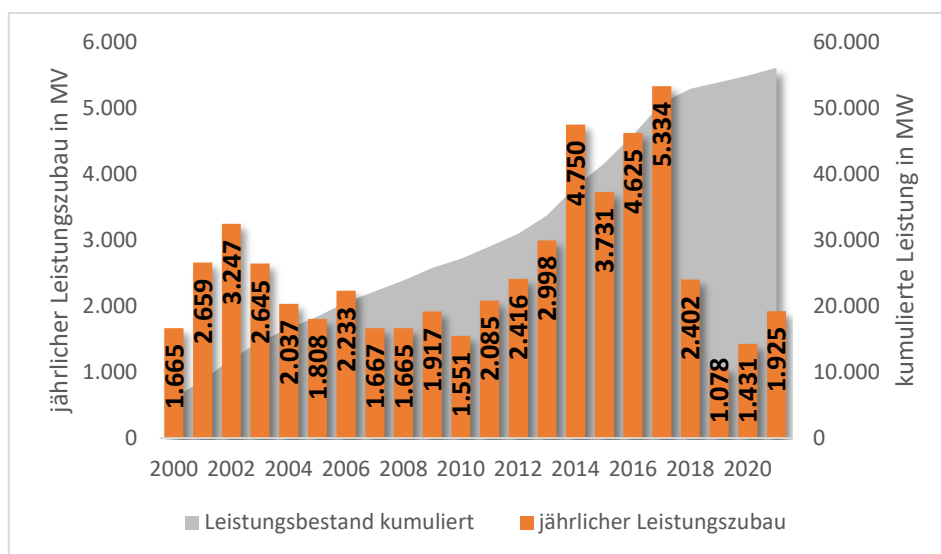
Im Zuge der EEG-Novelle 2017 hat die Bundesregierung auch einen Ausbaukorridor von 2.500 Megawatt pro Jahr eingeführt, der zu einer Deckelung des Ausbaus geführt hat. Weitere Ursachen für die niedrigen Ausbauraten an Land liegen nach Angaben von Branchenexpert*innen unter anderem in langen Genehmigungsverfahren, zu wenig Flächen für neue Windparks sowie in vermehrten Klagen im Hinblick auf den Natur-

und Artenschutz, die den Ausbau der Windenergie verzögern (vgl. hierzu auch Kapitel 3.2).

Die niedrigen Ausbauzahlen machen sich auch mit Blick auf die installierte Leistung von Onshore-Windenergieanlagen bemerkbar. Auch hier ist ein deutlicher Einbruch im Jahr 2018 zu erkennen. Dass die installierte Leistung nicht so stark zurückgegangen ist, wie die Anzahl der errichteten Windenergieanlagen, liegt im Wesentlichen an der fortlaufenden technologischen Weiterentwicklung der Anlagen und der höheren Leistung pro Anlage. Neue Windenergieanlagen sind im Schnitt über 20-mal so leistungsfähig wie Anlagen aus dem Jahr 1990 (Agentur für Erneuerbare Energien 2019).

Im Jahr 2021 wurden insgesamt 1.925 Megawatt Leistung neu installiert; dies entspricht rund einem Drittel der noch im Jahr 2017 installierten Leistung. Die installierte Gesamtleistung aus Onshore-Windenergie beträgt im Jahr 2021 rund 56.000 Megawatt.

Abbildung 4: Installierte Onshore-Windenergieleistung (in Megawatt)



Quelle: Deutsche WindGuard GmbH 2022b, eigene Darstellung

Ein Blick auf die regionale Verteilung der errichteten Windenergieanlagen zeigt ein deutliches Gefälle zwischen den nördlichen und den südlichen Bundesländern.

Die fünf norddeutschen Bundesländer (Niedersachsen, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Bremen und Hamburg) stellen Ende des Jahres 2021 mit 22.589 Megawatt über 40 Prozent der insgesamt in

Deutschland installierten Leistung an Onshore-Windenergie. In den südlichen Bundesländern (Rheinland-Pfalz, Bayern, Baden-Württemberg, Saarland) stehen insgesamt 3.878 Windenergieanlagen, die zusammen 8.642 Megawatt Leistung einspeisen; dies entspricht einem Anteil von etwa 15 Prozent.

3.1.2 Offshore

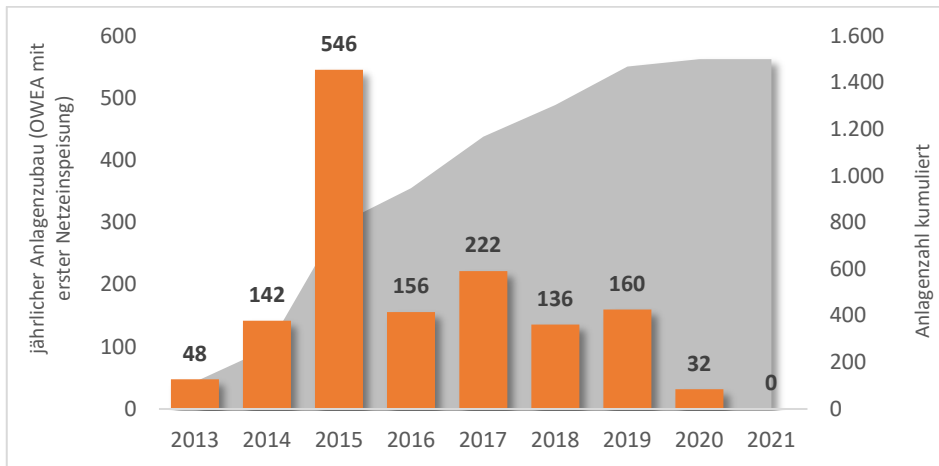
Neben der Onshore-Windenergie ist die Offshore-Windenergie aufgrund der auf See höheren und konstanten Windgeschwindigkeit eine der tragenden Säulen der Energiewende. Offshore-Windräder sind dabei deutlich größer als Onshore-Windräder und können daher auch deutlich mehr Leistung erzeugen. So hat beispielsweise der chinesische Hersteller MingYang im Jahr 2021 die erste 16-Megawatt-Offshore-Windturbine vorgestellt. Zum Vergleich: Eine Onshore-Anlage erbringt je nach Modell eine Leistung zwischen drei und fünf Megawatt. Offshore-Windräder können damit zu einer hohen Verlässlichkeit bei der Stromerzeugung beitragen und eine grundlastnahe Stromerzeugung sicherstellen (Stiftung Offshore-Windenergie 2021).

Ein Blick auf die Ausbauzahlen im Offshore-Sektor zeigt allerdings, dass auch hier von keinem konstanten Ausbaupfad gesprochen werden kann. Ähnlich wie bei der Windenergie an Land stockte auch der Ausbau der Windenergie auf See in Deutschland in den letzten Jahren – im Wesentlichen aufgrund der politischen Rahmenbedingungen und fehlender Ausschreibungen neuer Projekte.

Mit Ausnahme des Jahres 2015 (hier wurde auch aufgrund von Nachholeffekten durch die Netzanbindung ein Rekordwert beim Ausbau erzielt) ist zwischen 2013 und 2019 kein konstanter Anstieg der Ausbauzahlen zu erkennen. Im Jahr 2020 hat der Offshore-Ausbau dann einen massiven Einbruch erlebt. Lediglich 32 Offshore-Windenergieanlagen mit einer Leistung von zusammengekommen 219 Megawatt wurden im Jahr 2020 neu in Betrieb genommen (Blechner 2021). Im Vergleich zum Vorjahr entspricht dies einem Rückgang um etwa 80 Prozent (Deutsche WindGuard GmbH 2022a). Im Jahr 2021 wurden keine neuen Anlagen installiert – dies war aufgrund der langen Vorlaufzeiten bei der Realisierung von Offshore-Projekten bereits frühzeitig abzusehen.

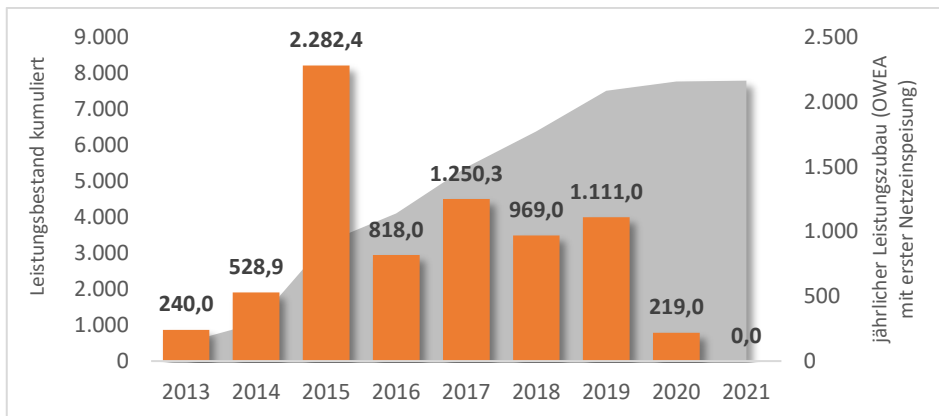
Ende 2021 waren insgesamt 27 Offshore-Windparks mit rund 1.500 Offshore-Windenergieanlagen und einer Gesamtkapazität von etwa 7.780 Megawatt am Netz. Ab dem Jahr 2022 sollen dann die in den Ausschreibungsrunden 2017/2018 bezuschlagten Offshore-Windparks in Betrieb genommen werden (Deutsche WindGuard GmbH 2022a).

Abbildung 5: Installierte Offshore-Windenergieanlagen



Quelle: Deutsche WindGuard GmbH 2022a, eigene Darstellung

Abbildung 6: Installierte Offshore-Windenergieleistung (in Megawatt)



Quelle: Deutsche WindGuard GmbH 2022a, eigene Darstellung

Der Großteil der installierten Offshore-Anlagen in Deutschland befindet sich dabei mit 6,7 Gigawatt aktuell in der Nordsee (Deutsche WindGuard GmbH 2021). Auch europaweit befinden sich mehr als 60 Prozent der installierten Offshore-Windenergieanlagen in der Nordsee, die durch geringe Wassertiefen sowie hohe Windgeschwindigkeiten gute Voraussetzungen für die Stromerzeugung bietet (Kruse 2020).

3.1.3 Ausbauziele

Der Ausbau der Windenergie in Deutschland hängt maßgeblich von den politisch festgelegten Ausbauzielen ab. Während der Stop-and-go-Kurs der vergangenen Jahre den Ausbau behindert hat, hat die Bundesregierung mit der EEG-Novelle 2021 und der Änderung des Windenergie-auf-See-Gesetzes (WindSeeG) im Jahr 2021 sowie dem Osterpaket im Jahr 2022 einen konkreten Ausbaupfad für die Onshore- und die Offshore-Windenergie festgelegt.

Im Osterpaket hat die Bundesregierung ihre Ausbauziele nochmals deutlich erhöht: Demnach sollen die Ausbauraten auf ein Niveau von 10 Gigawatt pro Jahr gesteigert werden, sodass im Jahr 2030 Windenergieanlagen an Land im Umfang von insgesamt rund 115 Gigawatt in Deutschland installiert sein sollen. Für den Offshore-Bereich wurde das zuletzt bereits auf 20 Gigawatt im Jahr 2030 erhöhte Ausbauziel nochmals auf 30 Gigawatt gesteigert. Bis zum Jahr 2035 sollen 40 Gigawatt und bis 2045 70 Gigawatt in deutschen Hoheitsgewässern installiert sein (Bundesregierung 2022).

Grundlage für die Festlegung der Ausbauziele erneuerbarer Energien ist unter anderem eine Schätzung des Stromverbrauchs des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie für das Jahr 2030. Dabei ging das Bundeswirtschaftsministerium zunächst davon aus, dass sich der Stromverbrauch in den nächsten neun Jahren nicht wesentlich verändern wird und bei rund 580 Terawattstunden bleibt (Wrede 2021).

Verschiedene Expert*innen haben diese Prognose kritisiert und als zu niedrig bewertet. Demnach würde der Strombedarf unter anderem infolge der weitgehenden Elektrifizierung des PKW-Verkehrs und der verstärkten Herstellung von grünem Wasserstoff im Jahr 2030 insgesamt deutlich höher liegen als vom Bundeswirtschaftsministerium prognostiziert. So hat beispielsweise der Bundesverband Erneuerbare Energie (BEE) für das Jahr 2030 einen Strombedarf für Deutschland im Höhe von 745 Terawattstunden errechnet (Pieprzyk/Stark 2021, S. 14). Entsprechend müssten auch die erneuerbaren Energien in größerem Maßstab ausgebaut werden, um bis zum Jahr 2030 einen Anteil von 65 Prozent am Stromverbrauch erreichen zu können (Nikionok-Ehrlich 2020, S. 8).

Im November 2021 hat das Bundeswirtschaftsministerium auf die Kritik an der Prognose zum Stromverbrauch reagiert und eine Neuberechnung für das Jahr 2030 vorgelegt. Die Prognose des Stromverbrauchs im Jahr 2030 wurde auf 658 Terawattstunden erhöht, womit die Prognose weiterhin deutlich unterhalb der Berechnungen des BEE liegt. Das Bundeswirtschaftsministerium begründet seine Schätzung ebenfalls damit, dass der Stromverbrauch unter anderem infolge des steigenden Anteils der E-Mo-

bilität, der Erzeugung von Elektrolyse-Wasserstoff sowie die Produktion von Batterien ansteigen wird. Demnach werden aber eine steigende Stromeffizienz und der rückläufige Kraftwerkseigenverbrauch aufgrund des Ausstiegs aus Kernenergie und Kohle den Anstieg des Stromverbrauchs dämpfen (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2021d).

Unabhängig davon, wie hoch der Stromverbrauch im Jahr 2030 tatsächlich sein wird, ist angesichts des erwarteten steigenden Strombedarfs ein verlässlicher und kontinuierlicher Ausbau der Windenergie von zentraler Bedeutung. Dies würde der Branche zusätzlich auch Planungs- und Investitionssicherheit bieten. Mit einem weiteren Stop-and-go-Kurs, wie er in den vergangenen Jahren zu beobachten gewesen ist, werden die Ausbauziele der Windenergie und damit auch die Klimaziele nicht zu erreichen sein.

3.2 Ausgewählte Ursachen für den stockenden Ausbau der Windenergie

Ungeachtet der konkreten Ausbauziele, die politisch vorgegeben werden, sind weitere Aspekte maßgeblich, um den Ausbau der Windenergie in Deutschland zu beschleunigen. Wie in Kapitel 3.1.1 bereits beschrieben, sehen Branchenexpert*innen unter anderem in langen Genehmigungsverfahren, zu wenig Flächen für neue Windenergieanlagen sowie in vermehrten Klagen im Hinblick auf den Natur- und Artenschutz wesentliche Ursachen für den stockenden Ausbau der Windenergie in Deutschland.

3.2.1 Klagen im Hinblick auf den Natur- und Artenschutz

Grundsätzlich ist die Zustimmung der Deutschen zur Energiewende hoch. In einer repräsentativen Umfrage der Fachagentur Windenergie an Land zur Akzeptanz der Windenergie an Land in Deutschland wurde ermittelt, dass sich sowohl die allgemeine Akzeptanz des Windenergieausbaus als auch die Akzeptanz von Windenergieanlagen vor Ort auf einem konstant hohen Niveau bewegen. Die Nutzung und der Ausbau der Windenergie an Land wird beständig von einem starken gesellschaftlichen Konsens getragen (80 Prozent Zustimmung; Fachagentur Windenergie an Land 2021). Es ist anzunehmen, dass die energiepolitischen Auswirkungen des Angriffskriegs Russlands gegen die Ukraine insgesamt zu einer höheren Akzeptanz von Windenergie beitragen werden.

Gleichzeitig ist es allerdings Realität, dass zahlreiche Bauvorhaben durch Klagen verzögert oder gänzlich verhindert werden. Die wesentlichen Klagegründe gegen Windenergieanlagen sind dabei der Artenschutz von Vögeln und Fledermäusen (48 Prozent der Klagen), der Artenschutz im Allgemeinen (24 Prozent), Form- und Verfahrensfehler (32 Prozent) sowie Lärmschutzbedenken (17 Prozent; Deutscher Bundestag 2021c, S. 4).

Neben Umweltorganisationen ist ein Großteil der Klagen auch auf lokale Bürgerinitiativen zurückzuführen, die den Bau in der Nähe des eigenen Wohnsitzes verhindern möchten. Hierbei handelt es sich um das vielfach zitierte NIMBY-Phänomen („Not in my backyard“), wonach in diesem Fall Windenergieanlagen zwar allgemein durch die Bevölkerung unterstützt werden, jedoch nicht in der eigenen Wohnumgebung.

Aus den Aktivitäten gegen den Bau von Windenergieanlagen lässt sich jedoch nicht automatisch die vorherrschende örtliche Meinung ableiten. Gegner*innen von Windenergieanlagen werden in der Öffentlichkeit in der Regel stärker wahrgenommen als die Teile der Bevölkerung, die den Ausbau der Windenergie befürworten (Hübner et al. 2020, S. 20). Die öffentliche Wahrnehmung eines Akzeptanzproblems wird häufig durch eine kleine, aber laute Minderheit in der Bevölkerung erwirkt (Fischer/Kube 2020b).

Beim Großteil der Bevölkerung stößt der Ausbau der Windenergie vor Ort nicht grundsätzlich auf Ablehnung, und die Akzeptanz kann durch bestimmte Faktoren wesentlich erhöht werden. Dies wird ebenfalls durch die Studie der Fachagentur Windenergie an Land bestätigt. Demnach vertreten 90 Prozent der Befragten die Ansicht, dass die Akzeptanz von Windenergieprojekten durch Teilhabe oder Beteiligung verbessert werden kann (Fachagentur Windenergie an Land 2021, S. 4).

Eine Erhöhung der Akzeptanz kann laut der Studie im Wesentlichen dadurch erreicht werden, dass die Bürger*innen direkt von dem Bau der Windenergieanlagen vor Ort profitieren, z. B. durch vergünstigte Strompreise im Umkreis der Windenergieanlagen (72 Prozent Zustimmung) oder durch angemessene Einnahmen für die Kommune, die zur Verbesserung der Lebensqualität vor Ort eingesetzt werden können (70 Prozent Zustimmung; Fachagentur Windenergie an Land 2021, S. 16).

Bereits mit der EEG-Novelle 2021 wurde die Möglichkeit geschaffen, Kommunen künftig mit bis zu 0,2 Cent pro eingespeister Kilowattstunde finanziell an der Stromerzeugung zu beteiligen (Bundesverband Solarwirtschaft 2020, S. 33).

Im Jahr 2022 wurden weitere Maßnahmen verabschiedet, um die Planungs- und Genehmigungsverfahren zu beschleunigen, die unter anderem auch dazu beitragen können, die Akzeptanz zu erhöhen und Klagen

gegen die Bauvorhaben vorzubeugen, wie unter anderem bundeseinheitliche Standards für die artenschutzrechtliche Prüfung und Regelungen zu digitalen öffentlichen Bekanntmachungen, zur Auslegung von Unterlagen in digitaler Form und der Möglichkeit zu Online-Erörterungsterminen. Für den Offshore-Bereich sollen unter anderem Umweltprüfungen und Beteiligungsrechte stärker gebündelt werden, was ebenfalls zu einer Beschleunigung des Ausbaus beitragen kann.

3.2.2 Zu wenig ausgewiesene Flächen und strenge Abstandsregeln für Windenergieanlagen

Wesentliche Voraussetzung für einen stärkeren Ausbau der Windenergie an Land sind ausreichende Flächen. Dabei wurde die Diskussion um den Flächenbedarf in Deutschland in der Vergangenheit im Wesentlichen von Debatten um Abstandsregelungen geprägt. In Deutschland ergeben sich die für Windenergieanlagen jeweils einzuhaltenden Abstände zu Wohngebieten aus einer Vielzahl von Vorgaben, etwa aus dem Immissionschutzrecht, dem Baurecht und dem Naturschutzrecht (Deutscher Bundestag 2021b).

Die geltenden Abstandsregelungen für Windräder unterscheiden sich dabei stark zwischen den Bundesländern aufgrund der jeweils vorherrschenden räumlichen Gegebenheiten und Siedlungsstrukturen sowie im Hinblick auf die Gültigkeit beim Austausch von Altanlagen (Repowering; Stede/May 2019). Grundsätzlich können die Bundesländer entscheiden, ob bei ihnen mindestens 1.000 Meter Abstand zwischen Siedlungen und Windrädern eingehalten werden müssen.

Welche Auswirkungen strenge Abstandsregelungen haben können, zeigt sich in Bayern. Dort gilt seit November 2014 die bundesweit strengste Abstandsregelung, die sogenannte Zehn-H-Regelung, die verfügt, dass der Abstand eines Windrads zu Wohnbebauung mindestens das Zehnfache der Höhe des Windrads betragen muss. Da moderne Windenergieanlagen – insbesondere im windschwächeren Binnenland – inzwischen durchaus eine Gesamthöhe von 200 Metern und mehr erreichen, hat die Zehn-H-Regel in diesem Fall einen ein Siedlungsabstand von rund 2.000 Metern zur Folge (Umweltbundesamt 2019, S. 9).

Die Einführung der Zehn-H-Regel hatte unmittelbare Auswirkungen auf die Anzahl der genehmigten Anlagen: In einer Analyse des DIW konnte nachgewiesen werden, dass die genehmigte Anlagenleistung in Bayern nach Einführung der Zehn-H-Regelung um bis zu 90 Prozent zurückgegangen ist (Stede/May 2019, S. 900).

Flächen für die Errichtung von Windenergieanlagen an Land sind eine knappe Ressource (Umweltbundesamt 2019) und strenge Abstandsregelungen führen zu einer weiteren Verknappung (Stede/May 2019, S. 899). Bislang sind etwa 0,8 Prozent der Fläche Deutschlands für die Windenergie ausgewiesen (Umweltbundesamt 2021). Branchenvertreter*innen fordern seit Jahren nahezu einhellig, dass pro Bundesland mindestens zwei Prozent als Flächen für die Windenergienutzung ausgewiesen und als verbindliches raumordnerisches Planungsziel festgelegt werden müssen (Umweltbundesamt 2021).

Nachdem die neue Bundesregierung diesem Ziel im Rahmen ihres Koalitionsvertrags bereits Rechnung getragen hat, soll die Zielmarke noch in diesem Jahr auch gesetzlich verankert werden. Bis Ende 2032 sollen demnach 2 Prozent der Bundesfläche für die Windenergie an Land ausgewiesen werden, bis zum Jahr 2027 sollen es 1,4 Prozent sein (Bundesregierung 2022).

Per Staatsvertrag können Bundesländer auch bis zu 50 Prozent ihrer „Windflächen“ auf andere Bundesländer übertragen; im Falle von Stadtstaaten sind es bis zu 75 Prozent. Generell ist vorgesehen, dass bis zum 31.5.2024 die Bundesländer einen Nachweis über erste Schritte zur Zielerreichung vorlegen müssen. Dabei wird jedoch nicht geregelt, was im Falle eines ausbleibenden Nachweises an positiven oder negativen Sanktionen vorgesehen ist.

3.2.3 Lange Genehmigungsverfahren und unzureichende personelle Ausstattung der Planungs- und Genehmigungsbehörden

Der Prozess der Beantragung des Baus von Windenergieanlagen ist in den vergangenen Jahren immer komplexer geworden. Nach Angaben des Bundesverbands WindEnergie dauert der gesamte Prozess von der Planung bis zur Genehmigung einer Windenergieanlage durchschnittlich vier bis fünf Jahre (Bundesverband WindEnergie 2021c). Einerseits müssen die Antragsteller umfangreiche Unterlagen zusammenstellen und einreichen. Andererseits hat sich der Genehmigungsprozess für die zuständigen Behörden in den vergangenen Jahren erheblich verlängert und umfasst inzwischen einen nur schwer absehbaren Zeitraum, zumal der Prozess häufig durch Klagen von Naturschutzverbänden oder Bürgerinitiativen verzögert oder gänzlich verhindert wird.

Gleichzeitig sind die Genehmigungsbehörden nach Angaben mehrerer Branchenexpert*innen personell unzureichend ausgestattet, wodurch

sich der Genehmigungsprozess häufig weiter verzögert (Bundesverband WindEnergie 2019a, S. 17).

Die Verzögerungen haben nach Angaben eines Betriebsrats in der Vergangenheit bereits dazu geführt, dass die Technik, die ursprünglich für den Bau der geplanten Windenergieanlagen vorgesehen war, nach der letztendlichen Genehmigung bereits veraltet war und nicht mehr produziert wurde.

Der lange Genehmigungsprozess und die Gefahr, dass dieser Prozess durch Klagen weiter verzögert wird, hat eine fehlende Planungs- und Investitionssicherheit zur Folge und wirkt sich damit unmittelbar negativ auf den Ausbau der Windenergie in Deutschland aus.

Die neue Bundesregierung hat sich daher explizit zum Ziel gesetzt, den gesamten Prozess der Baugenehmigung von Windenergieanlagen deutlich zu beschleunigen (SPD/Bündnis 90/Die Grünen/FDP 2021, S. 12). Im Rahmen des sogenannten „Sommerpakets“ hat die Bundesregierung im Jahr 2022 verschiedene Maßnahmen beschlossen, um Genehmigungen zu beschleunigen (u. a. eine Digitalisierung der Planungs- und Genehmigungsverfahren) und hat zudem eine „Personal- und Weiterbildungsoffensive“ angekündigt, um die Planung- und Genehmigungsbehörden mit ausreichend qualifizierten Fachkräften auszustatten und die Verfahren dadurch zu beschleunigen.

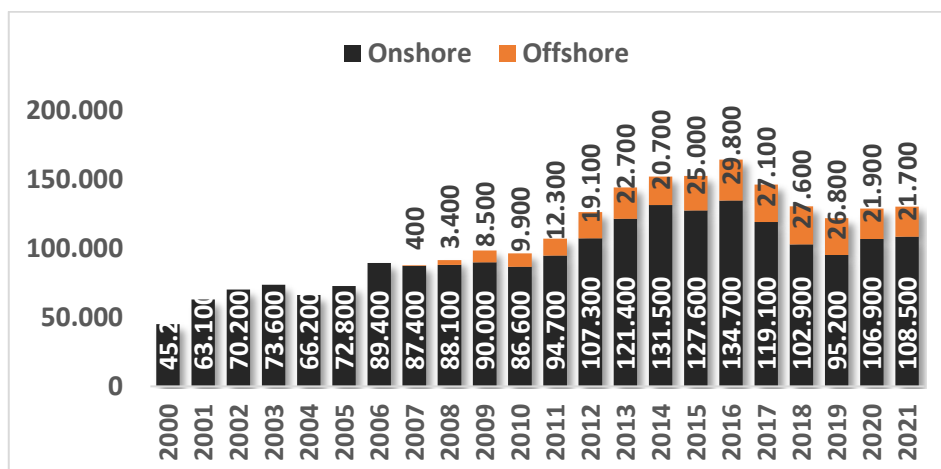
3.3 Beschäftigung

3.3.1 Beschäftigungsentwicklung in den vergangenen 20 Jahren

Lange Zeit galt die Windindustrie als Hoffnungsträger für positive Beschäftigungseffekte. Gerade strukturschwache Regionen an der Küste haben mit der Windindustrie die Hoffnung verbunden, nach der Werftenkrise einen neuen bzw. zusätzlichen industriellen Kern mit einer dazugehörigen Zuliefererindustrie anzusiedeln, und zwar mit entsprechender Wertschöpfung.

Bis zum Jahr 2016 haben sich diese Erwartungen durchaus bestätigt. Allein zwischen 2010 und 2016 konnte ein Beschäftigungsplus von fast 67.000 Arbeitsplätzen bzw. 70 Prozent verzeichnet werden. Im Jahr 2016 waren insgesamt über 164.000 Beschäftigte in der Windindustrie tätig. Dies stellt den bisherigen Höchstwert an Beschäftigung in der Branche dar (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz 2022a).

Abbildung 7: Beschäftigungsentwicklung (2000–2021)



Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz 2022a, eigene Darstellung

Der konstante Beschäftigungsanstieg hat im Jahr 2017 allerdings ein jähes Ende gefunden. In den Jahren 2017 bis 2019 hat die Branche über 42.000 Arbeitsplätze verloren, davon allein 40.000 im Onshore-Sektor. Aktuelle Schätzungen des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie gehen davon aus, dass sich die Beschäftigung seit dem Jahr 2020 erholt hat und wieder leicht angestiegen ist (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz 2022a).

Fallbeispiel: Aufstieg und Fall der Windindustrie entlang der Weser zwischen Lemwerder und Bremerhaven

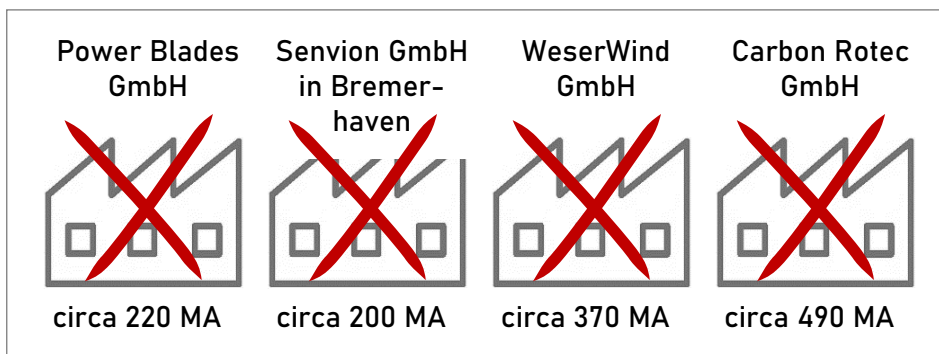
Bei der Betrachtung der Entwicklung der Windindustrie wirkt die Region entlang der Weser zwischen Lemwerder und Bremerhaven wie ein Brennglas für die gesamte Branche.

Insbesondere Bremerhaven hatte sich zwischenzeitlich zu einem Cluster der Windenergie entwickelt. Mit REpower Systems (2014 umbenannt in Senvion), PowerBlades, WeserWind und Areva Wind (heute Siemens Gamesa Renewable Energy) hatten sich zahlreiche große Player der Windindustrie in Bremerhaven angesiedelt. Zu Hochzeiten wurden in Bremerhaven Rotorblätter, Maschinenhäuser, Gründungsstrukturen und Offshore-Trafostationen gefertigt. Hinzu kamen verschiedene Forschungseinrichtungen, Schulungszentren, Prüfstände und Testzentren (Offshore Wind Port Bremerhaven 2013).

Die Windindustrie war damit ein bedeutender Wirtschaftsfaktor für die strukturschwache Küstenregion und gleichzeitig auch eine Touristenattraktion. Die sogenannte „Tour de Wind“ hat Touristen per Bus entlang der unterschiedlichen Produktionsbetriebe geführt. Insgesamt wurden über 20 windenergierelevante Stationen in Bremerhaven und Umgebung angefahren.

Davon ist inzwischen nicht mehr viel übrig. Heute werden in Bremerhaven keine Komponenten für Windenergieanlagen mehr gefertigt. Mit PowerBlades, Senvion, WeserWind und Carbon Rotec (in Lemwerder) sind in den vergangenen Jahren mehrere Unternehmen in der Region vom Markt verschwunden – und mit ihnen zahlreiche Arbeitsplätze.

Abbildung 8: Arbeitsplatzabbau in Norddeutschland (Auswahl)



Quelle: eigene Darstellung

Mit dem geplanten Offshore-Terminal Bremerhaven befindet sich zudem ein Prestigeprojekt der Windenergie in der Schwebe. Der Offshore-Terminal ist ein geplanter Schwerguthafen für Windenergieanlagen und andere Elemente für Offshore-Windparks. Dort sollen die bis zu 1.000 Tonnen schweren und rund 30 Meter mal 40 Meter großen Fundamente sowie Rotorblätter mit einer Länge von 75 Meter auf Spezialschiffe verladen werden können. Das Projekt wurde von Anfang an von verschiedenen Seiten kritisiert, auch im Hinblick auf die Notwendigkeit eines Offshore-Terminals infolge des Einbruchs des deutschen Markts und der Windindustrie in Bremerhaven.

Die Umweltschutzorganisation BUND versucht, das Projekt per Gerichtsbeschluss zu stoppen, da sie anzweifelt, dass der wirtschaftliche Nutzen in einem gesunden Verhältnis zur ökologischen Zerstörung stehe. Im November 2021 hat das Oberverwaltungsgericht

Bremen im Berufungsverfahren die vor sechs Jahren erteilte Baugenehmigung für unwirksam erklärt, unter anderem wegen Zweifeln am Bedarf des Spezialhafens (Zeit Online 2021). Im Dezember 2021 hat das Land Bremen Beschwerde gegen das Urteil des Oberverwaltungsgerichts eingelegt.

Gleichzeitig soll bis Ende 2022 analysiert werden, welche Bedarfe es für den Hafen in Bremerhaven zukünftig geben kann (z. B. Verschiffung von Windenergieanlagen-Komponenten, Wasserstoffbasisshafen, Hafen für den Rückbau von Ölplattformen).

Branchenexpert*innen schätzen, dass in den vergangenen Jahren 20–30 Prozent der Marktteilnehmenden verloren gegangen sind (buten und binnen 2021). So hat Senvion beispielsweise nicht nur den Standort in Bremerhaven geschlossen, sondern ist im Jahr 2019 insolvent gegangen und hat in dem Zuge sämtliche Standorte in Deutschland schließen müssen.

Zudem haben unter anderem Betriebe wie Nordex in Hamburg und Rostock, Off-Shore Wind Solutions in Emden, Siemens Wind Power (inzwischen Siemens Gamesa Renewable Energy) in Bremen und Hamburg und diverse Windindustrie-Zuliefererunternehmen mit Standorten vor allem in Aurich und Magdeburg Personal abgebaut, was in Summe zu einem massiven Verlust an Arbeitsplätzen in der Branche geführt hat.

3.3.2 Beschäftigungsprognosen

Der Ausbau der Windenergie ist stark von den Ausbauzielen und den politischen Rahmenbedingungen abhängig. Gleiches gilt für die Beschäftigungsperspektiven in der Windindustrie, die zusätzlich auch von den jeweiligen betrieblichen Entscheidungen der Unternehmen der Branche abhängig sind, ob beispielsweise Produktionsstandorte in Deutschland gehalten oder ins Ausland verlagert werden.

Beschäftigungsprognosen für die Windindustrie abzugeben ist dabei auch aufgrund der beschriebenen schwierigen statistischen Abgrenzbarkeit der Branche und dem damit verbundenen unklaren Verständnis darüber, wie weit die Branche zu fassen ist, eine Herausforderung.

Im Rahmen zweier Publikationen aus dem Jahr 2019 wurden für den Onshore-Bereich (Prognos 2019) und den Offshore-Bereich (wind:research 2019) dennoch auf Grundlage verschiedener Ausbau-Annahmen Beschäftigungsprognosen berechnet, deren zentrale Aussagen im Folgenden kurz skizziert werden:

Das Forschungsinstitut Prognos hat im Jahr 2019 „Szenarien zum künftigen Ausbau der Onshore-Windenergie und Effekte auf Wertschöp-

fung und Beschäftigung“ vorgelegt und darin für verschiedene Ausbauszenarien die beschäftigungsseitigen Effekte für das Jahr 2030 abgeschätzt.

Die Studie charakterisiert sich durch einen vergleichsweise konservativen Schätzansatz und beziffert die Zahl der Beschäftigten in der Onshore-Windindustrie im Jahr 2018 auf 64.000 als Ausgangssumme (zum Vergleich: Nach Berechnungen des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie waren im Jahre 2018 rund 96.600 Beschäftigte in der Onshore-Windindustrie tätig; Böhmer et al. 2019, S. 2).

Die Beschäftigten sind dabei laut der Studie in die Teilbereiche „Projektplanung und Forschung“, „Herstellung“, „Montage und Installation“ sowie „Betrieb und Wartung“ gegliedert. Den mit Abstand größten Teilbereich bildet dabei die Herstellung von Anlagen und Komponenten, in dem knapp die Hälfte der Erwerbstätigen beschäftigt sind (Böhmer et al. 2019).

- Das erste projizierte Szenario „Politischer Zielpfad“ bildet die im EEG 2017 festgelegten Ziele und die bisher bis dato zusätzlich beschlossenen Sonderausschreibungen ab. Insgesamt steigt die installierte Leistung bei diesem Szenario von 53 Gigawatt im Jahr 2018 auf rund 73 Gigawatt bis zum Jahr 2030. Der jährliche Zubau an Windenergieanlagen liegt in diesem Szenario signifikant unter dem Niveau der Vergangenheit. Produktivitätsfortschritte und ein Rückgang der Arbeitsplätze in den Bereichen Projektplanung sowie Montage und Installation führen bei diesem Szenario insgesamt zu einem leichten Rückgang der Beschäftigtenzahl auf 61.400 bis zum Jahr 2030 (Böhmer et al. 2019, S. 7).
- Im zweiten Szenario „Gegenwind“ bauen die Unternehmen auf allen Wertschöpfungsstufen Produktionskapazitäten ab. Eine dauerhaft angespannte Genehmigungssituation führt dazu, dass der Ausbau der Windenergie an Land nur schleppend verläuft und der jährliche Ausbau der Onshore-Windenergie bei unter einem Gigawatt liegt. Durch das Abschalten von älteren Anlagen sinkt die insgesamt installierte Leistung bis 2030 auf rund 46 Gigawatt ab. In dem Zuge geht die Studie davon aus, dass auch die Erwerbstätigenzahl zurückgehen wird, und zwar auf 47.000 Arbeitnehmer*innen im Jahr 2030. Im Hinblick auf die installierte Leistung der Windenergie an Land werden die Klimaschutzziele in diesem Szenario deutlich verfehlt (Böhmer et al. 2019).
- Das dritte Szenario „Kohleausstieg und 65 Prozent erneuerbare Energien“ orientiert sich an dem tatsächlichen Ziel der Bundesregierung, den Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostrom bis zum Jahr 2030 auf 65 Prozent zu steigern und bis spätestens zum Jahr 2038 aus der Kohle auszusteigen. Im Ergebnis wird die installierte Leistung von Onshore-Windenergieanlagen bis 2030 auf 87 Gigawatt gesteigert.

Um das zu erreichen, müsste die jährlich installierte Bruttoleistung schrittweise auf 4,7 Gigawatt gesteigert werden. Insgesamt liegt die Zahl der Erwerbstätigen bei knapp 70.000, was einem Zuwachs von fast 10.000 Arbeitsplätzen gegenüber 2018 entspricht. Der Großteil des Beschäftigungswachstums erfolgt dabei im Bereich Betrieb und Wartung (Böhmer et al. 2019, S. 10).

Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Arbeit zeigen eindrucklich, wie stark die Beschäftigungsentwicklung auf politisch gesetzte Ausbaupfade reagiert. Die Unterschiede bei der Beschäftigungsentwicklung liegen bei den Szenarien „Gegenwind“ und „Kohleausstieg und 65 Prozent erneuerbare Energien“ bei rund 24.000 Arbeitnehmer*innen.

Interessant ist dabei, dass sich die Beschäftigung ausschließlich bei ambitionierten Ausbauzahlen positiv entwickelt. Bei einem moderaten Ausbau der Windenergie ist der Studie zufolge davon auszugehen, dass die Beschäftigung weiter zurückgehen wird.

Um überhaupt ein Beschäftigungswachstum in der Onshore-Windindustrie erreichen zu können, müsste die jährlich installierte Bruttoleistung gemäß der Studie schrittweise auf 4,7 Gigawatt gesteigert werden (Böhmer et al. 2019, S. 7).

Für die Offshore-Windindustrie lässt sich ein ähnlicher Trend beobachten. Für dieses Segment wurden im Jahr 2019 im Rahmen einer Studie des Marktforschungsinstitutes wind:research drei verschiedene Szenarien projiziert, die die Entwicklung der deutschen Offshore-Industrie bis zum Jahr 2035 abschätzen (wind:research GmbH 2019):

- Das Szenario „EEG 2017“ entspricht dem im Jahr 2019 geltenden „EEG 2017“. Für das Jahr 2035 wird ein Ausbau der Offshore-Windenergie auf 19 Gigawatt angenommen. Beschäftigungsseitig ist in diesem Szenario jedoch von einem Rückgang bis zum Jahr 2035 von nahezu 10.000 Arbeitsplätzen gegenüber 2018 (25.000 Beschäftigte) auszugehen.
- Im Szenario „65-Prozent-Ziel“, das diversen Appellen von Verbänden der Offshore-Windenergie, der IG Metall Bezirk Küste sowie der Wirtschafts- und Energieminister der Küstenländer entspricht, 65 Prozent des Stromverbrauchs durch erneuerbare Energien zu decken, wird das Ausbauziel auf 30 Gigawatt bis zum Jahr 2035 angehoben. Bei diesem Szenario werden bis zu 8.000 neue Arbeitsplätze geschaffen, die sich durch Verzögerungseffekte von Investitionen und Planungen in neue Offshore-Windparks allerdings erst ab dem Jahr 2025 bemerkbar machen (wind:research GmbH 2019, S. 13).
- In dem Szenario „Power to x“ wird von einem Ausbau der Offshore-Windindustrie auf 40 Gigawatt bis zum Jahr 2035 ausgegangen. Vo-

raussetzung dafür ist jedoch eine gesteigerte Nutzung von Power-to-x-Technologien sowie der verstärkte Einsatz neuer Speichertechnologien. Die Anzahl der Beschäftigten würde so bis zum Jahr 2035 auf über 35.000 gesteigert werden (wind:research GmbH 2019, S. 12f.).

Insgesamt zeigt sich auch bei der Offshore-Windindustrie ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen den politisch festgelegten Ausbauzielen der Windenergie und der Schaffung von neuen Arbeitsplätzen.

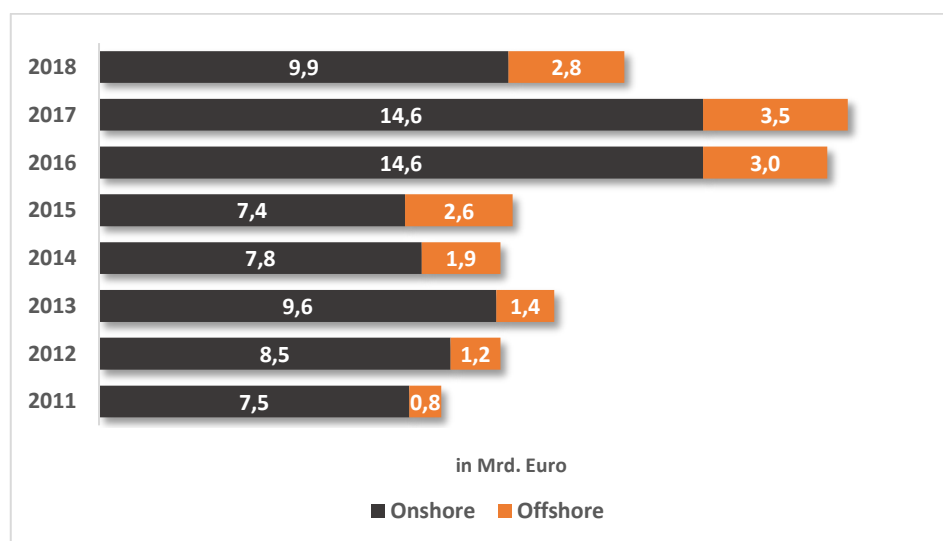
Auch wenn die beiden Studien aus dem Jahr 2019 stammen und damit die aktuellen Entwicklungen naturgemäß nicht berücksichtigen konnten, zeigen sie eindrucksvoll den direkten Zusammenhang zwischen Ausbauzielen und der Beschäftigungsentwicklung. Die durch den Gesetzgeber formulierten Rahmenbedingungen und Ausbauziele wirken sich unmittelbar auf die Anzahl der Arbeitsplätze in der Branche aus. Ambitionierte Ausbauziele sind somit eine Grundvoraussetzung für ein Beschäftigungswachstum in der Branche.

3.4 Umsätze

Für das Jahr 2018 weist das Statistische Bundesamt bezogen auf den Umsatz für den gesamten Bereich der „Produktion von Gütern, Technologien und Dienstleistungen zur Nutzung erneuerbarer Energien“ einen Wert von 19,8 Milliarden Euro aus. Im Vergleich zum Vorjahr ist der Umsatz in dem Bereich damit um 19 Prozent zurückgegangen.

Nach Angaben des Statistischen Bundesamts ist dieser Rückgang fast ausschließlich auf einen Umsatzeinbruch in der Windenergiebranche zurückzuführen: Der Umsatz mit der „Herstellung, Installation und Wartung von Windkraftanlagen“ sank demnach gegenüber 2017 um 30 Prozent von 18,1 Milliarden Euro auf 12,7 Milliarden Euro. Besonders stark war der Umsatzeinbruch dabei im Bereich Onshore. Hier gingen die Umsätze von 14,6 Milliarden Euro auf 9,9 Milliarden Euro zurück (Statistisches Bundesamt 2020).

Abbildung 9: Umsatzentwicklung in der On- und Offshore-Windindustrie (2011–2018, in Milliarden Euro)



Quelle: Statistisches Bundesamt 2021b, eigene Darstellung

Der Onshore-Bereich ist dabei trotz des starken Rückgangs im Jahr 2018 (–32 Prozent gegenüber 2017) weiterhin deutlich umsatzstärkster Teilbereich der Windindustrie. Die Umsätze aus der Nutzung von Windenergie auf See (offshore) lagen im Jahr 2018 bei 2,8 Milliarden Euro (–20 Prozent gegenüber 2017).

Der regionale Schwerpunkt der Branche liegt – bezogen auf die Umsätze – in Norddeutschland. Mehr als drei Viertel (78 Prozent bzw. 9,9 Milliarden Euro) der gesamten Umsätze, die im Jahr 2018 mit der „Herstellung, Installation und Wartung von Windenergieanlagen“ erzielt worden sind, sind in den norddeutschen Bundesländern (Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein, Hamburg und Bremen) generiert worden (Statistisches Bundesamt 2021c).

3.5 Einschätzungen der Betriebsräte zur Marktentwicklung in Deutschland

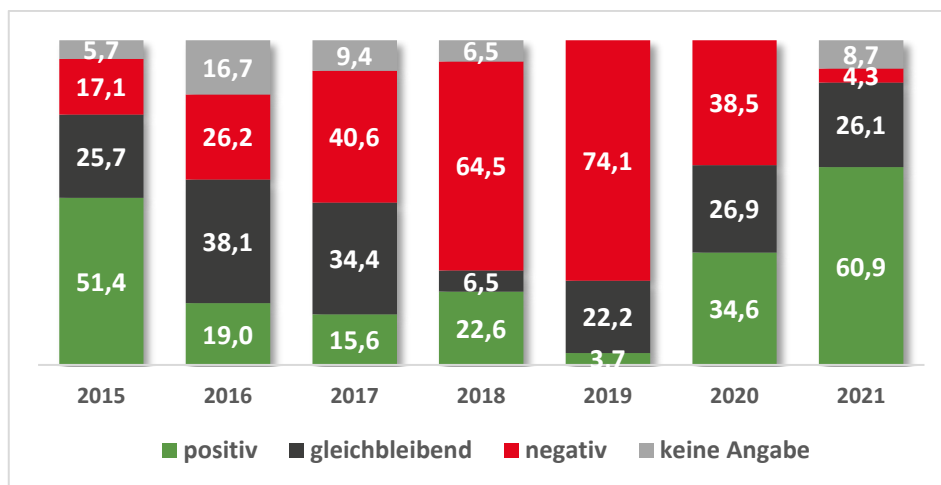
Die Entwicklung der Branche und des Marktes in Deutschland wird auch von den Betriebsräten der Windindustrie seit Jahren intensiv beobachtet. Im Rahmen verschiedener Aktionen unter dem Motto „Wir machen Wind“ haben die IG Metall und die Betriebsräte in den vergangenen Jahren immer wieder auf die Situation in den Betrieben aufmerksam gemacht und

sich für höhere Ausbauziele sowie für die Sicherung von Standorten und von Arbeits- und Ausbildungsplätzen eingesetzt.

Die Betriebsräte haben dabei im Rahmen von Betriebsrätebefragungen der IG Metall in den vergangenen Jahren immer wieder auf die negative Marktentwicklung in Deutschland hingewiesen. Zwischenzeitlich gingen fast drei Viertel der befragten Betriebsräte davon aus, dass sich der Markt in den kommenden Jahren negativ entwickeln wird.

Erst seit der Umfrage im Jahr 2020 ist eine Trendwende zu erkennen und die Anzahl der Betriebsräte, die eine positive Marktentwicklung für Deutschland prognostizieren, steigt wieder an. Im Rahmen der aktuellen Umfrage im Jahr 2021 ist inzwischen wieder ein deutlich positives Bild zu erkennen. Über 60 Prozent der Betriebsräte gehen für die kommenden Jahre von einer positiven Entwicklung der Branche aus (IG Metall Bezirk Küste 2021b, S. 9).

Abbildung 10: Einschätzungen von Betriebsräten zur Marktentwicklung im Jahresvergleich (in Prozent)



Quelle: IG Metall Bezirk Küste 2021b, S. 9

Als wesentliche Ursache für die negative Marktentwicklung in den vergangenen Jahren sehen die Betriebsräte vor allem die Politik der Bundesregierung. Im Rahmen der Umfrage aus dem Jahr 2020 haben 85 Prozent der Betriebsräte geantwortet, dass die Politik der Bundesregierung „eher nicht“ oder „überhaupt nicht“ zu einer positiven Entwicklung der Windindustrie beiträgt (IG Metall Bezirk Küste 2020a).

Das seit dem Jahr 2020 „aufgeheiterte“ Stimmungsbild der Betriebsräte ist dabei unter anderem auch auf die politischen Entscheidungen in den vergangenen Monaten zurückzuführen. So wird vor allem die Erhöhung der Offshore-Ausbauziele, die auch die IG Metall und die Betriebsräte jahrelang eingefordert haben, von den Betriebsräten positiv gesehen. 73 Prozent der Betriebsräte gaben im Jahr 2021 an, dass die beschlossene Erhöhung des Offshore-Ausbauziels auf 20 Gigawatt bis zum Jahr 2030 zu einer Wiederbelebung des Offshore-Marktes führen wird.

Das Anheben des Offshore-Deckels entsprach dabei langjährigen Forderungen aus der Branche und den norddeutschen Bundesländern, die unter anderem in den Cuxhavener Appellen von der IG Metall unterstützt worden sind. Für die IG Metall und die Betriebsräte der Branche ist mit den höheren Ausbauzielen insbesondere auch die Hoffnung nach einer industriepolitischen Perspektive verbunden, sprich der Sicherung und dem Aufbau von Beschäftigung und Wertschöpfung in Deutschland.

Auch mit dem von der Europäischen Kommission beschlossenen Green Deal für Europa verbinden die Betriebsräte Hoffnungen. Knapp drei Viertel der Betriebsräte haben im Jahr 2020 angegeben, dass die deutsche Windindustrie von der neuen Strategie „Ein Green Deal für Europa“ profitieren wird (IG Metall Bezirk Küste 2020a). Zusätzlich erhoffen sich zahlreiche Betriebsräte einen Aufschwung der Windindustrie infolge der im Jahr 2020 beschlossenen Nationalen Wasserstoffstrategie (IG Metall Bezirk Küste 2021b).

4. Exkurs: Das Erneuerbare-Energien-Gesetz

Im Jahr 1991 wurde mit dem Stromeinspeisungsgesetz erstmals eine gesetzliche Grundlage für die Zuführung von erneuerbaren Energien in das deutsche Stromnetz geschaffen. Es bestimmte, dass erneuerbare Energieanlagen an das Netz angeschlossen werden mussten und der von ihnen produzierte Strom eine festgelegte Vergütung bekommt (Hook 2018, S. 34). Zu diesem Zeitpunkt lag der Anteil der erneuerbaren Energien an der Bruttostromerzeugung in Deutschland bei 3,2 Prozent (Kühne/Weber 2018, S. 4).

Das Stromeinspeisungsgesetz wurde im Jahr 2000 durch das von der rot-grünen Koalition verabschiedete Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) abgelöst. Das EEG gilt als wichtiges Steuerungsinstrument zum Ausbau der erneuerbaren Energien. Seit der Einführung des EEG konnte der Anteil von erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch von 6,2 Prozent im Jahr 2000 auf 46 Prozent im Jahr 2020 gesteigert werden. Einer der Grundansätze des EEG ist die Förderung der Einspeisung von erneuerbaren Energien, bis sie mit den „alten“ fossilen Energieträgern konkurrenzfähig sind (Maly/Schomerus 2018, S. 1129). Das EEG stützt sich dabei auf drei Grundpfeiler:

- verpflichtende Abnahme von Ökostrom,
- Einspeisevorrang für erneuerbare Energien und
- ausreichende Vergütung.

Seit seiner Einführung wurde das Gesetz mehrfach novelliert, mit zum Teil starken Auswirkungen auf den Ausbau der Windenergie in Deutschland. Einen Wendepunkt im Ausbau der Windenergie in Deutschland haben beispielsweise die Auswirkungen der EEG-Novelle 2017 dargestellt. Wie bereits in Kapitel 3.1.1 dargestellt, hat die Bundesregierung damals eine Umstellung der Förderung von Windenergie von staatlich festgesetzten Preisen auf wettbewerbliche Ausschreibungen beschlossen. Demnach erhalten seit dem Jahr 2017 diejenigen Gebote den Zuschlag, die die geringste staatliche Förderung benötigen.

Gleichzeitig wurde im Zuge der EEG-Novelle 2017 ein Ausbaukorridor von 2.500 Megawatt pro Jahr eingeführt, der zu einer Deckelung des Ausbaus geführt hat. In Kombination mit den inzwischen wieder abgeschafften Privilegien für sogenannte Bürgerenergiegesellschaften¹ hatte die

¹ Bürgerenergiegesellschaften konnten an Ausschreibungen teilnehmen, bevor sie über die erforderliche immissionsschutzrechtliche Genehmigung verfügten. Zahlreiche Projekte wurden in der Folge an Bürgerenergiegesellschaften vergeben und letztlich nie realisiert.

EEG-Novelle 2017 einen Einbruch des Ausbaus der Windenergie in Deutschland zur Folge.

Zuletzt wurde das EEG in den Jahren 2021 und 2022 novelliert. Mit der Novelle 2021 sollte insbesondere auch die Akzeptanz für den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien verbessert werden: Kommunen können demnach bis zu 0,2 Cent pro eingespeister Kilowattstunde vom Anlagenbetreiber erhalten (Bundesverband Solarwirtschaft 2020, S. 33). Ebenso wurden die Anreize für Mieterstrom und die Rahmenbedingungen für Eigenstromerzeugung verbessert.

Zudem wurde die sogenannte Südquote eingeführt, die insbesondere sicherstellen soll, dass Windenergieanlagen zukünftig auch in südlichen Regionen verstärkt errichtet werden. Zur Gewährleistung einer besseren regionalen Verteilung von Windenergieanlagen sollen ab dem Jahr 2022 zunächst 15 Prozent der Ausschreibungsmengen an Gebote aus südlichen Landkreisen vergeben werden. Ab dem Jahr 2024 soll die Quote auf 20 Prozent erhöht werden (Quentin 2021, S. 23).

Um den Ausbau der erneuerbaren Energien zu beschleunigen, werden in der Novelle weitere Flächen für die Energiewende nutzbar gemacht: Um den Windausbau an Land wieder anzukurbeln, können künftig auch weniger windstarke Standorte genutzt werden, und auch für Solaranlagen in der Freifläche wird die Gebietskulisse erweitert. (Bundesregierung 2020).

Mit der EEG-Novelle im Jahr 2022 wurde erstmals festgeschrieben, dass die Nutzung erneuerbarer Energien im öffentlichen Interesse liegt und der öffentlichen Sicherheit dient. Dieser Status ermöglicht einen schnelleren Ausbau der erneuerbaren Energien und könnte ein entscheidender Hebel sein, um die notwendige Geschwindigkeit in den Ausbau der Windenergie zu bringen. Zudem wurde das Ziel, bis zum Jahr 2030 mindestens 80 Prozent des Bruttostroms aus erneuerbaren Energien zu gewinnen, im EEG gesetzlich verankert, was als Signal des politischen Willens zur Umsetzung der Energiewende gewertet werden kann.

Gleichzeitig wurde die EEG-Umlage abgeschafft, die jahrelang zentraler Bestandteil des EEG gewesen ist und die Förderung von erneuerbaren Energien finanzierte. Fortan wird der Finanzierungsbedarf für die erneuerbaren Energien aus einem Sondervermögen des Bundes „Energie- und Klimafonds“ ausgeglichen (Bundesregierung 2022b).

5. Aktuelle Themen, Trends und Herausforderungen

5.1 Veränderungen der Wertschöpfungskette

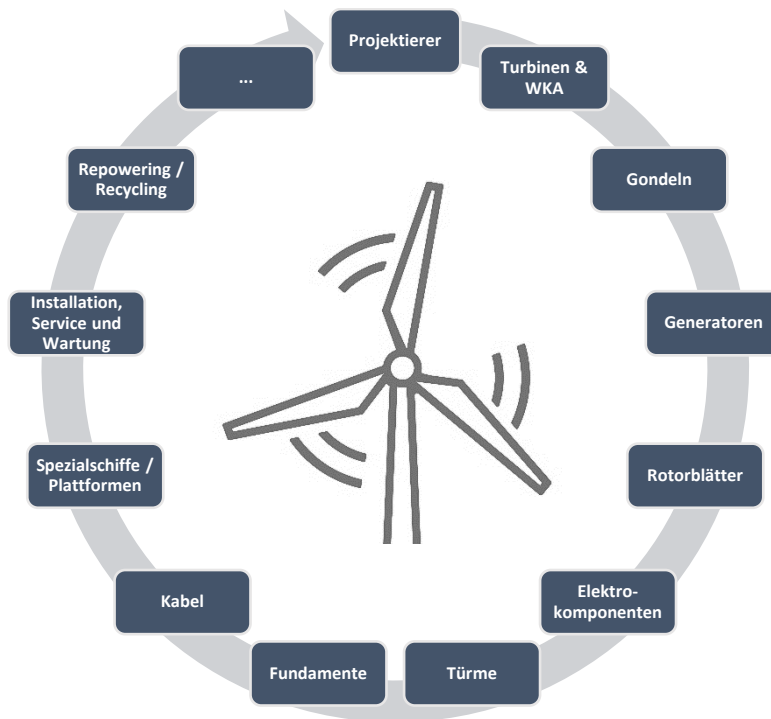
5.1.1 Wertschöpfungskette und Wertschöpfungseffekte der Windindustrie

Eine Windenergieanlage ist eine komplexe Konstruktion, die aus rund 8.000 einzelnen Komponenten besteht (Lehr/Flaute 2016, S. 20). Entsprechend feingliedrig und komplex ist die Wertschöpfungskette der Windindustrie, die den gesamten Lebenszyklus einer Windenergieanlage umfasst – von der Planung bis zum Rückbau.

Als Kern der Branche werden gemeinhin die Bereiche „Projektplanung“, „Herstellung/Produktion“, „Montage und Installation“ sowie „Betrieb, Service und Wartung“ bezeichnet. Der industrielle Kern der Branche ist dabei insbesondere im Bereich der „Herstellung/Produktion“ zu finden, dem die Hersteller der einzelnen Komponenten einer Windenergieanlage, wie Turbinen, Gondeln, Generatoren, Rotorblätter, Türme etc. zugeordnet werden können. In den vergangenen Jahren hat zusätzlich der Service an Bedeutung hinzugewonnen und ist inzwischen zentraler Bestandteil des industriellen Kerns der Branche.

Wie bereits beschrieben, ist die Windindustrie dabei nicht als eigenständige Branche zu verstehen, sondern vielmehr als Querschnittsbranche, deren Betriebe häufig zumindest zum Teil auch anderen Branchen zugeordnet werden können. Neben Betrieben wie unter anderem Siemens Gamesa, Nordex oder Vestas, die eindeutig der Windindustrie angehören, zählen auch Betriebe zur Branche, die beispielsweise auch der Metallverarbeitung (z. B. Hersteller von Großwälzlagern), der Stahlerzeugung, der Herstellung von elektronischen Komponenten und Baugruppen (z. B. Hersteller von Generatoren), dem Maschinenbau, der chemischen Industrie (z. B. Hersteller von Glas- und Kohlenstofffasern), der Baubranche oder dem Logistiksektor (Transportunternehmen) zugeordnet werden können.

Abbildung 11: Wertschöpfungskette der Windindustrie (Ausschnitt)



Quelle: eigene Darstellung

Die Stärke der Windindustrie ist dabei unter anderem auch auf diese enge Verzahnung mit anderen Branchen zurückzuführen. Gleichzeitig besitzt die Windindustrie damit eine große „Strahlkraft“ in andere Branchen sowie in vor- und nachgelagerte Bereiche, sodass eine starke Windindustrie auch positive Auswirkungen bzw. Effekte auf die Entwicklung zahlreicher anderer Branchen hat.

Diese enge Verzahnung mit anderen Branchen muss beispielsweise auch berücksichtigt werden, wenn es darum geht, die Wertschöpfungseffekte der Windindustrie zu ermitteln. In den vergangenen Jahren wurden mehrere Studien zur Ermittlung der Wertschöpfungseffekte der Windindustrie veröffentlicht. Aktuelle Studien wurden beispielsweise von Prognos (für den Onshore-Bereich) sowie vom Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (für den Offshore-Bereich) erstellt.

Prognos hat die Wertschöpfung für den Onshore-Bereich im Jahr 2019 ermittelt und dabei auf den Kernbereich (Projektplanung, Forschung, Herstellung, Montage und Installation, Betrieb und Wartung) fokussiert. Demnach wurde dort im Jahr 2017 eine Wertschöpfung in Höhe von 6,7 Milliarden Euro generiert (Böhmer et al. 2019, S. 4).

Nicht konkret quantifiziert werden die Wertschöpfungseffekte, die laut der Studie in den vor-, neben- und nachgelagerten Bereichen der On-shore-Windenergie generiert werden. Beschrieben wird allerdings, dass der Ausbau der Windenergie an Land starke Effekte auch auf andere Bereiche hat. So macht der Ausbau der Windenergie beispielsweise auch einen Ausbau der Netze sowie Forschungs- und Entwicklungs- sowie Produktionsaktivitäten im Bereich der Energiespeicher erforderlich.

Zusätzlich sind beispielsweise die Hersteller der einzelnen Komponenten einer Windenergieanlage unter anderem auf Vorleistungen im Bereich der Rohstoffgewinnung und -verarbeitung angewiesen. Zur Finanzierung des Ausbaus und zur Versicherung der Anlagen werden darüber hinaus Leistungen von Banken und Versicherungen erbracht. Gleiches gilt für Betriebe, die im Bereich des Rückbaus und des Recyclings von Windenergieanlagen tätig sind (Böhmer et al. 2019). Diese Ausführungen zeigen erneut die „Strahlkraft“ der Branche, die weit über den Kernbereich der Branche hinausgeht.

Für den Offshore-Sektor hat das Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (ISL) im Jahr 2021 die Wertschöpfungseffekte errechnet. Demnach bemisst sich die direkte Bruttowertschöpfung der Offshore-Windindustrie in Deutschland im Jahr 2018 auf rund 1,9 Milliarden Euro (Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik 2021, S. 47). Das ISL hat darüber hinaus auch die indirekten und sogenannten induzierten Wertschöpfungseffekte der Offshore-Windindustrie berechnet. Darunter ist beispielsweise die Nachfrage der Betriebe der Offshore-Windindustrie nach Vorleistungen von Zulieferern zu verstehen. Der Gesamteffekt der Wertschöpfung in der Offshore-Windindustrie beläuft sich laut der Studie auf einen Betrag in Höhe von 6 Milliarden Euro (Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik 2021, S. 47).

Die Betriebe der Windindustrie in Deutschland sind dabei zwar vorrangig an der Küste angesiedelt, insbesondere die Zulieferer erstrecken sich aber über das gesamte Bundesgebiet bis nach Nordrhein-Westfalen, Bayern oder Baden-Württemberg, wo wichtige Betreiber, Entwickler oder Komponentenhersteller ihren Sitz haben – mit entsprechenden Wertschöpfungseffekten. So kommt beispielsweise eine Studie von wind:research aus dem Jahr 2020 allein für Baden-Württemberg zu dem Ergebnis, dass es allein dort über 250 Marktteilnehmer gibt, die sich mit der On- und auch mit der Offshore-Windenergie beschäftigen und dabei einen Umsatz in Höhe von 3 Milliarden Euro erzielen. Schwerpunkte liegen auf den Bereichen Forschung und Entwicklung, Betreiber/Errichter, Projektentwickler sowie Anlagenbau (wind:research GmbH 2020).

5.1.2 Fallstudie: Konsolidierungs- und Konzentrationsprozesse in der Windindustrie

Wie die Ausführungen zeigen, ist die Windindustrie eine breit aufgestellte Branche mit Wertschöpfungseffekten quer über verschiedene Branchen hinweg bis in den Süden Deutschlands.

Insbesondere in den vergangenen Jahren lassen sich in der Branche aber starke Konsolidierungs- und Konzentrationsprozesse beobachten. Der Markteinbruch seit dem Jahr 2017 hat dazu geführt, dass in den vergangenen Jahren eine Vielzahl der Marktteilnehmer verloren gegangen ist. Die deutsche Windindustrie hat damit in den vergangenen Jahren auch an Fertigungstiefe eingebüßt.

Exemplarisch kann an dieser Stelle die Produktion von Rotorblättern in Deutschland betrachtet werden. Bei Rotorblattproduzenten handelt es sich meist um windindustriespezifische Zulieferer, die sich im Zuge des Ausbaus der Windenergie in den vergangenen Jahren zu Spezialisten auf diesem Gebiet entwickelt haben. Zu Hochzeiten wurde der Markt parallel von zahlreichen Unternehmen bedient.

Die Situation hat sich in den vergangenen Jahren allerdings stark gewandelt: Mit PowerBlades in Bremerhaven (die Produktion von Rotorblättern wurde nach Portugal verlagert), Adwen Blades in Stade (Betriebsstilllegung), Carbon Rotec in Lemwerder (Insolvenz), AERO Rotorblattfertigung in Aurich (Betriebsstilllegung), Vestas in Lauchhammer (Schließung), AERO Ems in Haren (Betriebsstilllegung) und zuletzt Nordex in Rostock (Schließung) sind in den vergangenen Jahren mehrere Unternehmen der Rotorblattfertigung vom Markt verschwunden – und mit ihnen Hunderte Arbeitsplätze. Inzwischen werden in Deutschland keine Rotorblätter mehr produziert.

Es ist davon auszugehen, dass sich diese exemplarisch betrachtete Entwicklung negativ auf die Positionierung Deutschlands im internationalen Wettbewerb, die Technologieführerschaft und die Wertschöpfung in Deutschland auswirkt. Die konkreten Effekte können aktuell aber nur begrenzt abgeschätzt werden.

Bereits im Rahmen der Betriebsrätebefragung im Jahr 2021 wurde deutlich, dass die Entwicklung des Markts für Hersteller von Rotorblättern in Deutschland von vielen Betriebsräten mit Sorge beobachtet wird. Fast 40 Prozent der Betriebsräte gingen damals davon aus, dass sich dieses Marktsegment zukünftig negativ entwickeln wird – dies ist der höchste Wert aller Segmente (IG Metall Bezirk Küste 2021b, S. 14).

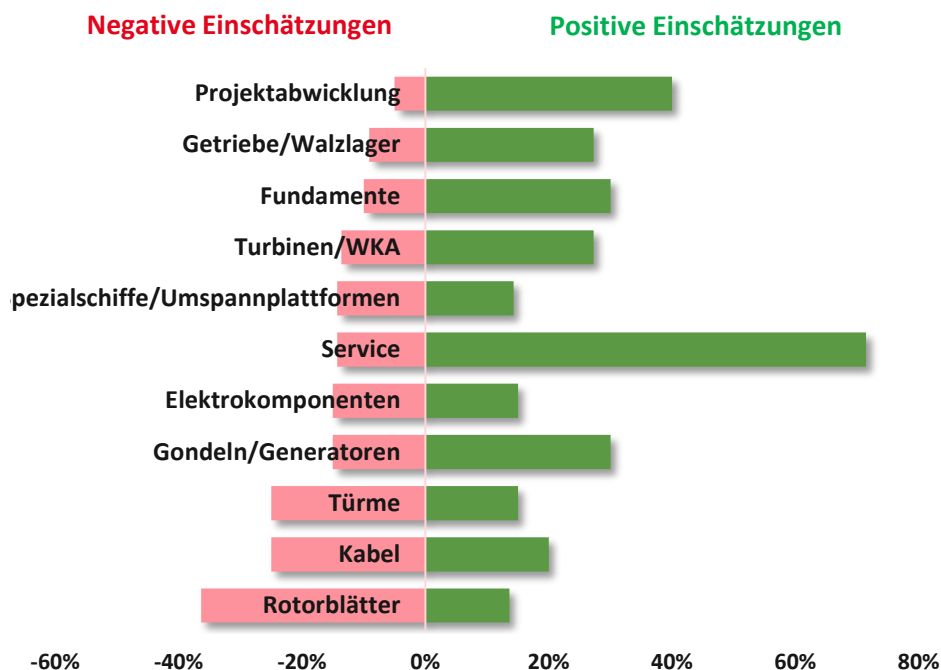
Gleichzeitig zeigen die Betriebsräte der Branche auch auf, wo ihrer Einschätzung nach die größten Perspektiven liegen und auch diese Ergebnisse sind im Hinblick auf die zukünftige industrielle Ausrichtung der

Windindustrie in Deutschland interessant. So liegen die größten Entwicklungspotenziale demnach nicht im produzierenden Bereich, sondern vielmehr in den Bereichen, die den Produktionsprozessen der verschiedenen Komponenten einer Windenergieanlage vor- bzw. nachgelagert sind, nämlich vor allem im „Service“ (70 Prozent) und im „Projektmanagement“ (40 Prozent; IG Metall Bezirk Küste 2021b, S. 14).

Zitat eines Betriebsrats: „Die deutschen Betriebsräte werden Stück für Stück den Abgang auf die Windindustrie in Deutschland begleiten, da die Produktion ins Ausland geht und nur noch Schlüsselfunktionen hier liegen werden.“

Eine entsprechende Fokussierung der deutschen Windindustrie auf diese beiden Bereiche wäre mit großer Wahrscheinlichkeit mit Einschnitten in Bezug auf Beschäftigung und Wertschöpfung verbunden, und wäre auch für die Positionierung Deutschlands im internationalen Wettbewerb nachteilig.

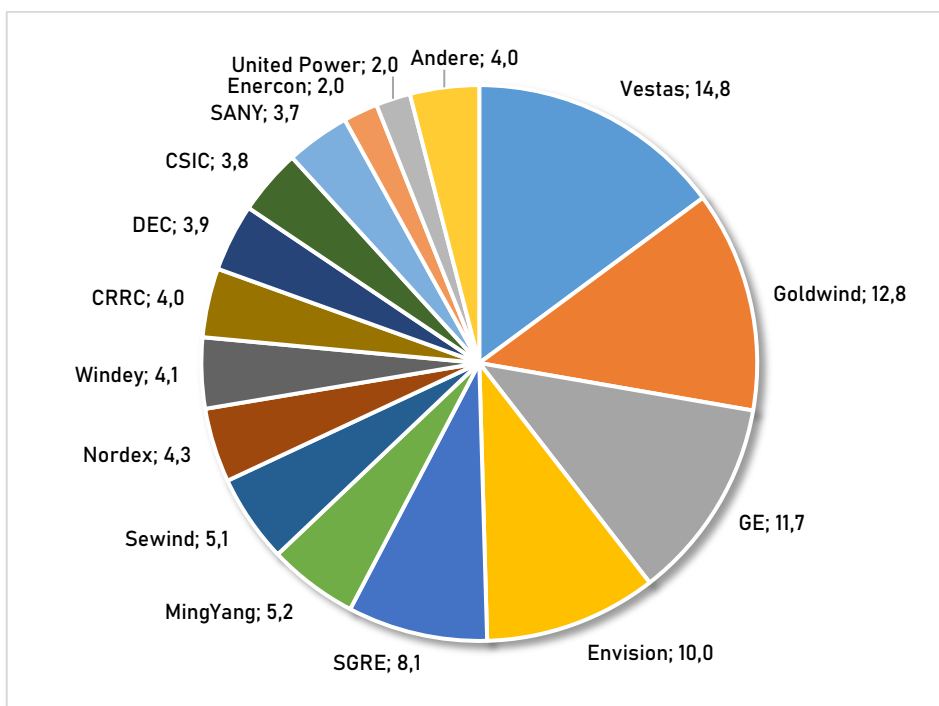
Abbildung 12: Einschätzungen von Betriebsräten zur Entwicklung einzelner Marktsegmente der Windindustrie in Deutschland (in Prozent)



Quelle: IG Metall Bezirk Küste 2021b, S. 14

Gleichzeitig lässt sich beobachten, dass der weltweite Markt von immer weniger Teilnehmern dominiert wird. Branchenexpert*innen sprechen beispielsweise von einem weltweiten Konzentrationsprozess auf dem Markt für Windturbinenhersteller hin zu wenigen großen Akteuren. So zeigt ein aktuelles Ranking der weltweiten Turbinenhersteller, dass über 50 Prozent des Marktes bereits im Jahr 2020 von nur fünf Herstellern bedient worden ist – von Vestas, Goldwind, GE, Envision und Siemens Gamesa.

Abbildung 13: Ranking der Turbinenhersteller im Jahr 2020 (Marktanteile in Prozent)



Quelle: Barla 2021, eigene Darstellung

Prognosen gehen davon aus, dass sich die Situation in diesem Marktsegment in Zukunft noch weiter zuspitzen wird. Demnach sollen die fünf genannten Hersteller ihren Marktanteil bis zum Jahr 2029 auf rund 75 Prozent ausbauen (ECOreporter 2020).

Mit Goldwind und Envision befinden sich zwei chinesische Hersteller unter den Top Five, die zum gegenwärtigen Zeitpunkt vor allem auf ihrem heimischen Markt aktiv sind. Branchenexpert*innen gehen allerdings davon aus, dass die chinesischen Hersteller perspektivisch auch verstärkt

außerhalb der Heimat aktiv werden, was den Wettbewerb weiter verschärfen wird und auch die technologischen Entwicklungszyklen verkürzt.

Ein Beispiel hierfür: Siemens Gamesa hat erst Mitte 2020 eine Offshore-Turbine mit 14 Megawatt vorgestellt, knapp ein Jahr später legte der chinesische Hersteller MingYang mit einer 16 Megawatt-Turbine nach (Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien 2021a). Insbesondere im Offshore-Bereich gehen Branchenexper*innen davon aus, dass ein weiter zunehmender Verdrängungswettbewerb dazu führen wird, dass nicht alle großen Hersteller am Markt bestehen werden (Witsch 2021).

Eine ähnliche Entwicklung ist auch in anderen Bereichen der Windindustrie zu beobachten. Fusionen und Übernahmen befeuern diesen Prozess: Jüngstes Beispiel für die beschriebenen Konsolidierungs- und Konzentrationsprozesse in der Branche ist die Übernahme des Servicegeschäfts von Servion durch Siemens Gamesa im Zuge der Insolvenz Servions Ende 2019. Im Zuge der auch von der IG Metall intensiv begleiteten Verhandlungen rund um die Insolvenz von Servion hat Siemens Gamesa das Servicegeschäft mit etwa 500 Arbeitnehmer*innen übernommen. Die Akquisition durch Siemens Gamesa war nach Angaben des Unternehmens Teil der Strategie, das Multi-Brand-Servicegeschäft auszubauen.

Siemens Gamesa wiederum ist im Jahr 2017 durch den Zusammenschluss von Siemens Wind Power mit Gamesa entstanden. Siemens Wind Power und Gamesa bilden damit einen weltweit führenden Windkraftanbieter. Im Jahr 2016 hat Nordex die kartellrechtliche Freigabe für den Zusammenschluss der Nordex-Gruppe mit der Acciona Windpower (AWP) erhalten. Hintergrund war, einen globalen Akteur der Windbranche zu schaffen.

Ebenfalls im Jahr 2016 hat der dänische Windenergieanlagen-Hersteller Vestas den deutschen Servicedienstleister Availon übernommen (Windbranche.de 2016). Für Vestas war die Übernahme von Availon nach eigenen Angaben ein logischer nächster Schritt, um die Wachstumsstrategie im Servicegeschäft zu beschleunigen.

Diese beispielhaften Darstellungen geben einen Eindruck davon, wie sich die Branche in den vergangenen Jahren verändert hat und von welchen zukünftigen Entwicklungen auszugehen ist. Eine Entwicklung der deutschen Windindustrie hin zu einer Fokussierung auf Projektierung/Projektmanagement und Service mit nur noch ausgewählten industriellen Kernbereichen wäre allerdings mit massiven Einschnitten im Hinblick auf Wertschöpfung und Beschäftigung verbunden und könnte die Technologieführerschaft Deutschlands gefährden.

5.2 Local-Content-Anforderungen

Der in den vergangenen Jahren eingebrochene Markt in Deutschland hat dazu geführt, dass sich viele Unternehmen verstärkt auf internationale Märkte konzentriert haben. Einige Betriebsräte haben im Rahmen der Expert*innengespräche berichtet, dass der Anteil des deutschen Marktes an den gesamten Geschäftsaktivitäten in ihrem Betrieb inzwischen im niedrigen einstelligen Bereich liegt – vor einigen Jahren hatte der deutsche Markt für diese Betriebe häufig noch eine deutlich größere Bedeutung.

Die neuen Märkte bringen allerdings auch neue Herausforderungen mit sich: In vielen neuen Märkten – häufig in Entwicklungs- und Schwellenländern – gewinnt der Nachweis von lokaler Wertschöpfung („local content“) bei der Vergabe von Aufträgen zur Errichtung von Windenergieanlagen bzw. Windparks zunehmend an Bedeutung. Die Anforderungen zielen dabei insbesondere darauf ab, die lokale Produktion zu fördern und den Marktzugang ausländischer Anbieter zu erschweren bzw. Unternehmen zu ermutigen, im jeweiligen Land Produktionsstätten aufzubauen und damit Arbeitsplätze zu schaffen.

Zitat eines Betriebsrats: „Deutschland ist eines der wenigen Länder der Welt, das keinen lokalen Anteil an der Produktion fordert. Mittelfristig wird die Forderung vieler Schwellenländer nach ‚local content‘ zum dortigen Ausbau der Produktionskapazitäten führen. Dies wird deutsche Arbeitsplätze fordern.“

Mittlerweile muss die Einhaltung von Local-Content-Auflagen häufig im Prozess der Ausschreibung garantiert werden, um den Zuschlag sowie Subvention durch den Staat zu erhalten, in dem die Windenergieanlagen errichtet werden sollen. Sofern die Anforderungen nicht oder nur unvollständig erbracht werden können, hat dies beispielsweise Auswirkungen auf die Projektfinanzierung und -realisierung (Nordex SE 2021, S. 56).

Local-Content-Anforderungen gehören damit zu den nichttarifären Handelshemmnissen und werden inzwischen von zahlreichen Staaten angewandt. So verlangt beispielsweise Saudi-Arabien, dass 60 Prozent der Wertschöpfung bei Energieprojekten im eigenen Land entstehen muss (EE-news 2020).

In Großbritannien wird im Branchenentwicklungsprogramm (Sector Deal) ein lokaler Anteil von 60 Prozent für die Offshore-Windindustrie bis 2030 angestrebt, um Investitionen in den einheimischen Markt sowie die internationale Wettbewerbsfähigkeit zu stärken (Hoffmann 2021). Auch in anderen Ländern, wie China, Taiwan, der Türkei und den USA werden Local-Content-Anforderungen bei der Ausschreibung gestellt.

Kritik an Local-Content-Anforderungen

Local-Content-Anforderungen stehen seit jeher in der Kritik. Von der Welt handelsorganisation (WTO) werden sie abgelehnt, da sie dem Ideal eines international fairen Handels entgegenstehen und eine handelsverzerrende Wirkung haben.

Auch auf europäischer Ebene wird versucht, gegen die zunehmende Einführung von Local-Content-Vorschriften und anderen Handelshemmnissen in Drittländern vorzugehen. Die Europäische Kommission bezeichnet Local-Content-Anforderungen als neuen Typ des versteckten Protektionismus und will sich unter anderem im Rahmen der „EU-Strategie zur Nutzung des Potenzials der erneuerbaren Offshore-Energie für eine klimaneutrale Zukunft“ „gegen die ungerechtfertigte Einführung von Local-Content-Vorschriften und anderen Handelshemmnissen in Drittländern einsetzen“ (Europäische Kommission 2020a, S. 29). Die OECD hat Local-Content-Auflagen bereits im Jahr 2015 als das größte politische Hindernis für internationale Investitionen in Photovoltaik und Windenergie bezeichnet (OECD 2015, S. 257).

Auch von vielen Betriebsräten der Branche werden Local-Content-Anforderungen als eine der größten Herausforderungen bei der Erschließung neuer Märkte gesehen. Gestützt wird diese Einschätzung beispielsweise von einer branchenübergreifenden Unternehmensumfrage der IHK aus dem Jahr 2020. Demnach berichten fast ein Viertel (23 Prozent) aller befragten Unternehmen von einer Zunahme an Handelshemmnissen in den Auslandsgeschäften in Form von Local-Content-Anforderungen (Deutscher Industrie- und Handelskammertag 2020).

Auswirkungen auf die deutsche Windindustrie

Auf Deutschland als Exportnation wirken sich die Local-Content-Anforderungen unmittelbar aus; dies gilt insbesondere auch für die Windindustrie. Dort haben die deutschen Hersteller einen hohen Anteil am Weltmarkt und erreichen einen Exportanteil von 60 bis 70 Prozent (Bundesverband WindEnergie 2021 f., S. 91).

Für die Betriebe bedeuten die Local-Content-Anforderungen in erster Linie, dass Zukunftsmärkte abgeschirmt werden und der Markteintritt für die Betriebe und deren Technologien deutlich erschwert wird (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2014).

Darüber hinaus begünstigen die Local-Content-Anforderungen Produktionsverlagerungen ins Ausland – eine Entwicklung, die in der Branche bereits seit Jahren zu beobachten ist. Um den geforderten Anteil an der Wertschöpfung im jeweiligen Land erbringen zu können, errichten Hersteller von Windenergieanlagen oder -komponenten dort zunehmend Produktionsstätten. Voraussetzung hierfür ist eine entsprechende erwart-

bare Marktgröße. Inzwischen verfügen nahezu alle großen Hersteller über Produktionskapazitäten in relevanten internationalen Märkten.

Auch die Bundesregierung schreibt in einer Antwort auf eine Kleine Anfrage der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen im Jahr 2018, dass ein Trend der Verlagerung von Produktionsstandorten von Deutschland in Länder mit niedrigeren Löhnen erkennbar ist und dieser Prozess durch Local-Content-Vorschriften in den internationalen Märkten verstärkt wird (Deutscher Bundestag 2018).

Die Betriebsräte der Branche sehen diese Entwicklung mit Sorge. Im Rahmen der Umfragen der IG Metall unter den Betriebsräten der Windindustrie gaben in den vergangenen Jahren jeweils 30 bis 40 Prozent der Betriebsräte (2019: 43 Prozent; 2020: 39 Prozent; 2021: 30 Prozent) an, dass es in ihrem Betrieb Bestrebungen gibt, Teile der Produktion oder des Services ins Ausland zu verlagern (IG Metall Bezirk Küste 2021b).

Die Befürchtung der Betriebsräte, die mit dieser Entwicklung einhergeht, ist, dass sich die Local-Content-Anforderungen zunehmend negativ auf die Beschäftigung in Deutschland auswirken. Sofern bei Projekten im Ausland auch jeweils Produktionskapazitäten vor Ort aufgebaut werden müssen, hat dies unweigerlich auch Auswirkungen auf den Anteil der Wertschöpfung, der in Deutschland erbracht wird. Zwar verbleibt in der Regel auch ein Teil der Wertschöpfung in Deutschland (beispielsweise im Projektmanagement), dennoch besteht die Gefahr, dass Teile der Wertschöpfungskette in dem Zuge möglicherweise dauerhaft ins Ausland verlagert werden.

5.3 Exkurs: Globale Windmärkte

Weltweit hat sich die Windenergie seit den 1990er-Jahren zu einem bedeutenden Energieträger entwickelt. Ende 2020 wurden weltweit mehr als 742 Gigawatt (davon 220 Gigawatt in Europa) Leistung durch Windanlagen erzeugt, davon 707 Gigawatt (95 Prozent) onshore und 35 Gigawatt (5 Prozent) offshore. Allein im Jahr 2020 wurden neue Windenergieanlagen mit einer Kapazität von 93 Gigawatt installiert, davon 14,7 Gigawatt in Europa. Dies entspricht einem Zuwachs von 53 Prozent gegenüber dem Vorjahr (Global Wind Energy Council 2021, S. 53).

In über 80 Ländern sind in den vergangenen Jahren Ausbauziele für erneuerbare Energien bis zum Jahr 2030 verabschiedet worden (Ajadi et al. 2020, S. 12). Der Marktausblick ist damit insgesamt positiv: Auf allen Kontinenten ist bis 2030 ein Wachstum zu erwarten, sowohl im Onshore- als auch im Offshore-Bereich (Wildemann 2021, S. 163).

Viele Betriebe der deutschen Windindustrie haben sich strategisch bereits vor Jahren zunehmend international ausgerichtet. Im Zuge des Einbruchs des deutschen Markts in den vergangenen Jahren hat sich dieser Trend verstärkt. In einigen Betrieben spielt der deutsche Markt inzwischen nur noch eine untergeordnete Rolle. Im Folgenden sollen ausgewählte internationale Märkte exemplarisch kurz beschrieben werden.

5.3.1 China

Ausbaustand und -ziele

Der weltweit größte Windmarkt ist China. Allein im Jahr 2020 wurden dort neue Anlagen mit einer Gesamtleistung von 52 Gigawatt errichtet und damit mehr als 55 Prozent des gesamten weltweiten Zubaus an Windenergieanlagen. Insgesamt befinden sich fast 40 Prozent der weltweit installierten Onshore-Leistung und nahezu 30 Prozent der Offshore-Leistung in China (Global Wind Energy Council 2021).

Aufgrund der großen Fläche sowie der langen Küstenlinie ist das Land für den Ausbau der Windenergie besonders gut geeignet. Laut Branchenexpert*innen ist der chinesische Markt für den Bau von Windenergieanlagen allerdings nahezu vollständig in lokaler Hand. Neun der zehn größten Windenergiehersteller Chinas sind Staatsunternehmen oder staatlich kontrolliert (tagesschau.de 2021). Ein Grund für die Vorherrschaft von chinesischen Herstellern sind zahlreiche Local-Content-Auflagen. Aufgrund der Marktdominanz von chinesischen Herstellern und zunehmender Markteinschränkungen ist der Markt für viele deutsche Betriebe kaum relevant. Siemens Gamesa hat im Jahr 2021 beispielsweise bekanntgegeben, das lokale Direktgeschäft in China aufzugeben, weil China ein Markt für einheimische Hersteller sei. Siemens Gamesa wird zwar weiterhin Windturbinen in Tianjin in China produzieren, aber zukünftig nur noch für den Export, etwa nach Japan (Schlesiger 2021).

Von einigen Betriebsräten wurde in diesem Zusammenhang die Befürchtung geäußert, dass die aktuell überwiegend auf dem chinesischen Markt agierenden heimischen Hersteller perspektivisch auch auf andere Märkte drängen könnten, wenn der chinesische Markt gesättigt ist – mit ähnlichen Auswirkungen wie vor einigen Jahren bei der Solarenergie. Branchenexpert*innen gehen davon aus, dass es nicht mehr allzu lange dauern wird, bis die chinesischen Hersteller auch außerhalb der Heimat aktiv werden (Witsch 2021).

5.3.2 Indien

Ausbaustand und -ziele

Indien zählt mit 38 Gigawatt installierter Leistung zum weltweit viertgrößten Windmarkt (REVE 2021). Mit mehr als 7.500 Kilometern Küstenlinie verfügt das Land über zahlreiche potenzielle Standorte für Offshore-Windenergie (Wildemann 2021, S. 157). Laut GWEC-Jahresbericht 2019 ist Indien zusätzlich der weltweit viertgrößte Onshore-Windmarkt.

Der weitere Ausbau der Windenergie wird insbesondere aufgrund des steigenden Energiebedarfs des Landes vorangetrieben. Schätzungen zufolge wird sich der Energiebedarf Indiens im laufenden Jahrzehnt voraussichtlich verdoppeln. Vor diesem Hintergrund hat sich die indische Regierung zum Ziel gesetzt, die installierte Gesamtleistung an Windenergie bis zum Jahr 2022 auf 60 Gigawatt zu steigern, davon 30 Gigawatt Offshore-Leistung. Bis zum Jahr 2030 sollen insgesamt 140 Gigawatt Gesamtleistung an Windenergie installiert sein (Weinhold 2020).

Aktuell befindet sich in Indien eines der weltweit größten Vorhaben im Bereich erneuerbarer Energien im Bau. Auf einer Fläche mit der Größe Singapurs soll ein Wind-Solar-Hybrid-Park entstehen, der nach der Fertigstellung 30 Gigawatt Strom produzieren soll (Shah 2021).

Aktivitäten deutscher und europäischer Unternehmen (Auswahl)

Siemens Gamesa verfügt in Indien über eigene Rotorblatt-Fertigungen, eine Gondelfabrik und ein Betriebs- und Wartungszentrum (Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien 2019). Das Unternehmen ist bereits seit 2009 in Indien aktiv und hat seitdem Anlagen mit einer Leistung von zusammengekommen über 7.000 Megawatt geliefert (Windkraft-Journal 2020).

Auch Nordex ist auf dem indischen Markt vertreten. Das Unternehmen fertigt vor Ort Maschinenhäuser und Rotorblätter und hat beispielsweise 100 Turbinen für den 300-Megawatt-Windpark „Mulanur“ in Indien produziert (Windbranche.de 2019).

Vestas ist ebenfalls in Indien vertreten und verfügt dort über eine Gondelmontage und eine Rotorblattfertigung (Windkraft-Journal 2019).

5.3.3 Taiwan

Ausbaustand und -ziele

In Asien gilt Taiwan (neben China und Indien) als einer der größten Vorreiter beim Ausbau der Windenergie. Da zwei Drittel der Fläche durch Berge bedeckt sind, liegt das Potenzial besonders im Offshore-Bereich.

Begünstigt wird der Ausbau der Windenergie durch die besonderen Windverhältnisse (Wildemann 2021, S. 160). In der 180 Kilometer breiten Meerenge zwischen der taiwanesischen Küste und dem chinesischen Festland wird der Wind auf durchschnittlich rund 12 Meter pro Sekunde beschleunigt. Zum Vergleich: An der Nordseeküste sind es durchschnittlich etwa 6–9 Meter pro Sekunde (Janczura/Sieben 2020).

Derzeit sind 128 Megawatt Offshore-Leistung installiert (Lee/Zhao 2020, S. 18). Da Taiwan bis zum Jahr 2025 aus der Atomenergie aussteigen will, forciert das Land den Ausbau der Offshore-Windenergie: Bis zum Jahr 2025 sollen Windparks mit einer Gesamtleistung von 5,5 Gigawatt installiert werden und bis 2035 sollen es 15,5 Gigawatt Leistung sein. Laut GWEC ist Taiwan damit zweitgrößter asiatischer Markt.

Das Ziel der taiwanischen Regierung ist, mittelfristig eine eigene Industrie mit vollständigen Lieferketten im Bereich der Offshore-Windenergie aufzubauen und das Know-how perspektivisch auch in andere Märkte zu exportieren (Hirschle 2020). Offiziellen Schätzungen zufolge sollen bis zum Jahr 2025 rund 20.000 neue Arbeitsplätze in diesem Segment entstehen. Bis zum Jahr 2030 sollen fast 40.000 und bis 2040 mehr als 50.000 Arbeitsplätze entstehen (Hirschle 2020).

Aktivitäten deutscher und europäischer Unternehmen (Auswahl)

Aktuell verfügt Taiwan über keine eigene Offshore-Industrie. Aus diesem Grund sind dort Unternehmen wie Ørsted, Vestas oder Siemens Gamesa aktiv.

Ørsted hat im Jahr 2017 den ersten Offshore-Windpark in Taiwan in Betrieb genommen (Formosa 1) und in den Folgejahren erweitert. Im Jahr 2021 hat Ørsted begonnen, zwei weitere Offshore-Windparks (Greater Changhua 1 und 2a) vor der Küste Taiwans zu errichten. Für den Bau kooperiert Ørsted unter anderem mit taiwanesischen Unternehmen. Zudem bildet Ørsted vor Ort Techniker für die Betriebs- und Wartungsarbeiten aus (Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien 2021e).

Siemens Gamesa verfügt in Taiwan über die erste Montageanlage für Offshore-Gondeln außerhalb Europas. Hier werden unter anderem die Gondeln für die Windparks „Greater Changhua 1 und 2a“ gefertigt. Zudem stattet Siemens Gamesa den Offshore-Windpark „Hai Long“ vor Taiwan mit Turbinen aus. Hier werden Turbinen mit einer Leistung von jeweils 14 Megawatt zum Einsatz kommen (Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien 2021d).

5.3.4 Brasilien

Ausbaustand und -ziele

In den vergangenen Jahren konnte der Anteil der Windenergie am gesamten Strommix in Brasilien erheblich gesteigert werden. Aktuell trägt die Windenergie etwa 10 Prozent zum nationalen Energiemix bei. Bislang wurde der Energiebedarf vorwiegend durch Wasserkraft gedeckt, die nahezu zwei Drittel zum Energiemix beiträgt. Die Regierung plant jedoch, den Energiemix stärker zu diversifizieren.

Die installierte Windkapazität liegt Mitte 2021 bei 19 Gigawatt. Gemessen an der installierten Leistung befindet sich Brasilien damit weltweit auf dem siebten Rang (Airswift 2021). Davon wird der überwiegende Anteil durch Onshore-Windenergieanlagen erzeugt, welche sich überwiegend im Nordosten des Landes befinden.

Mit einer neu installierten Onshore-Leistung von 2,3 Gigawatt im Jahr 2020 nimmt das Land den dritten Rang beim weltweiten Ausbau ein (Global Wind Energy Council 2021, S. 48).

Laut Regierungsplänen soll die Offshore-Windenergie bis zum Jahr 2050 auf eine Kapazität von 16 Gigawatt ausgebaut werden. Die kumulierte Leistung durch Windenergie wird Schätzungen zufolge auf 30 Gigawatt bis zum Jahr 2024 ansteigen (REVE 2020).

Aktivitäten deutscher und europäischer Unternehmen (Auswahl)

Rund ein Viertel der installierten Windleistung in Brasilien wurde durch den deutsch-spanischen Hersteller Siemens Gamesa installiert (Siemens Gamesa 2020). Ende 2022 wird mit dem Windpark „São Vitor“ im Nordosten Brasiliens ein weiterer Windpark mit 75 Siemens-Gamesa-Turbinen in Betrieb gehen. Siemens Gamesa verfügt in Brasilien über eine eigene Turbinenproduktion. Vestas ist in Brasilien mit einer eigenen Gondelfertigung vertreten und an einer Genratorenfertigung, einer Rotorblattfertigung und einer Turmfertigung beteiligt. Auch Nordex hat den brasilianischen Markt erschlossen und ist dort mit einer Maschinenhausfertigung und einer Betonturmfertigung vertreten.

5.3.5 USA

Ausbaustand und -ziele

Die Vereinigten Staaten planen, ihren Ausstoß an Treibhausgasen bis zum Jahr 2030 im Vergleich zum Jahr 2005 zu halbieren. Bis zum Jahr 2035 soll der Stromsektor klimaneutral sein, 2050 das gesamte Land. Um

diese Ziele erreichen zu können, ist ein Ausbau der erneuerbaren Energien unumgänglich (Deutschlandfunk 2021).

2020 war ein Rekordjahr für die Windenergie in den Vereinigten Staaten. Windenergieanlagen mit einer Kapazität von insgesamt 16 Gigawatt wurden neu installiert (en:former 2021b). Nach Angaben des Global Wind Report 2021 liegt die installierte Leistung im gesamten Land bei mehr als 122 Gigawatt. Mit dieser Kapazität ist das Land der zweigrößte Windkraftproduzent der Welt. Insgesamt liegt der Anteil an Windenergie am nationalen Strommix bei rund acht Prozent (Global Wind Energy Council 2021). In weiten Teilen des Landes liegen gute Windverhältnisse vor, sowohl im Landesinneren als auch in Küstennähe (Wildemann 2021, S. 148).

Der überwiegende Anteil der installierten Leistung stammt aus Onshore-Anlagen. Insgesamt sind derzeit (Stand 2021) nur sieben Offshore-Windenergieanlagen installiert (Penn 2021). Gründe für den bislang schleppenden Ausbau der Offshore-Windenergie in den USA sind Proteste von Anwohner*innen und der Fischereiindustrie sowie der sogenannte „Jones Act“ aus dem Jahr 1920. Das protektionistische Gesetz besagt, dass nur Schiffe, die in Amerika gebaut worden sind, zwischen US-Häfen verkehren dürfen. Zudem müssen sie Amerikanern gehören und von Amerikanern gesteuert werden. Aufgrund des Gesetzes fehlen große Spezialschiffe, die die Türme von Windenergieanlagen vor den Küsten aufstellen können (Baker/Lackner 2021).

Trotz der schwierigen Rahmenbedingungen hat US-Präsident Biden für die Offshore-Windenergie ein Ausbauziel von 30 Gigawatt bis zum Jahr 2030 festgelegt (en:former 2021a). Die größte technische Herausforderung der Offshore-Windindustrie stellt in amerikanischen Gewässern neben dem Transport die Verankerung im Meeresgrund dar. Da mehr als die Hälfte des Windleistungspotenzials in den USA in Tiefen über 60 Meter liegen, besteht ein großes Potenzial in der Technologie der schwimmenden Windräder (vgl. hierzu auch Kapitel 6.2; Avutan/Seifferer 2020, S. 27).

In den vergangenen zehn Jahren wurden in den USA kumulativ rund 142 Milliarden US-Dollar in den Windenergiemarkt investiert (Ahrends et al. 2019). Auch langfristig deuten die makroökonomischen Faktoren auf ein nachhaltiges Wachstum der Branche hin. Hierzu gehören neben verfügbaren Landmassen auch Küstengebiete für Offshore-Wind, steigende Nachfrage an erneuerbarem Strom von Stromversorgern und der Privatwirtschaft sowie sinkende Kosten für Windenergie. Expert*innen sind sich darüber einig, dass besonders die nächsten fünf Jahre für die US-Offshore-Windindustrie entscheidend sein werden (Avutan/Seifferer 2020, S. 29).

Aktivitäten deutscher und europäischer Unternehmen (Auswahl)

Für deutsche Unternehmen ergeben sich in den USA auf dem Gebiet der Offshore-Windenergie große Marktchancen. Während der Windenergiemarkt im Onshore-Bereich in den USA bereits weit entwickelt ist, steckt der Offshore-Markt noch in den Anfängen. Da die Technologieführerschaft Deutschlands im Offshore-Bereich bekannt ist, genießen Technologien und Produkte aus Deutschland einen guten Ruf. So produziert beispielsweise das Essener Unternehmen RWE ein Drittel seiner gesamten erneuerbaren Energie in den Vereinigten Staaten und hat im Jahr 2020 vier Onshore-Windparks in mehreren Bundesstaaten in Betrieb genommen (Riedl 2021). Außerdem soll das deutsch-spanische Unternehmen Siemens Gamesa den größten Offshore-Windpark in den Vereinigten Staaten mit Anlagen beliefern (Windbranche.de 2020).

5.3.6 Großbritannien

Ausbaustand und -ziele

Großbritannien gilt als einer der besten Standorte für die Nutzung von Windenergie an Land und auf See (Wildemann 2021, S. 137). Aktuell sind in Großbritannien Anlagen mit einer Leistung von insgesamt 24 Gigawatt installiert, davon 14 Gigawatt onshore und 10 Gigawatt offshore (RenewableUK 2021). Im Jahr 2020 wurde knapp ein Viertel des britischen Stroms durch Windenergie erzeugt.

Großbritannien hat sich insbesondere im Offshore-Bereich ambitionierte Ziele gesetzt. Bereits heute befinden sich fast 30 Prozent der weltweit installierten Offshore-Leistung vor der Küste Großbritanniens, darunter der weltweit größte Offshore-Windpark „Hornsea“.

Bis zum Jahr 2030 sollen 40 Gigawatt Offshore-Energie installiert werden. Das wäre genug Energie für die Versorgung aller Haushalte in Großbritannien. Ein weiteres Ziel ist der Ausbau von schwimmenden Windrädern auf ein Gigawatt bis zum Jahr 2030 (GOV.UK 2020). Im Zusammenhang mit dem Ausbau sollen bis zu 60.000 neue Arbeitsplätze entstehen. Der ehemalige britische Premierminister Boris Johnson sprach davon, Großbritannien zum „Saudi-Arabien der Windenergie“ zu machen (Nagengast 2020).

Aktivitäten deutscher und europäischer Unternehmen (Auswahl)

Vom Wachstum der Windenergie in Großbritannien profitieren auch deutsche Hersteller. Im Siemens-Werk in Cuxhaven werden beispielsweise Turbinen für das Projekt „Hornsea“ gefertigt, die zunächst per Schiff zum Schwesterwerk nach Hull in Großbritannien transportiert und dann zu-

sammen mit den dort gefertigten Rotorblättern und Stahlfundamenten auf See gebracht werden (Preuß 2021).

Auch Nordex und Vestas sind auf dem Windmarkt in Großbritannien aktiv. So hat Nordex beispielsweise Ende 2020 den Auftrag über die Lieferung von 13 Turbinen für einen 62-Megawatt-Windpark in Schottland erhalten (Nordex SE 2020). Vestas wiederum hat Ende 2020 den Auftrag erhalten, den geplanten Windpark „Viking“ mit 103 Turbinen auszustatten. Hierbei handelt es sich um den bislang größten einzelnen Windpark von Vestas in Europa (Windmesse.de 2020).

5.3.7 Niederlande

Ausbaustand und -ziele

Die Niederlande besitzen eine lange Küstenlinie und somit gute Voraussetzungen für den Bau von Offshore-Windparks. Das Land hat sich ambitionierte Ziele für den Offshore-Ausbau gesteckt und treibt den Ausbau voran. Laut Regierungsplänen sollen bis zum Jahr 2030 rund 40 Prozent des Energieverbrauchs durch Windenergieanlagen gedeckt werden.

Allein im Jahr 2020 wurden rund 1,4 Gigawatt Offshore-Leistung installiert, was etwa der Hälfte des Ausbaus der Offshore-Energie in Europa entspricht (WindEurope 2021b, S. 9).

Bis zum Jahr 2030 sollen mehr als 49 Terawattstunden Offshore-Windenergie erzeugt werden, was eine installierte Kapazität von 11,5 Gigawatt im Jahr 2030 voraussetzt (Wilson 2020, S. 10).

Zwischen 2023 und 2025 wird ein Zubau von mehr als 4 Gigawatt erwartet, wobei zwei Drittel von den Offshore-Anlagen „Hollandse Kust“ und „Hollandse Kust Zuid III und IV“ stammen werden (Internationale Energieagentur 2020, S. 94).

Aktivitäten deutscher und europäischer Unternehmen (Auswahl)

Im Jahr 2020 hat Ørsted den niederländischen Offshore-Windpark „Borssele 1 und 2“ in Betrieb genommen. Der Windpark verfügt über eine Kapazität von 752 Megawatt und ist damit der größte Offshore-Windpark in den Niederlanden und der zweitgrößte in Betrieb befindliche Offshore-Windpark der Welt (Ørsted 2020c).

Vestas hat im Jahr 2020 die Installation von Anlagen mit einer Leistung von 731,5 Megawatt für den Offshore-Windpark „Borssele 3 und 4“ abgeschlossen.

5.3.8 Spanien

Ausbaustand und -ziele

In Spanien herrschen insbesondere in den Küstenregionen gute Windverhältnisse. Gemessen an der installierten Leistung befindet sich Spanien im europäischen Vergleich auf Platz zwei hinter Deutschland (Wildemann 2021, S. 140). Insgesamt waren Ende 2020 fast 1.300 Windparks mit über 21.400 Windturbinen im Land installiert, die zusammengekommen 27 Gigawatt Leistung erbringen (Windmesse.de 2021). Die Windenergie trug damit im Jahr 2020 mehr als 20 Prozent zum Stromverbrauch bei und war damit die zweitwichtigste Technologie im spanischen Energiemix.

In dem im Jahr 2020 vorgelegten Nationalen Energie- und Klimaplan (NECP) wird ein jährliches Ziel von 2,2 Gigawatt neu installierter Windenergie (on- und offshore) bis 2030 formuliert (WindEurope 2020). Damit soll die installierte Leistung an Windenergie auf insgesamt 50 Gigawatt (onshore und offshore) bis zum Jahr 2030 ausgebaut werden (Europäische Kommission 2020c, S. 12).

Aktivitäten deutscher und europäischer Unternehmen (Auswahl)

Führender Hersteller auf dem spanischen Windenergiemarkt ist der deutsch-spanische Anlagenhersteller Siemens Gamesa. Mehr als die Hälfte der landesweit installierten Windenergieleistung entfällt auf Windenergieanlagen dieses Herstellers (Windbranche.de 2018).

Auch Nordex ist auf dem spanischen Markt aktiv und hat dort Produktionsstätten errichtet. In Spanien verfügt Nordex unter anderem über zwei Werke für die Montage von Maschinenhäusern, und ein Werk für die Produktion von Rotorblättern. Seit Ende 2020 verfügt Nordex in Spanien zusätzlich auch über eine Turmproduktion. Vestas fertigt in Spanien Generatoren und Rotorblätter.

Beiden Unternehmen haben in jüngster Zeit Aufträge für die Lieferung von Anlagen für Projekte in Spanien erhalten. Vestas hat im Jahr 2021 einen Auftrag über die Produktion von 25 Turbinen für einen Windpark in Kantabrien erhalten. Nordex hat im gleichen Jahr den Auftrag über die Lieferung von 38 Anlagen für einen Windpark in Zentralspanien erhalten.

5.4 Kostendruck in der Branche

Weltweit ist die gesamte Windbranche einem hohen Kostendruck ausgesetzt. Branchenvertreter*innen sprechen inzwischen von einem „Trendthema Kostendruck“. Überzeichnete Auktionen, Überkapazitäten und ein

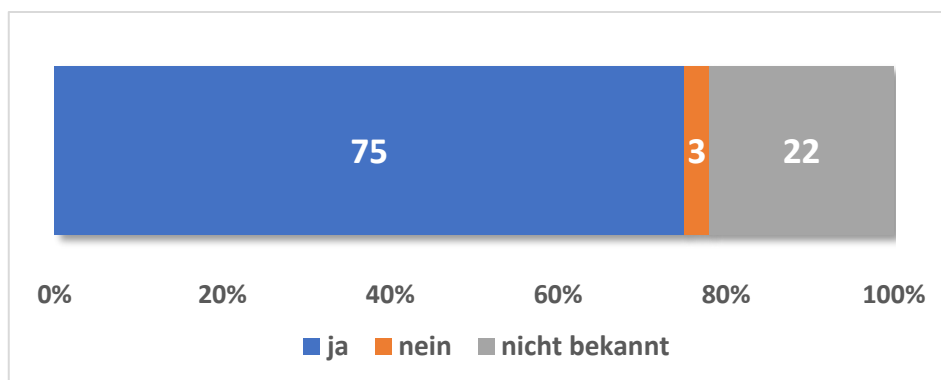
ständig hoher Wettbewerbsdruck führen weltweit dazu, dass die Marktpreise für neue Windenergieanlagen sinken (Lütkemeyer 2018, S. 7).

In Deutschland markiert das Jahr 2017 eine entscheidende Veränderung im Hinblick auf den Kostendruck in der Branche. Mit Jahresbeginn 2017 erfolgte die Umstellung von einer bis dahin garantierten Einspeisevergütung für Strom aus Windenergie auf wettbewerbliche Ausschreibungen (vgl. hierzu auch Kapitel 4). Grundsätzlich gilt seitdem: Wer für die Produktion von Strom aus Wind die geringste EEG-Förderung benötigt, erhält in der Regel den Zuschlag.

Ein wesentliches Ziel der Einführung des Ausschreibungsverfahrens war, durch Wettbewerb eine Kostenreduktion bei der Vergütung für erneuerbare Energien zu erzielen (Grashof/Dröschel 2018, S. 5). Die Folge für die Betriebe: weniger staatliche Förderung hat zu sinkenden Renditen und damit zu einem höheren Kostendruck geführt (Büchele et al. 2016, S. 3).

Bereits im Jahr 2018, also ein Jahr nach Umstellung auf das Ausschreibungsverfahren, haben die Betriebsräte der Branche im Rahmen der damals durchgeführten Betriebsrätebefragung auf den gestiegenen Kostendruck hingewiesen. Damals gaben 75 Prozent der befragten Betriebsräte an, dass infolge der Umstellung auf das Ausschreibungsverfahren ein Kostendruck in Ihrem Betrieb spürbar ist.

Abbildung 14: Kostendruck infolge der Umstellung auf das Ausschreibungsverfahren (in Prozent)



Quelle: IG Metall Bezirk Küste 2018

In diesem Zusammenhang wurden die Betriebsräte auch gefragt, wie sich der Kostendruck jeweils in ihren Betrieben auswirkt. Demnach haben die Betriebe häufig mit Kostensparprogrammen, Restrukturierungsmaßnahmen

men und Personalabbau auf den Kostendruck reagiert. Zur Erinnerung: Im Jahr 2016 waren insgesamt über 163.000 Beschäftigte in der Windindustrie tätig. In den Jahren 2017 und 2018 hat die Branche über 40.000 Arbeitsplätze abgebaut. Die Beschäftigung in der Branche ist damit unmittelbar nach der Umstellung auf das Ausschreibungsverfahren um über ein Viertel zurückgegangen.

Zudem zeigten sich auch konkrete negative Auswirkungen auf den Arbeits- und Gesundheitsschutz. So wurde beispielsweise angegeben, dass günstigeres Werkzeug angeschafft oder Servicefahrzeuge wesentlich länger genutzt werden.

Gleichzeitig ist zu beobachten, dass Hersteller den Kostendruck an ihre Zulieferer weitergeben oder sich günstigere Zulieferer suchen, beispielsweise in China (Lüers/Rehfeldt/Wallasch 2017, S. 34). Da die meisten Hersteller über eine geringe Fertigungstiefe verfügen und die benötigten Komponenten in den meisten Fällen von Zulieferern gefertigt werden, ist diese Entwicklung in der gesamten Branche zu beobachten.

Exkurs: Zulieferer in der Windindustrie

In der Startphase der Windindustrie in Deutschland zeichneten sich die Betriebe der Branche durch eine große Fertigungstiefe aus. Die meist kleinen Unternehmen haben damals nahezu komplette Windenergieanlagen gefertigt. Für Hersteller mit großer Produktionstiefe ist es allerdings schwer, Kostensenkungen zu erreichen (Lüers/Rehfeldt/Wallasch 2017, S. 35).

Vor diesem Hintergrund und angesichts des zunehmenden Ausbaus der Windenergie in Deutschland hat eine Spezialisierung stattgefunden und es hat sich neben den Herstellern ein breites Netzwerk an Zulieferern entwickelt, die einzelne Komponenten fertigen. Die meisten Zulieferer in der Windindustrie stammen dabei aus dem klassischen Maschinenbau. Für viele dieser Unternehmen war die Erschließung des Geschäftsfeldes der Windindustrie im Wesentlichen eine Erweiterung des Kundenkreises, ohne das Produktportfolio wesentlich erweitern zu müssen. Dazu zählen Unternehmen, die beispielsweise Zahnräder, Ritzel, Getriebe, Walzlager oder Elektrokomponenten fertigen.

Parallel dazu hat sich eine spezifische auf die Windindustrie ausgerichtete Zulieferindustrie entwickelt, beispielsweise für die Produktion der Rotorblätter oder der Türme und Fundamente.

Die Zulieferer haben damit in der Branche zunehmend an Bedeutung hinzugewonnen und sich zum Teil zu kompletten System- oder Modullieferanten entwickelt. Viele Zulieferer sind dabei auf ihrem

Gebiet Technologieführer und müssen viel in Forschung und Entwicklung investieren, um diesen Status aufrechterhalten zu können. Gleichzeitig hat sich in den vergangenen Jahren gezeigt, dass Hersteller den auf dem Markt vorherrschenden Kostendruck nahezu vollständig an ihre Zulieferer weitergeben. Nach Einschätzung von Branchenexpert*innen wird dieser Kostendruck auch aufseiten der Zulieferer zu einem Konsolidierungsprozess führen. Eine Strategie zum Umgang mit diesem Kostendruck liegt darin, verstärkt Kooperationen und Partnerschaften einzugehen, um Synergieeffekte zu schaffen, höhere Marktanteile zu generieren und damit eine bessere Verhandlungsposition einnehmen zu können (Wildemann 2021).

Zitat eines Betriebsrats: „Der Kostendruck durch die Ausschreibungsmodelle im aktuellen Wettbewerb ist enorm und keiner weiß genau, welche Marge am Ende übrigbleibt.“

Neben den für die Beschäftigten negativen Auswirkungen hatte die Umstellung auf das Ausschreibungsverfahren auch für die meisten Betriebe negative Effekte. Wie in Kapitel 3.1.1 beschrieben, sind die Ausbauzahlen insbesondere im Onshore-Bereich ab dem Jahr 2017 dramatisch zurückgegangen. Die eingeführten Privilegien für Bürgerenergiegesellschaften haben dazu geführt, dass zahlreiche Projekte von Bürgerenergiegesellschaften ohne immissionsschutzrechtliche Genehmigung bezuschlagt worden sind und anschließend nie umgesetzt wurden.

Vor diesem Hintergrund haben im Jahr 2019 zahlreiche Betriebsräte rückblickend davon berichtet, dass ihre Betriebe nicht von der Umstellung auf das Ausschreibungsverfahren profitieren konnten. 89 Prozent der Betriebsräte gaben damals an, dass ihre Betriebe bei den bis dato durchgeführten Ausschreibungsrunden keinen Zuschlag erhalten haben bzw. die Ausschreibungsrunden für sie in keiner oder nur geringer Weise für Auftragseingänge gesorgt haben (IG Metall Bezirk Küste 2019, S. 26).

Zitat eines Betriebsrats: „Die Ausschreibungen und der damit verbundene Kostendruck werden dafür sorgen, dass nur die Stärksten überleben werden.“

Wie in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben, befindet sich die Branche seit der Umstellung auf das Ausschreibungsverfahren tatsächlich in einem starken Konsolidierungs- und Konzentrationsprozess. Gleichzeitig reagieren die Betriebe auf den Kostendruck in der Branche mit verstärkten Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten. Durch ständig effizientere und größere Windräder wird versucht, Kosteneinsparungen

zu generieren (Bundesverband WindEnergie 2020, S. 22). Die entsprechenden Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten der Betriebe sind damit gleichzeitig auch die Voraussetzung dafür, dass Deutschland die internationale Technologieführerschaft in der Windenergie aufrechterhalten kann.

5.5 Arbeitsbedingungen in der Branche

Der Kampf um bessere Arbeitsbedingungen in der noch vergleichsweise jungen Windindustrie ist für die IG Metall seit Jahren zentraler Bestandteil der Branchenarbeit. Um den Erfahrungsaustausch unter den Betriebsräten zu befördern und Hilfestellungen zu verschiedenen Fragestellungen geben zu können, hat die IG Metall im Jahr 2015 das Branchennetzwerk Windindustrie gegründet. Zusätzlich zu den betrieblichen Aktivitäten der Betriebsräte und der IG Metall bietet das Netzwerk die Möglichkeit, auch unternehmensübergreifende Themen zu behandeln.

Um Informationen zu den Arbeitsbedingungen in den Betrieben der Branche zu erhalten, führt das Netzwerk seit dem Jahr 2016 außerdem jährlich eine Betriebsrätebefragung durch.

Mit Blick auf die Ergebnisse der Befragungen in den vergangenen Jahren wird deutlich, dass es einen weiterhin großen Handlungsbedarf im Hinblick auf die Arbeitsbedingungen in der Branche gibt. Zwar zeigen die Ergebnisse seit Jahren, dass jeweils knapp zwei Drittel der Betriebe im Sample über einen Tarifvertrag verfügen. Es sei an dieser Stelle aber darauf hingewiesen, dass die hohe Tarifbindung im Sample der Umfragen auch darauf zurückzuführen ist, dass Betriebe, in denen bisher noch kein Tarifvertrag gilt oder kein Betriebsrat existiert, deutlich schwieriger für die Teilnahme an der Umfrage zu gewinnen sind.

Zudem fällt seit Jahren auf, dass die Tarifbindung in den „reinen Windbetrieben“, sprich den Betrieben, die ihren gesamten Umsatz im Wind-Bereich generieren, deutlich geringer ist – im Jahr 2021 bei unter 40 Prozent. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass die Tarifbindung insbesondere in den Betrieben hoch ist, die auch anderen Teilbranchen zugeordnet werden können, in denen Tarifverträge und Mitbestimmung deutlich etablierter und verbreiteter sind, beispielsweise Maschinenbau, Elektroindustrie oder Metallverarbeitung.

Gleichzeitig zeigen die Befragungsergebnisse aus dem Jahr 2021, dass Tarifverträge im Bereich „Service und Wartung“ – einem Bereich der Branche, der in den vergangenen Jahren stark an Bedeutung hinzugewonnen hat – kaum vorhanden sind. In nur 20 Prozent der erfassten Be-

triebe aus dem Bereich „Service und Wartung“ war demnach ein Tarifvertrag vorhanden (IG Metall Bezirk Küste 2021b, S. 7).

Vor diesem Hintergrund besteht aus gewerkschaftlicher Perspektive weiterhin ein zentrales Handlungsfeld in der Erschließung von Betrieben der Windindustrie, insbesondere auch im Bereich „Service und Wartung“.

5.5.1 Regulierung von Leiharbeit und Werkverträgen

Leiharbeit spielt in vielen Betrieben der Windindustrie – wie auch in anderen Industriezweigen – eine zum Teil große Rolle, um Personalbedarfe zu decken, vorrangig in der Produktion und im Service. Nicht immer werden Leiharbeiter*innen dabei ausschließlich zur Bewältigung von Auslastungsspitzen eingesetzt, wie die Betriebsrätebefragungen in der Branche seit Jahren zeigen. Im Jahr 2021 lag die Leiharbeitsquote in der Branche bei durchschnittlich 7 Prozent. Die betrieblichen Leiharbeitsquoten liegen in einigen Betrieben allerdings deutlich höher, zum Teil bei über 25 Prozent (IG Metall Bezirk Küste 2021b).

Dementsprechend versuchen die IG Metall und viele Betriebsräte der Branche, im Zuge der zunehmenden gewerkschaftlichen Einflussnahme in den Betrieben der Windindustrie beispielsweise auch, Leiharbeit in den Betrieben stärker zu regulieren – mit Erfolg. In Betrieben mit Tarifvertrag wird der Einsatz von Leiharbeit deutlich stärker reguliert. So wurde in immerhin 44 Prozent der tarifgebundenen Betriebe eine Betriebsvereinbarung zur Regulierung der Leiharbeit abgeschlossen; in den Betrieben ohne Tarifvertrag existieren entsprechende Vereinbarungen nur in 20 Prozent der Betriebe.

Folglich sind auch die Leiharbeitsquoten in tarifgebundenen Betrieben niedriger als in Betrieben ohne Tarifvertrag. Wie oben bereits geschrieben, lag die Leiharbeitsquote in der Umfrage im Jahr 2021 insgesamt bei 7 Prozent, in den Betrieben mit Tarifvertrag hingegen bei 5 Prozent und in den Betrieben ohne Tarifvertrag bei 11 Prozent (IG Metall Bezirk Küste 2021b).

Gleichzeitig erhalten Leiharbeiter*innen in Betrieben mit Tarifvertrag deutlich häufiger Branchenzuschläge. Im Jahr 2021 wurden in 50 Prozent der tarifgebundenen Betriebe im Sample Branchenzuschläge gezahlt. Dies war in keinem der Betriebe ohne Tarifvertrag der Fall (IG Metall Bezirk Küste 2021b).

Welche Bedeutung die Regulierung von Leiharbeit weiterhin hat, wurde beispielsweise im Zuge der COVID-19-Pandemie sichtbar. Denn bei Auftragseinbrüchen, wie sie teilweise im Zuge der Pandemie zu beobachten gewesen sind, sind es gerade die Leiharbeiter*innen, die

zuerst ihren Job verlieren. Belief sich die Leiharbeitsquote in der Branche im Jahr 2019 noch auf 9 Prozent, lag sie ein Jahr später bei 5 Prozent. Viele Betriebsräte begründeten den Abbau von Leiharbeitskapazitäten damals mit dem Rückgang an Aufträgen in dem Zeitraum.

Neben Leiharbeiter*innen, die in den Betrieben eingesetzt werden, werden in der Windindustrie auch Tätigkeiten per Werkvertrag an Fremdfirmen vergeben. Hier ist die Situation allerdings deutlich unübersichtlicher. Viele Betriebsräte haben keinen Überblick über die Anzahl der auf dem Werksgelände eingesetzten Werkvertragsarbeiter*innen.

In den tarifgebundenen Betrieben wird sich der Thematik allerdings deutlich intensiver angenommen. So sind in tarifgebundenen Betrieben wesentlich häufiger Betriebsvereinbarungen zur Regulierung von Werkverträgen vorhanden als in Betrieben ohne Tarifvertrag. Im Rahmen der Umfrage unter den Betriebsräten im Jahr 2021 waren entsprechende Betriebsvereinbarungen in 43 Prozent der Betriebe mit Tarifvertrag vorzufinden und in nur 14 Prozent der Betriebe ohne Tarifvertrag (IG Metall Bezirk Küste 2021b, S. 26).

Insgesamt bleibt aber festzustellen, dass die Regulierung und die Mitbestimmung von Leiharbeit und Werkverträgen weiter ausbaufähig sind. Entsprechende Regulierungsinstrumente können unter anderem Betriebsvereinbarungen zur Festlegung maximaler Leiharbeitsquoten und konkreter Übernahmeregelungen sein oder im Fall von Werkverträgen die Beteiligung von Betriebsräten vor der Vergabe von Arbeitspaketen an Fremdfirmen (auch unter Vorlage einer entsprechenden Wirtschaftlichkeitsrechnung).

5.5.2 Stellenbesetzungsprobleme

Ein weiterer Indikator dafür, dass die Arbeitsbedingungen in Betrieben mit Tarifvertrag besser sind als in Betrieben ohne Tarifvertrag, sind die seit Jahren deutlich größeren Probleme bei der Besetzung offener Stellen von nicht tarifgebundenen Betrieben.

So berichteten beispielsweise im Rahmen der Befragung unter den Betriebsräten der Branche im Jahr 2021 über 70 Prozent der Betriebsräte in nicht tarifgebundenen Betrieben von Problemen bei der Stellenbesetzung; bei den Betrieben mit Tarifvertrag traten entsprechende Probleme in rund 20 Prozent der Betriebe auf (IG Metall Bezirk Küste 2021b, S. 18).

Die Angaben der Betriebsräte zu den Gründen für die Probleme bei der Stellenbesetzung untermauern diese Zahlen: So wurden häufig die vergleichsweise schlechteren Arbeitsbedingungen als Hauptgrund für die Probleme bei der Stellenbesetzung gesehen. Genannt wurden in diesem

Zusammenhang explizit eine schlechtere Entlohnung im Vergleich zu anderen Branchen und die fehlende Tarifbindung.

Dass die gewerkschaftlichen Aktivitäten um bessere Arbeitsbedingungen in den Betrieben der Windindustrie nicht nachlassen dürfen, zeigen Aussagen von Betriebsräten, wonach die Tarifbindung von den Arbeitgebern als Wettbewerbsnachteil angesehen wird, insbesondere aufgrund der Lohnkosten.

Zitat eines Betriebsrats: „Anstatt tarifliche Löhne infrage zu stellen, muss die Tarifbindung in der Branche ausgeweitet werden. Nur dadurch kann verhindert werden, dass sich die Betriebe bei der Ausgestaltung der Löhne und Arbeitsbedingungen gegenseitig unterbieten, um Kosten zu sparen.“

Vor diesem Hintergrund fordert die IG Metall seit Jahren, Tarifbindung als qualitatives Kriterium bei Ausschreibungen miteinzubeziehen. In den Branchenbefragungen aus den Jahren 2020 und 2021 wird dieses Anliegen von einem Großteil der Betriebsräte unterstützt (IG Metall Bezirk Küste 2021b, S. 27). Ein weiteres Kriterium für Ausschreibungen könnte der Anteil an der regionalen Wertschöpfung sein – als Reaktion auf die Local-Content-Anforderungen in vielen ausländischen Märkten: Unternehmen, die mit guten, tariflich geregelten Arbeitsbedingungen Windenergieanlagen in Deutschland herstellen, aufbauen oder betreiben, könnten so bei der Vergabe Vorrang erhalten (IG Metall Bezirk Küste 2022b).

5.6 Service im Aufwind

5.6.1 Entwicklung des Servicebereichs

Mit dem weltweiten Zubau von Windenergieanlagen an Land und auf See in den vergangenen Jahren hat auch der Markt für Service- und Wartungsdienstleistungen an Windenergieanlagen an Bedeutung gewonnen und ist als Geschäftsfeld zunehmend attraktiv(er) geworden, sowohl national als auch international.

Allein der globale Markt für Betrieb und Wartung von Onshore-Anlagen wird inzwischen auf über 28 Milliarden US-Dollar beziffert, davon rund elf Milliarden US-Dollar in Europa (Fortune Business Insights 2021).

Vor diesem Hintergrund überrascht es nicht, dass die Anzahl der Akteure auf dem Markt stetig zunimmt, auch in Deutschland. Einerseits bieten Hersteller Serviceleistungen im Zusammenhang mit dem Verkauf der Turbinen an. Gleichzeitig wollen auch die Betreiber der Windparks Anteile auf dem Wartungsmarkt erobern. Zusätzlich haben in den vergangenen Jahren verstärkt unabhängige Dienstleister den Markt betreten, die über

spezifisches Know-how und häufig über ein herstellerunabhängiges Instandhaltungsangebot verfügen (Briese 2019).

Mit der Vielzahl an Akteuren hat sich auch das Serviceangebot verändert und ist diverser geworden. Zwar wird auch weiterhin versucht, überwiegend sogenannte Vollserviceverträge abzuschließen, zunehmend werden aber auch spezialisierte Angebote stärker nachgefragt, wodurch sich der Markt für weitere Akteure öffnet und sich auch die Wettbewerbsstrukturen weiter verändern.

Deutlich wird die Akteursvielfalt im Bereich Service und Wartung beispielsweise mit Blick in das Ausstellerverzeichnis der Messe HUSUM Wind 2021. Über 130 Unternehmen aus dem Bereich „Service und Wartung“ haben sich und ihre Dienstleistungen im September auf der Messe präsentiert – vom Anbieter der vollständigen technischen Instandhaltung von Windenergieanlagen über spezialisierte Blade-Inspektionsdienstleister bis hin zu Anbietern von autonomen drohnenbasierten Anwendungen.

Kostendruck im Service

Der durch die Vielzahl an Akteuren zugenommene Wettbewerb hat in den vergangenen Jahren zu einem starken Rückgang der Kosten für Service- und Wartungsdienstleistungen geführt. Zwischen 2007 und 2018 sind die Kosten für Betrieb, Service und Wartung für Onshore-Windenergieanlagen um insgesamt 52 Prozent gesunken. Bei Offshore-Windenergieanlagen liegt der Kostenrückgang bei 45 Prozent (Costa et al. 2021, S. 20).

Der Anteil der Kosten für Service und Wartung an den Gesamtkosten eines Windparks ist aber weiterhin vergleichsweise hoch, insbesondere im Offshore-Bereich. Während der entsprechende Anteil im Onshore-Bereich inzwischen im einstelligen Bereich liegt, schätzen Expert*innen, dass der Anteil im Offshore-Bereich bei bis zu einem Viertel der Gesamtkosten liegt (Strom-Forschung.de 2019). Hauptgrund dafür ist die naturgemäß deutlich aufwendigere Erreichbarkeit der Anlagen, insbesondere bei schlechten Wetterbedingungen.

Vor diesem Hintergrund sind erwartungsgemäß auch die Anstrengungen der Unternehmen hoch, die Kosten weiter zu senken, und dies geht häufig zu Lasten der Arbeitnehmer*innen.

Wie bereits beschrieben, werden infolge des Kostendrucks im Einzelfall günstigere Werkzeuge angeschafft und Werkzeuge oder Servicefahrzeuge wesentlich länger genutzt. Darüber hinaus haben die Betriebsräte von verschiedenen Servicebetrieben im Rahmen eines Workshops davon berichtet, dass für die Serviceaufträge immer weniger Zeit zur Verfügung steht – unter anderem auch, weil die Anzahl der betreuten Anlagen stetig zunimmt. Gleichzeitig sind die Dokumentationsanforderungen und -pflich-

ten in den vergangenen Jahren erheblich angestiegen und nehmen damit auch zeitlich einen immer größeren Stellenwert ein.

Darüber hinaus ist ein weiterer Trend zu beobachten: Im Service wird zum Teil verstärkt auch auf flexible Beschäftigungsformen, wie Werkverträge oder Leiharbeit gesetzt, um Kosten sparen zu können. So haben Betriebsräte der Branche in den vergangenen Jahren immer wieder davon berichtet, dass Wartungsarbeiten an günstige Unterauftragnehmer vergeben werden. Häufig arbeiten die dann eingesetzten Fachkräfte zu schlechteren Arbeitsbedingungen, beispielsweise häufig länger als es das Arbeitszeitgesetz erlaubt.

Die Umfragen unter den Betriebsräten der Branche haben in den vergangenen Jahren zudem immer wieder gezeigt, dass im Service vergleichsweise viele Leiharbeiter*innen eingesetzt werden – 15 bis 20 Prozent der in der Branche eingesetzten Leiharbeiter*innen waren demnach in den vergangenen Jahren im Service tätig (IG Metall Bezirk Küste 2021b).

Grundsätzlich ist dabei festzuhalten, dass die Sicherheitsbestimmungen im Service hoch und für alle Arbeitnehmer*innen gleich sind – unabhängig davon, ob es sich um Festangestellte, Leiharbeiter*innen oder Werkvertragsarbeitnehmer*innen handelt.

Ein Preiskampf zu Lasten der Arbeitsbedingungen in einem physisch und psychisch belastenden Tätigkeitsfeld wie dem Servicegeschäft in der Windindustrie ist dennoch als problematisch zu erachten. Trotz der hohen Standards bleibt beim Einsatz auf den Anlagen immer auch ein Restrisiko. Die Tätigkeiten im Service stellen hohe qualifikatorische und sicherheitstechnische Anforderungen an die Beschäftigten und verlangen den dort tätigen Arbeitnehmer*innen viel ab (vgl. hierzu auch Kapitel 5.6.2; Mette et al. 2016).

5.6.2 Arbeitsbedingungen und Aufgabenspektrum im Service

Die Arbeitsbedingungen im Service der Windindustrie sind speziell. Nicht ohne Grund stehen in Stellenangeboten von Serviceunternehmen häufig insbesondere folgende Schlagworte im Hinblick auf die Anforderungen an Bewerber*innen:

- Höhentauglichkeit,
- gute körperliche Fitness,
- Montage- und Reisebereitschaft,
- hohe Flexibilität und
- Belastbarkeit.

Diese Schlagworte zeigen: Die Arbeit im Service verlangt den Arbeitnehmer*innen viel ab und dies hat mehrere Ursachen. Die Beschäftigten arbeiten in der Höhe und damit in einer gefährlichen und insbesondere im Offshore-Bereich zusätzlich auch tendenziell lebensfeindlichen Umgebung mit zum Teil extremen Witterungsbedingungen, darunter starker Seegang, hohe Windgeschwindigkeiten, Kälte, Nässe, Hitze oder Feuchtigkeit (Mette et al. 2016).

Um einer Tätigkeit im Service überhaupt nachgehen zu dürfen, müssen spezielle arbeitsmedizinische Untersuchungen, Sicherheitstrainings und Höhentauglichkeitsuntersuchungen durchlaufen werden. Allein das erfolgreiche Absolvieren dieser Untersuchungen setzt eine gewisse körperliche Fitness voraus, die nicht zuletzt auch dafür benötigt wird, um beispielsweise eine Windenergieanlage im Notfall auch per Leiter erklimmen zu können.

Auch die Anforderungen an die Reisebereitschaft sowie die Flexibilität sind im Service enorm: Während die Serviceteams im Onshore-Bereich mit ihren Servicefahrzeugen über Autobahnen und Landstraßen zu den Windenergieanlagen fahren und dabei auch kurzfristige Aufträge aufgrund eingetretener Störungen bearbeiten müssen, kommen im Offshore-Bereich spezielle Schiffe zum Einsatz, um den Weg von den Küsten zu den Windparks zu überbrücken. Während es im Einzelfall auch im Offshore-Bereich möglich ist, den Feierabend in den eigenen vier Wänden zu verbringen, ist es hier nicht unüblich, dass die Arbeitnehmer*innen mehrere Wochen am Stück auf See verbringen (Mette et al. 2016).

Möglich ist dies aufgrund der „Verordnung über die Arbeitszeit bei Offshore-Tätigkeiten“, die ein Arbeitszeitmodell erlaubt, das sich deutlich von den „normalen Arbeitszeitregelungen“ unterscheidet: Demnach haben Arbeitgeber dafür zu sorgen, dass Arbeitnehmer*innen nicht mehr als 21 unmittelbar aufeinander folgende Tage auf See verbringen. Die Arbeitgeber haben dabei sicherzustellen, dass die tägliche Arbeitszeit in diesem Zeitraum im Durchschnitt zehn Stunden nicht überschreitet.

In der betrieblichen Praxis hat sich hingegen überwiegend ein Rhythmus von 14 Tagen Offshore-Arbeit und daran anschließend 14 Tagen Freizeit etabliert. In diesem Modell können die Arbeitnehmer*innen täglich bis zu 12 Stunden eingesetzt werden.

Dieses Arbeitszeitmodell stellt immense – insbesondere auch mentale bzw. psychische – Anforderungen an die Arbeitnehmer*innen. Räumliche Enge sowie fehlende Pausenräume und Toiletten auf den Anlagen, beengte Wohnverhältnisse, Arbeiten in relativer sozialer Isolation, eine hohe Arbeitsintensität und ein hoher Zeitdruck sind nur eine Auswahl an Faktoren, die in diesem Zusammenhang eine Rolle spielen können (Mette et al. 2016).

Gleichzeitig kann das Arbeitszeitmodell auch im Hinblick auf die gestiegenen Ansprüche an eine ausgewogene Work-Life-Balance vieler Arbeitnehmer*innen durchaus herausfordernd sein.

Zitat eines Betriebsrats: „Du verpasst viele Geburtstage in der Familie und bist dann 14 Tage zu Hause, wenn alle anderen normal arbeiten.“

So speziell die Arbeitsbedingungen im Service auch sind, so vielfältig und – nach Angaben von Betriebsräten aus diesem Bereich – spannend und abwechslungsreich ist das Aufgabenspektrum der dort tätigen Arbeitnehmer*innen.

Auf der Windenergieanlage selbst zählen insbesondere zahlreiche Überprüfungs- und Kontrolltätigkeiten zu den Standardaufgaben, unter anderem das Überprüfen der Schaltanlagen, der Drehmomente, der Löschanlagen, der Kabelstrecken und der Sicherheitseinrichtungen sowie der Wechsel von Betriebsstoffen. Hinzu kommen beispielsweise die Demontage und der Tausch kompletter Komponenten oder die Entstörung bei Fehlermeldungen.

Die fortlaufende Überwachung der Anlagen erfolgt aus der sogenannten Leitwarte. Mittels Datenfernüberwachung werden die Anlagen kontinuierlich auf ihren störungsfreien Betrieb überprüft, um Stillstandzeiten der Anlagen zu verkürzen und damit die Wirtschaftlichkeit zu verbessern.

Neben den Tätigkeiten, die unmittelbar mit der Instandsetzung oder Überwachung der Anlagen zu tun haben, umfasst das Aufgabenspektrum von Service- und Wartungsbetrieben zahlreiche weitere Tätigkeiten, die den reibungslosen Ablauf der Wartungsarbeiten sicherstellen. Dazu gehören unter anderem die Einsatzplanung der Servicetechniker*innen sowie deren Unterbringung, die Planung und Koordination von Qualifizierungsmaßnahmen für die Servicetechniker*innen, der Einkauf von Betriebsmitteln und Werkzeugen etc. sowie die Klärung sämtlicher logistischer und zollrechtlich relevanter Fragestellungen.

5.6.3 Fachkräfteproblematik im Service

Grundvoraussetzung dafür, den reibungslosen Ablauf der Service- und Wartungsarbeiten sicherstellen zu können, sind qualifizierte und motivierte Fachkräfte. Die grundsätzliche Fachkräfteproblematik in der Windindustrie wird in Kapitel 5.8 gesondert thematisiert. Im Servicebereich stellen sich den Betrieben allerdings ganz eigene Herausforderungen, so dass dieses Thema unter anderem auch im Rahmen eines Workshops mit Betriebsräten von mehreren Servicebetrieben behandelt worden ist.

Die besondere Herausforderung von Servicebetrieben, Personal zu finden, wurde in den Betriebsrätebefragungen in den vergangenen Jahren immer wieder deutlich. Auf die Frage, in welchen Bereichen sich die Suche nach qualifizierten Fachkräften schwierig gestaltet, wurde von zahlreichen Betrieben immer wieder der Service genannt.

Auch im Rahmen des Workshops mit den Betriebsräten von Servicebetrieben wurde die Fachkräfteproblematik von allen teilnehmenden Betriebsräten bestätigt. Demnach haben alle drei befragten Betriebe Probleme, ihre Fachkräftebedarfe im Servicebereich zu decken.

Die Anforderungen, die an Beschäftigte im Service gestellt werden, sind hoch. Um einer Tätigkeit im Service nachgehen zu können, ist eine technische Ausbildung Voraussetzung – in den meisten Fällen werden Elektriker*innen bzw. Industrieelektriker*innen, Elektroniker*innen oder Mechatroniker*innen gesucht. Eine spezifische auf die Arbeit im Service der Windindustrie ausgerichtete Berufsausbildung gibt es im deutschen Ausbildungssystem nicht. In vielen Fällen müssen die Arbeitnehmer*innen aufbauend auf einer technischen Berufsausbildung branchenspezifische Zusatzausbildungen oder betriebliche Qualifizierungsmaßnahmen absolvieren, um einer Tätigkeit im Service der Windenergie nachgehen zu können.

Dies bedeutet auch, dass die Servicebetriebe im Wesentlichen auf Quereinsteiger angewiesen sind, die ihre berufliche Ausbildung in anderen Betrieben bzw. Branchen absolviert haben und sich dann nach einer neuen beruflichen Herausforderung umsehen. Dabei konkurrieren die Servicebetriebe bei der Suche nach ausgebildeten Elektriker*innen, Industrieelektriker*innen, Elektroniker*innen oder Mechatroniker*innen auch mit anderen Branchen wie beispielsweise dem Maschinenbau, der Chemieindustrie oder dem Automotive-Sektor, die zum Teil attraktivere Gehaltsstrukturen vorweisen und häufig auch eine bessere Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben ermöglichen können.

Zusätzlich zu den qualifikatorischen Voraussetzungen werden, wie bereits beschrieben, zahlreiche weitere Anforderungen an Bewerber*innen gestellt, unter anderem Höhentauglichkeit, gute körperliche Fitness, Montage- und Reisebereitschaft, hohe Flexibilität und Belastbarkeit.

Diese speziellen Anforderungen an Bewerber*innen und die in Kapitel 5.6.2 beschriebenen Arbeitsbedingungen bzw. Arbeitszeitmodelle im Service können im Hinblick auf die Sicherung von zukünftigen Fachkräftebedarfen und anderem in zweierlei Hinsicht problematisch sein:

- Einerseits sind die spezifischen Anforderungen an die Arbeitnehmer*innen im Hinblick auf die Reisebereitschaft und die Arbeit im genannten Arbeitszeitmodell (14 Tage durchgängig offshore arbeiten) häufig nur schwer mit den vermehrten Wünschen vor allem junger Ar-

beitnehmer*innen nach flexiblen Arbeitszeiten und einer ausgewogenen Work-Life-Balance vereinbar.

- Andererseits erschwert die körperlich anspruchsvolle Arbeit als Servicetechniker eine Ausübung der Tätigkeiten bis ins hohe Alter.

Die Betriebe stehen demnach vor der Herausforderung, junge Menschen für die Tätigkeiten im Service zu begeistern und gleichzeitig die Beschäftigungsfähigkeit älterer Arbeitnehmer*innen für eine Tätigkeit im Service so lange wie möglich aufrechtzuerhalten oder andere, körperlich weniger anspruchsvolle Aufgaben anzubieten.

Für die Servicebetriebe, die sich im Rahmen des Workshops mit dem Thema auseinandergesetzt haben, kommt noch eine weitere Besonderheit hinzu, die als eine Ursache für die Schwierigkeiten bei der Besetzung offener Stellen genannt worden ist: ihre regionale Lage. Die Betriebe liegen allesamt in Ostfriesland. Die Betriebsräte haben davon berichtet, dass die Probleme bei der Suche nach Fachkräften für sie auch auf den grundsätzlichen Mangel an Fachkräften in der Region zurückzuführen ist und es in der Vergangenheit nur selten gelungen ist, Fachkräfte aus anderen Regionen (dauerhaft) anzuwerben.

Für das bestehende Personal kann sich der Mangel an Kolleginnen und Kollegen durchaus negativ auswirken: Sofern Betriebe nicht über ausreichend gut qualifiziertes Personal verfügen, besteht die Gefahr, dass die Arbeitsbelastung für das bestehende Servicepersonal weiter zunimmt – und dies kann bei einer körperlich anspruchsvollen Tätigkeit wie der des Servicetechnikers in der Windindustrie durchaus mit Gefahren verbunden sein.

5.7 Fallstudie: Digitalisierung in der Windindustrie

5.7.1 Auswirkungen der Digitalisierung auf Produktionsprozesse und -abläufe

In den vergangenen Jahren lässt sich in nahezu allen Branchen eine ähnliche Entwicklung beobachten: digitale Prozesse und Abläufe finden zunehmend Eingang in das tägliche Arbeitsleben und verändern die Art und Weise, wie gearbeitet wird. In der öffentlichen Diskussion werden diese Entwicklungen im industriellen Kontext unter verschiedenen Schlagworten zusammengefasst: Digitalisierung, Digitale Transformation, vernetzte Produktion oder Industrie 4.0.

Ganz gleich, wie diese Entwicklungen letztlich genannt werden, sie verändern Produktionsprozesse und -abläufe und haben damit auch ganz konkrete Auswirkungen auf die Arbeit der Beschäftigten. Für sie ist die Digitalisierung mit Auswirkungen auf Beschäftigungschancen, Arbeitsbedingungen, Kompetenzanforderungen und Qualifikationsbedarfe verbunden (Dispan/Schwarz-Kocher 2018, S. 4).

5.7.2 Digitalisierung in der Windindustrie

Auch in der Windindustrie – wie in nahezu allen Teilbranchen des Maschinenbaus – wirken sich die Digitalisierung und die fortschreitende Automatisierung auf die Arbeitsprozesse und -abläufe aus.

Im Rahmen der Betriebsrätebefragung aus dem Jahr 2021 haben fast 60 Prozent der befragten Betriebsräte angegeben, dass sich die Arbeitsabläufe, -verfahren und -prozesse in ihrem Betrieb infolge der Digitalisierung in den vergangenen Jahren wesentlich verändert haben (IG Metall Bezirk Küste 2021b).

Abbildung 15: Einschätzung von Betriebsräten zum Einfluss der Digitalisierung auf Arbeitsabläufe, -verfahren und -prozesse (in Prozent)



Quelle: IG Metall Bezirk Küste 2021b, S. 29

Dabei zeigt sich in vielen Fällen, dass die Digitalisierung durchaus positive Auswirkungen auf die Arbeitsbedingungen haben kann. Nach Einschätzungen von 50 Prozent der befragten Betriebsräte wirken sich die Digitalisierung und die fortschreitende Automatisierung positiv auf die Arbeitsbedingungen der Beschäftigten aus. Zu nennen ist in diesem Zusammenhang beispielsweise die verstärkte Nutzung mobiler Anwendungen

und die damit verbundene dauerhafte Verfügbarkeit von allen produktions- oder servicerelevanten Dokumenten und Informationen.

Gleichwohl zeigen die Befragungsergebnisse auch, dass es weiterhin Handlungsbedarf in einigen Betrieben gibt. In mehr als jedem dritten Betrieb wirken sich die beschriebenen Entwicklungen nach Ansicht der Betriebsräte eher negativ auf die Arbeitsbedingungen der Beschäftigten aus. In diesem Zusammenhang ist etwa die Möglichkeit der stärkeren Kontrolle der Arbeit durch den Arbeitgeber zu nennen.

Abbildung 16: Einschätzung von Betriebsräten zu den Auswirkungen der Digitalisierung auf die Arbeitsbedingungen (in Prozent)



Quelle: IG Metall Bezirk Küste 2021b, S. 29

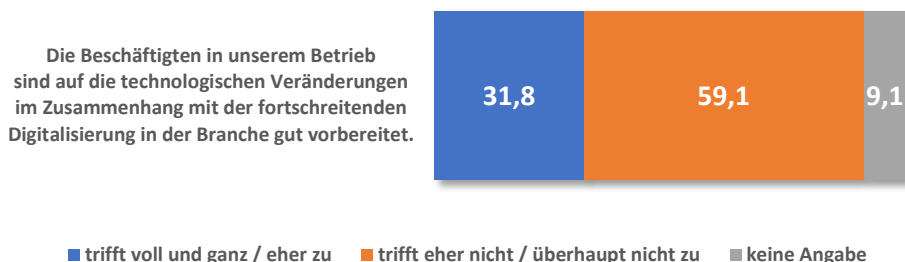
Um zu verhindern, dass Technologien implementiert werden, die sich letztlich negativ auf die Arbeitsbedingungen der Beschäftigten auswirken, sollten sich Betriebsräte stets einmischen, wenn Arbeitgeber neue Technologien oder digitale Tools einführen wollen. Das Betriebsverfassungsgesetz bietet dem Betriebsrat auch beim Thema Digitalisierung (bspw. bei Veränderungen an Arbeitsverfahren, -plätzen und -abläufen) Mitbestimmungsrechte, insbesondere auch, weil in dem Zuge häufig Bereiche wie Qualifizierung der Beschäftigten, Gesundheits- und Datenschutz und Arbeitszeiten tangiert werden.

Gleichzeitig sollten auch die Belegschaften bereits frühzeitig beteiligungsorientiert in den Abstimmungs- und Entscheidungsprozess zwischen den Betriebsparteien eingebunden werden, um die Bedarfe (und ggf. auch Vorbehalte) der Arbeitnehmer*innen im Hinblick auf technologische Neuerungen bestmöglich berücksichtigen zu können. Dies kann zusätzlich auch die Akzeptanz hinsichtlich technologischer Veränderungen am Arbeitsplatz erhöhen und die Motivation der Arbeitnehmer*innen steigern.

Dass Geschäftsführungen auf diesem Feld in vielen Fällen Alleingänge starten, zeigte sich bereits im Rahmen der Betriebsrätebefragung aus dem Jahr 2017. Damals gaben über 70 Prozent der Betriebsräte an, dass sie in die betrieblichen Aktivitäten rund um die Themen „Digitalisierung“ und „Industrie 4.0“ nicht eingebunden werden (IG Metall Bezirk Küste 2017).

Wesentlich ist in dem Zusammenhang auch, sicherzustellen, dass die Beschäftigten auf die technologischen Veränderungen im Zusammenhang mit der fortschreitenden Digitalisierung bestmöglich vorbereitet sind. Dass dies aktuell häufig nicht der Fall ist, zeigt wiederum ein Blick in die Betriebsrätebefragung aus dem Jahr 2021. Demnach sind die Beschäftigten nach Einschätzung der Betriebsräte in fast 60 Prozent der Betriebe nicht gut auf die technologischen Veränderungen im Zusammenhang mit der fortschreitenden Digitalisierung in der Branche vorbereitet.

Abbildung 17: Einschätzung von Betriebsräten, ob die Beschäftigten gut auf die technologischen Veränderungen infolge der Digitalisierung vorbereitet sind (in Prozent)



Quelle: IG Metall Bezirk Küste 2021b, S. 29

5.7.3 Digitalisierung im Service der Windindustrie

In der Windindustrie ist grundsätzlich zwischen der Digitalisierung in den Produktionsstätten und der Digitalisierung im Service zu unterscheiden. Dabei zeigte sich im Rahmen von Diskussionen mit Betriebsräten der Branche, dass das Thema aktuell vor allem im Servicebereich eine Rolle spielt. Vor diesem Hintergrund wurde das Thema „Digitalisierung im Service“ unter anderem auch im Rahmen eines eintägigen Workshops mit Betriebsräten aus Offshore-Servicebetrieben diskutiert.

Moderne Windenergieanlagen sind inzwischen mit zahlreichen Sensoren ausgestattet und sammeln große Mengen an Daten, unter anderem zu Temperaturen, Geschwindigkeiten, Kräften, Spannungen oder Umgebungsbedingungen, um beispielsweise die Leistung, den Verbrauch von Betriebsmitteln oder Vibrationen messen zu können. Außerdem sind nahezu alle neu errichteten Windenergieanlagen mit dem Internet verbunden und werden durch ihre Betreiber rund um die Uhr überwacht (Pagitsch/Jacobs/Bosse 2019). Diese Entwicklung hat in den vergangenen Jahren viel Potenzial geboten, den Service an Windenergieanlagen zu optimieren.

Einige Branchenexpert*innen gehen davon aus, dass Serviceunternehmen – und mit ihnen die ganze Branche – nur dann bestehen können, wenn sie in die Digitalisierung investieren (Weinhold 2019). Zwar werde die Digitalisierung Serviceleistungen nicht grundsätzlich günstiger machen, allerdings werden positive Auswirkungen auf die Qualität erwartet. Analysen für Schäden werden präziser und liegen schneller vor und auch die Organisation der Reparatur kann deutlich schneller erfolgen (Weber 2019).

Gleichzeitig ermöglicht die Auswertung der beschriebenen Daten eine vorausschauende Wartung („predictive maintenance“). Die datenbasierte Überwachung von Windenergieanlagen ermöglicht es, rund um die Uhr Rückschlüsse auf den Zustand der Anlagen und einzelner Komponenten zu ziehen. Dadurch können Veränderungen des Anlagenzustands in Echtzeit erkannt und der Ausfall der Anlagen durch ein frühzeitiges Eingreifen verhindert werden. Da dadurch auch ein vollständiger Verschleiß von Komponenten verhindert werden kann, verlängert sich gleichzeitig auch die Lebensdauer der Anlagen (Roth 2018).

Die Tatsache, dass der Zustand der Windenergieanlagen rund um die Uhr „ausgelesen“ werden kann, hat nach Angaben von Betriebsräten allerdings auch zu einer verstärkten „Zahlenfokussierung“ im Service geführt. Die einzelne Anlage wird zunehmend zu einer statischen Größe, deren Zustand allein anhand von Kennzahlen beurteilt wird. Für die Beseitigung von absehbaren Mängeln, die von den Servicetechnikern allein aufgrund der Erfahrung auf den Anlagen identifiziert werden, die sich in den Kennzahlen einer Anlage aber noch nicht niederschlagen, bleibt häufig keine Zeit: „Es zählt nur das Jetzt“. Die Fähigkeit der Servicetechniker, Mängel selbst auf der Anlage zu identifizieren, rückt in den Hintergrund.

Gleichzeitig profitieren die Servicetechniker bei ihrer Arbeit aber auch von der Digitalisierung. Für die Betriebsräte, die sich im Rahmen eines Workshops mit der Thematik auseinandergesetzt haben und zum Teil auch selbst als Servicetechniker tätig sind, stellen insbesondere mobile Lösungen wie Smartphones und Tablets eine Erleichterung bei der tägli-

chen Arbeit dar. Über Cloud-Lösungen oder Sharepoints werden alle erforderlichen Dokumente für die Wartung, unter anderem Datenblätter, Berichte, Arbeitsanweisungen und digitale Fehlerlisten, zur Verfügung gestellt und sind online abrufbar.

So haben die Servicetechniker jederzeit die aktuellen Informationen zum jeweiligen Auftrag digital vorliegen. Gleichzeitig können mit den mobilen Anwendungen auch direkt auf den Windenergieanlagen die Dokumentationspflichten und -anforderungen erfüllt werden. Die Wartungsdokumentation ist zugleich auch unmittelbar für den Kunden einsehbar.

Zentrale Voraussetzung, um diese mobilen Anwendungen auf den Windenergieanlagen nutzen zu können, ist eine stabile Internetverbindung – und die ist nach Angaben der Betriebsräte auf den Windenergieanlagen häufig nicht vorhanden.

In dem Zusammenhang wurde zudem auch kritisiert, dass die ergonomischen Bedingungen für die Teamleiter, die die Wartungsarbeiten auf den Windenergieanlagen dokumentieren und Prüfberichte erstellen, unzureichend sind. Demnach stehen dort keine Schreibtische oder Stühle zur Verfügung, sodass die entsprechenden Arbeiten häufig mit dem „Laptop auf den Knien“ erledigt werden müssen.

Die Digitalisierung hat für den Service auf Windenergieanlagen auch einen wichtigen sicherheitsrelevanten Bezug. Bei Unfällen kommt es auf eine schnelle medizinische Versorgung an und die stellt insbesondere auf Offshore-Anlagen eine Herausforderung dar. In der medizinischen Versorgung gibt es die sogenannte „Golden Hour“, sprich: Der Zeitraum bis zum Start der notärztlichen Therapie soll 60 Minuten nicht überschreiten (Niedersachsen Aviation 2016).

Im Offshore-Bereich spielt daher die sogenannte Telemedizin eine große Rolle. Mittels Telemedizin können Notfallsanitäter vor Ort oder Ersthelfer für die Erstversorgung angeleitet werden. Hierfür spielen digitale telemedizinische Endgeräte, die ein vollständiges medizinisches Monitoring vor Ort ermöglichen und die Daten an die medizinische Unterstützung an Land übertragen, eine entscheidende Rolle. Hierdurch können die Rettungszeiten immens verkürzt und eine Erstversorgung bis zum Eintreffen des Rettungshubschraubers gewährleistet werden (Netzwerkagentur Erneuerbare Energien Schleswig-Holstein 2016).

5.8 Fachkräftesituation und Ausbildungsaktivitäten

Gut qualifizierte Fachkräfte sind für die Betriebe der Windindustrie – wie für alle andere Branchen auch – von zentraler Bedeutung im Hinblick auf

die Wettbewerbs- und Innovationsfähigkeit. In der öffentlichen Wahrnehmung war das Bild der Branche in den vergangenen Jahren allerdings weniger von der Sorge geprägt, Fachkräftebedarfe decken zu können, sondern vielmehr von Insolvenzen, Standortschließungen und Personalabbaumaßnahmen.

Dabei stellen Probleme bei der Besetzung von Vakanzen viele Betriebe der Branche seit Jahren vor große Herausforderungen, und das perspektivisch erwartete und notwendige Wiederaufleben der Branche könnte die Situation noch verschärfen.

In verschiedenen Publikationen und Berichten (Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien 2021c; Hoch et al. 2021; Geinitz 2021) wurde in den vergangenen Monaten darauf hingewiesen, dass branchenübergreifend zahlreiche zusätzliche Fachkräfte benötigt werden, um die zur Erreichung der beschlossenen Klimaziele notwendigen Vorhaben und Maßnahmen umsetzen zu können.

So werden beispielsweise einer Kurzstudie im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen zufolge im Jahr 2035 branchenübergreifend fast 800.000 zusätzliche Arbeitskräfte benötigt, die in Branchen und Bereichen tätig sein werden, die für die Umsetzung konkreter Klimaschutzmaßnahmen von Relevanz sind. Dabei handelt es sich in 40 Prozent der Fälle um Berufe, die laut der Bundesagentur für Arbeit bereits 2019 als Mangelberufe galten (Blazejczak/Edler 2021).

Die Betriebe der Windindustrie stehen dabei, wie schon beschrieben, vor der Herausforderung, sich im Wettbewerb um Fachkräfte gegen Betriebe anderer Branchen behaupten zu müssen. Als vergleichsweise „junge“ Branche, die in letzter Zeit häufig mit Negativmeldungen im Hinblick auf die Beschäftigungsentwicklung in den Schlagzeilen stand, muss die Windindustrie dabei zur Sicherung der Fachkräftebedarfe größere Anstrengungen unternehmen als Betriebe anderer Branchen. In diesem Zusammenhang geht es insbesondere darum, die aktuell und zukünftig benötigten Fachkräfte mit guten Arbeitsbedingungen und fairen Löhnen von sich zu überzeugen und an sich zu binden.

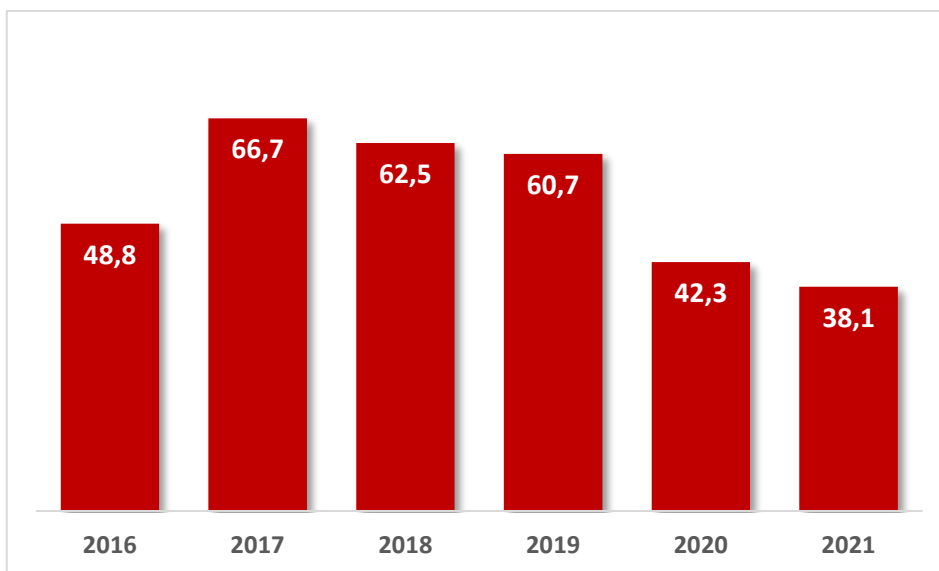
5.8.1 Fachkräftemangel und Stellenbesetzungsprobleme

Probleme bei der Besetzung offener Stellen können für Betriebe jeglicher Branche zu einer existenziellen Herausforderung werden. In der Windindustrie lassen sich entsprechende Probleme bereits seit Jahren bei vielen Betrieben beobachten. So klagten zwischen den Jahren 2017 und 2019 jeweils über 60 Prozent der Betriebe über Probleme, qualifizierte Fach-

kräfte zu finden. In den Folgejahren sind die Stellenbesetzungsprobleme zwar zurückgegangen, es berichteten aber weiterhin rund 40 Prozent der Betriebe von entsprechenden Problemen (IG Metall Bezirk Küste 2021b).

Inwiefern es sich bei der jüngsten Entwicklung um einen „Coronaeffekt“ handelt, sprich in diesen Jahren einfach weniger Fachkräfte von den Betrieben gesucht worden und darum auch weniger Probleme aufgetreten sind, kann erst in den kommenden Jahren mit Sicherheit beantwortet werden.

Abbildung 18: Betriebe mit Problemen bei der Stellenbesetzung (in Prozent)



Quelle: IG Metall Bezirk Küste 2021b, S. 18

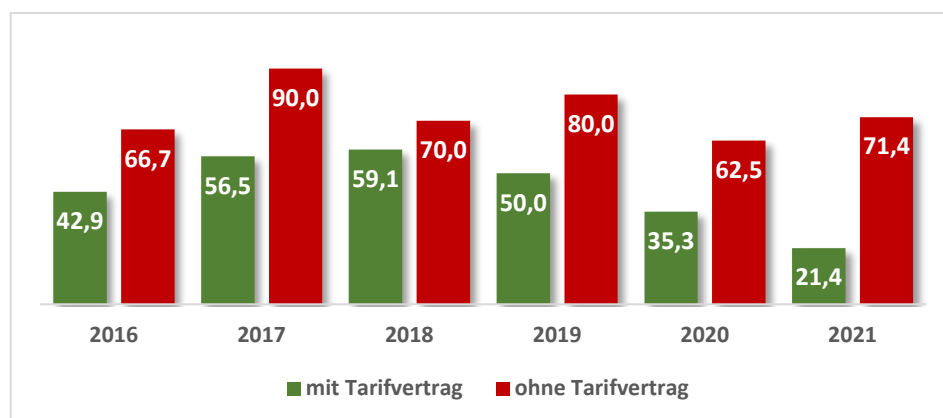
Die Probleme erstrecken sich dabei seit Jahren auf nahezu alle Berufsbilder bzw. Bereiche der Windindustrie, vom Anlagenmechaniker über den Arbeitsschutzexperten, Elektroniker, Mechatroniker, Mitarbeiter im Qualitätswesen bis hin zum Servicetechniker. Zwar haben einige Betriebsräte davon berichtet, dass ihre Betriebe offene Stellen beispielsweise im Zuge der Insolvenz von Senvion mit Fachkräften des Unternehmens decken konnten; in vielen Fällen waren entsprechende Übergänge innerhalb der Branche aber nicht möglich.

Wesentliche Ursachen für die Stellenbesetzungsprobleme in der Branche sind nach Angaben der Betriebsräte der Branche häufig das generelle Fehlen qualifizierter Fachkräfte in der jeweiligen Region sowie der in Ka-

pitel 5.6.3 bereits beschriebene zum Teil starke Wettbewerb um Fachkräfte mit Betrieben anderer Branchen in der jeweiligen Arbeitsmarktre-gion, die zum Teil bessere berufliche Perspektiven oder Arbeitsbedingun-gen bieten können.

Welche Bedeutung die Arbeitsbedingungen bei der Suche nach Fachkräften haben, wird auch mit einem Blick auf die Betriebsrätebefragungen in der Branche deutlich. Hier zeigt sich seit Jahren, dass die Betriebe ohne Tarifvertrag deutlich häufiger Probleme haben, offene Stellen zu besetzen als Betriebe mit Tarifvertrag. Wie bereits in Kapitel 5.5 geschrieben, ha-ben im Rahmen der aktuellen Befragung unter den Betriebsräten der Branche über 70 Prozent der Betriebsräte in nicht tarifgebundenen Be-trieben von Problemen bei der Stellenbesetzung berichtet. Bei den Betrie-ben mit Tarifvertrag traten entsprechende Probleme nur in rund 20 Pro-zent der Betriebe auf (IG Metall Bezirk Küste 2021b, S. 18)

Abbildung 19: Betriebe mit Problemen bei der Stellenbesetzung nach Tarifbindung (in Prozent)



Quelle: IG Metall Bezirk Küste 2021a

Tarifverträge haben damit einen signifikanten Einfluss auf die Fachkräfte-situation in den Betrieben und sind damit auch eine zentrale Stell-schraube, wenn es darum geht, sich als Arbeitgeber mit attraktiven Ar-beitsbedingungen auf dem Arbeitsmarkt zu präsentieren.

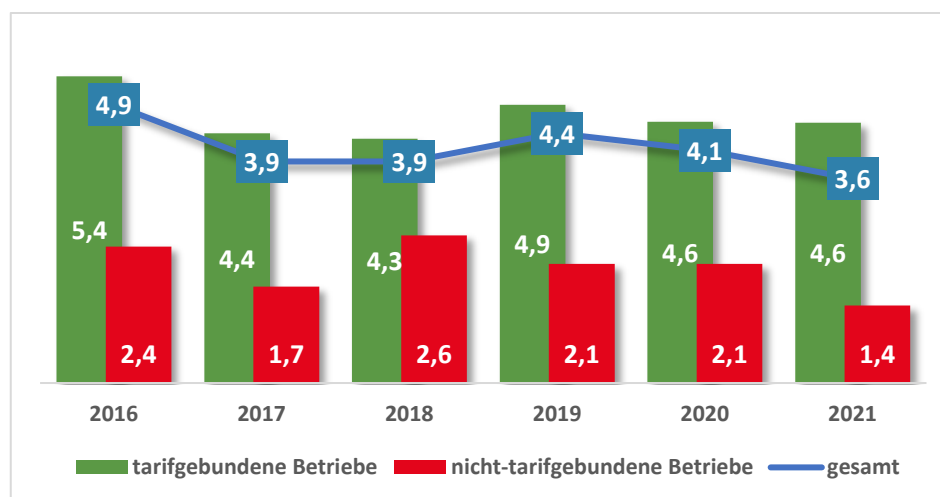
5.8.2 Ausbildungssituation in der Branche

Neben der Suche nach Personal auf dem externen Arbeitsmarkt stellt die betriebliche Ausbildung eine zweite Säule der Sicherung von Fachkräftenbedarfen dar.

Im Rahmen der Betriebsrätebefragungen der IG Metall werden jährlich auch die Ausbildungsquoten der Betriebe der Windindustrie ermittelt. Hier zeigen sich seit Jahren insbesondere zwei Entwicklungen:

- Im Vergleich mit dem gesamten Maschinenbau, zu dem auch die Windindustrie gehört, bilden die Betriebe der Windindustrie unterdurchschnittlich stark aus. Im gesamten Maschinenbau beträgt die Ausbildungsquote seit Jahren im Durchschnitt rund 6 Prozent; in der Windindustrie liegt die Ausbildungsquote in der diesjährigen Umfrage bei 3,6 Prozent (IG Metall Bezirk Küste 2021b, S. 19). Im Jahresvergleich zeigt sich zudem, dass die Tendenz eher rückläufig ist.
- Gleichzeitig fällt auf, dass es insbesondere die tarifgebundenen Betriebe in der Windindustrie sind, die die Ausbildung in der Branche sicherstellen. Die Ausbildungsquoten der tarifgebundenen Betriebe liegen deutlich oberhalb der Ausbildungsquoten in den Betrieben ohne Tarifvertrag, in den vergangenen Jahren meist mehr als doppelt so hoch.

Abbildung 20: Ausbildungsquoten im Jahresverlauf (in Prozent)



Quelle: IG Metall Bezirk Küste 2021a

Vor dem Hintergrund der beschriebenen Probleme bei der Besetzung offener Stellen – insbesondere in den nicht tarifgebundenen Betrieben – verwundern die niedrigen Ausbildungsquoten in der Branche. Dabei handelt es sich bei der betrieblichen Ausbildung um einen zentralen Baustein einer Strategie zur Sicherung von zukünftigen Fachkräftebedarfen. In den vergangenen Jahren haben die Betriebsrätebefragungen zudem gezeigt, dass viele Betriebe ihre Ausbildungsaktivitäten mit Blick in die Zukunft weiter reduzieren möchten.

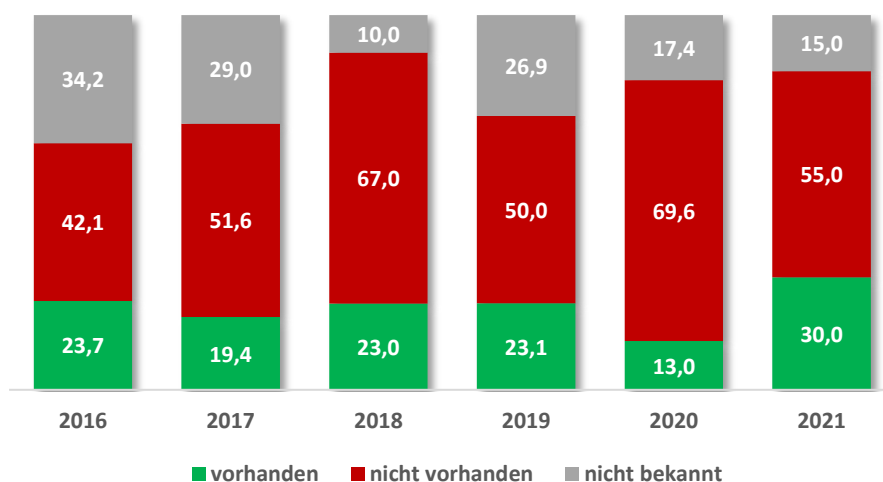
Im Rahmen der aktuellen Umfrage unter den Betriebsräten der Windindustrie gibt es möglicherweise erste Anzeichen eines Umdenkens in den Betrieben (IG Metall Bezirk Küste 2021a). Inwiefern sich zukünftig ggf. auch die politischen Weichenstellungen der vergangenen Monate, die der Branche mehr Planungssicherheit geben, nachhaltig positiv auf die Personalplanungen der Betriebe und damit auch auf die Ausbildungsaktivitäten auswirken, kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht abschließend bewertet werden. Die Betriebe verfügen nun allerdings über einen Planungshorizont, der ihnen in der Vergangenheit zum Teil fehlte und eine langfristige Personalplanung ermöglicht – und gleichzeitig auch notwendig macht.

5.8.3 Strategische Personalplanung

Eine fehlende strategische Personalplanung in ihren Betrieben wird dabei seit Jahren von vielen Betriebsräten kritisiert. Im Rahmen der Befragungen unter den Betriebsräten gaben in den vergangenen Jahren regelmäßig über 50 Prozent der Betriebsräte an, dass es in ihrem Betrieb an einer strategischen Personalplanung und -entwicklung mangelt.

Die beschriebenen Entwicklungen (Personalabbau in der Branche, Stellenbesetzungsprobleme, geringe Ausbildungsaktivitäten) erscheinen dabei insbesondere mit Blick auf die Sicherung zukünftiger Fachkräftebedarfe problematisch. Im Zuge des perspektivisch zu erwartenden Wiederauflebens der Branche in Deutschland werden auch die Bedarfe der Betriebe nach gut qualifizierten Fachkräften zunehmen.

Abbildung 21: Strategische Personalplanung in den Betrieben der Windindustrie (in Prozent)



Quelle: IG Metall Bezirk Küste 2021a

Auch das Erreichen der Klimaschutzziele hängt wesentlich davon ab, dass die in Deutschland ansässigen Betriebe der Windindustrie (und der Branche der erneuerbaren Energien im Allgemeinen) über ausreichend gut qualifiziertes Personal verfügen, um einerseits ihre Innovationsfähigkeit aufrechterhalten und weiter ausbauen und andererseits den notwendigen Ausbau der Windenergie sicherstellen zu können. Hierfür ist insbesondere vor dem Hintergrund des massiven Personalabbaus in der Branche in den vergangenen Jahren eine strategische Personalplanung in den Betrieben notwendig, die unter anderem verstärkte Ausbildungsaktivitäten und Maßnahmen zur Steigerung der Attraktivität der Arbeitsplätze in den Fokus rückt.

6. Zukunftsfelder und Perspektiven

6.1 Speichertechnologien und grüner Wasserstoff

Das Energiesystem steht im Zuge der Energiewende vor der Herausforderung, den zunehmend dezentral und häufig volatil erzeugten Strom aus erneuerbaren Energien mit den deutschlandweiten Strombedarfen zu synchronisieren. Der durch Windenergie (und auch Sonnenenergie) erzeugte Strom ist weder zeitlich noch geografisch gleich verteilt. Die Stärke des Windes variiert je nach Standort, Jahres- und Tageszeit. Gleichzeitig wird Strom aus Wind vorrangig im Norden und Osten Deutschlands sowie auf See erzeugt, während die größten Stromverbraucher ihren Sitz überwiegend im Süden und Westen des Landes haben und bislang im Wesentlichen von Kohle- oder Atomkraftwerken versorgt worden sind (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2020c).

Um einen reibungslosen Betrieb des Stromnetzes gewährleisten zu können, müssen angebotene und nachgefragte Strommenge harmonisiert werden, und dabei spielen Speichertechnologien eine entscheidende Rolle (Wildemann 2021, S. 283). Energiespeicher entkoppeln den Zeitpunkt der Strom- oder Wärmeerzeugung von dem Zeitpunkt, zu dem die Energie vom Verbraucher genutzt wird.

In einem Energiesystem, das zu immer größeren Anteilen aus Wind- und Sonnenenergie gespeist wird, sind Speicher ein wichtiger Baustein zur Flexibilisierung von Angebot und Nachfrage. Die Strommengen, die zum Zeitpunkt der Erzeugung nicht benötigt werden, sollen so durch Speicher zu einem späteren Zeitpunkt verfügbar gemacht werden.

In dem Zusammenhang ist auch der Netzausbau von großer Bedeutung, um den im Norden und Osten erzeugten Strom in den Süden und Westen des Landes transportieren zu können. Die Netzbetreiber planen deswegen den Bau von mehreren leistungsfähigen Stromtrassen. Trotz beschleunigter Genehmigungsverfahren zieht sich der Ausbau hin, im Wesentlichen aufgrund von Widerständen von Bürgerinitiativen und Umweltverbänden (Umweltbundesamt 2020; RedaktionsNetzwerk Deutschland 2020).

6.1.1 Wettbewerb unter den Speichertechnologien

Bislang herrscht ein vielfältiger Wettbewerb unter den Speichertechnologien. Laut Branchenexpert*innen stehen Batteriespeicher sowie Power-

to-x-Technologien am ehesten vor einer breiten industriellen Anwendung (Wildemann 2021, S. 292).

Exkurs: Insel zur Speicherung von Offshore-Windenergie in der Nordsee

In Dänemark wird die weltweit erste künstliche Insel zur Speicherung von Offshore-Windenergie in der Nordsee errichtet. Über den Knotenpunkt soll der Strom von Hunderten Offshore-Windenergieanlagen im Umfeld gebündelt und an die Verbraucher in den Nordsee-Anrainer-Staaten verteilt werden. Per Unterseekabel soll der Strom zur Insel geleitet und dort mithilfe von „Power-to-x-Technologien“ in speicherbare Energieträger wie Wasserstoff, synthetische Kraftstoffe oder Gas umgewandelt werden (Hecking 2019). Das Vorhaben, das das größte Bauprojekt in der Geschichte des Landes ist, soll 2026 beginnen und nach seiner Fertigstellung eine Größe von bis zu 460.000 Quadratmetern aufweisen (entspricht in etwa 64 Fußballfeldern) und den Strombedarf von 10 Millionen Haushalten abdecken können (Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien 2021b).

Batteriespeicher

Nach Angaben der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung kommen in Zukunft vermehrt große stationäre Batteriespeicher, sogenannte Energy Storage Systems (ESS), zum Einsatz. Die Anlagen sollen die überschüssige Energie von Wind und Sonne aufnehmen und bei Bedarf in die Stromnetze einspeisen. Auch für die dezentrale Versorgung in Wohnhäusern werden Batteriespeicher in Zukunft an Bedeutung gewinnen (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung 2021).

Laut Prognosen der Bloomberg New Energy Finance (BNEF) wird das globale Speichervolumen von Batterien bis zum Jahr 2040 von derzeit sieben auf rund 940 Gigawatt ansteigen, wodurch Versorgungslücken in der Nacht oder bei Windflaute ausgeglichen werden können (Rueter 2019). Bereits jetzt sind Batterien zur Stromspeicherung in Deutschland in zahlreichen stationären und mobilen Anwendungen zu finden. Dazu gehören Photovoltaikanlagen sowie die zunehmende Anzahl der batteriebetriebenen Elektro- und Hybridfahrzeuge in Deutschland (Brandstätter et al. 2018, S. 29).

Pumpspeicher

Eine weitere Technik, um Strom zu speichern, sind Pumpspeicherkraftwerke. Als Speicher dienen natürlich vorkommende Seen oder künstliche Reservoirs, die durch Staudämme oder -mauern geschaffen wurden. Bei

Stromüberschuss wird dabei Wasser in ein Oberbecken gepumpt. Bei Strombedarf wird Wasser abgelassen und mittels einer Turbine Strom erzeugt (Rueter 2019).

Weltweit gibt es solche Kraftwerke mit einer Gesamtkapazität von rund 160 Gigawatt, in Deutschland wurden im Jahr 2019 rund 11,3 Gigawatt Leistung durch Pumpspeicher erzeugt (Deutscher Bundestag 2021d, S. 2).

6.1.2 Power-to-x-Technologien und grüner Wasserstoff

Als „Power to x“ werden alle Technologien bezeichnet, die erneuerbare Energien bzw. Stromüberschüsse in chemische Energieträger zur Stromspeicherung umwandeln. Strom (Power) wird dabei in eine andere Energieform (x) umgewandelt. In Kombination mit intelligenten Energienetzen wird die Nutzung von erneuerbaren Energien wie Solar- und Windenergie ermöglicht – auch dann, wenn die Sonne nicht scheint oder der Wind nicht weht (Weidmüller 2021). Je nachdem, ob die erzeugten Folgeprodukte in gasförmiger oder flüssiger Form anfallen, wird von „Power to Gas“ (PtG) oder von „Power to Liquid“ (PtL) gesprochen.

Dominiert wird die Diskussion um Power-to-x-Technologien seit einiger Zeit von den Einsatzmöglichkeiten von Wasserstoff. Bereits seit Jahren wird das Potenzial von Wasserstoff als nachhaltiger Energieträger diskutiert. Insbesondere in den vergangenen zwei bis drei Jahren hat das Thema neuen Aufwind bekommen. Dabei steht vor allem grüner Wasserstoff im Fokus, sprich Wasserstoff, bei dem der Strom für die Elektrolyse ausschließlich aus erneuerbaren Energien gewonnen wird. Dadurch sind sowohl der eingesetzte Strom als auch die Produktion des Wasserstoffs CO₂-frei.

Der Einsatz von grünem Wasserstoff wird von vielen Expert*innen als ideale Möglichkeit angesehen, die deutschen Industrie weiter zu dekarbonisieren. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass der grüne Wasserstoff zu wettbewerbsfähigen Preisen und in großen Mengen verfügbar ist (Ørsted 2020b, S. 6). Auf regionaler, nationaler und europäischer Ebene wurden in den vergangenen Monaten verschiedene Strategiepapiere veröffentlicht, die einen Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur forcieren und entsprechende Ausbauziele formulieren.

Im November 2019 haben beispielsweise die Küstenländer die „Norddeutsche Wasserstoffstrategie“ beschlossen. Demnach wird in Norddeutschland bis zum Jahr 2035 eine grüne Wasserstoffwirtschaft aufgebaut, um eine nahezu vollständige Versorgung aller an grünem Wasser-

stoff interessierten Abnehmer zu ermöglichen (Bundesland Bremen et al. 2019, S. 1).

Im Juni 2020 hat die Bundesregierung die „Nationale Wasserstoffstrategie“ vorgelegt. Die Bundesregierung sieht bis 2030 einen Wasserstoffbedarf von circa 90–110 Terawattstunden. Um einen Teil dieses Bedarfs zu decken, sollen bis zum Jahr 2030 in Deutschland Erzeugungsanlagen von bis zu 5 Gigawatt Gesamtleistung einschließlich der dafür erforderlichen Offshore- und Onshore-Energiegewinnung entstehen. Dies entspricht einer grünen Wasserstoffproduktion von bis zu 14 Terawattstunden und einer benötigten erneuerbaren Strommenge von bis zu 20 Terawattstunden (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2020a, S. 5).

Im Juli 2020 hat die Europäische Kommission die „Europäische-Wasserstoffstrategie“ und damit einen Fahrplan für den Aufbau einer grünen Wasserstoffinfrastruktur in Europa vorgelegt. Demnach sollen Elektrolyse-Kapazitäten von insgesamt 40 Gigawatt bis zum Jahr 2030 aufgebaut werden (Europäische Kommission 2020b, S. 4).

Diese Ausführungen zeigen, dass das Thema „Wasserstoff“ in den vergangenen Monaten an Bedeutung gewonnen hat und auf verschiedenen Ebenen thematisiert und vorangetrieben wird. Um die gesteckten Ziele erreichen zu können, wird in Deutschland in zahlreichen Projekten erforscht und erprobt, wie Wasserstoff im industriellen Maßstab produziert und nutzbar gemacht werden kann. Beispielhaft werden an dieser Stelle ausgewählte Projekte kurz dargestellt:

- In Schleswig-Holstein hat sich im Jahr 2020 die branchenübergreifende Partnerschaft „Westküste 100“ aus EDF Deutschland, Holcim Deutschland, OGE, Ørsted, Raffinerie Heide, Stadtwerke Heide, thyssenkrupp Industrial Solutions und Thüga – gemeinsam mit der Entwicklungsagentur Region Heide und der Fachhochschule Westküste gebildet. Hierbei handelt es sich um ein sogenanntes Reallabor der Energiewende. Mit den Reallaboren der Energiewende möchte das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie die Anwendung von Innovationen aus der Forschung in der Praxis beschleunigen. Ziel des Reallabors „Westküste 100“ ist es, eine regionale Wasserstoffwirtschaft zu erproben, die im industriellen Maßstab abgebildet werden soll. Dazu ist bis 2023 die Inbetriebnahme eines Elektrolyseurs mit einer Leistung von 30 Megawatt geplant (Westküste 100 2021).
- Im Jahr 2020 wurde der „AquaVentus Förderverein e.V.“ gegründet. Ziel ist es, die Hochseeinsel Helgoland zu einem Drehkreuz für aus Offshore-Wind produzierten Wasserstoff zu machen. Bis zum Jahr 2035 sollen 10 Gigawatt Offshore-Windenergieanlagen in der Nordsee zwischen Helgoland und der Sandbank Doggerbank installiert werden.

Mit dem dort erzeugten Strom soll auf hoher See Wasserstoff erzeugt und dann über eine Pipeline an Land gebracht werden. An dem Projekt, das vom Bürgermeister Helgolands ins Leben gerufen worden ist, beteiligen sich inzwischen (Stand: Juli 2021) über 60 verschiedene Akteure – von Unternehmen wie Siemens Gamesa Renewable Energy SA, Northland Power oder MHI Vestas Offshore Wind A/S über das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH und das Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität (IKEM) e.V. bis hin zur Linde GmbH oder der Deutsche Shell Holding GmbH (AquaVentus 2021).

- Ende 2020 haben sich die Wirtschaftsförderorganisationen der norddeutschen Bundesländer Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein auf Initiative der IHK-Nord zur grünen Wasserstoffinitiative „HY-5“ zusammengeschlossen. Die Standortinitiative verfolgt das Ziel, Norddeutschland zur stärksten Zukunftsregion für grünen Wasserstoff im Herzen Europas zu machen und die Wertschöpfungskette für grünen Wasserstoff zu vervollständigen. Bis zum Jahr 2035 soll demnach in Norddeutschland eine grüne Wasserstoffwirtschaft entstehen (IHK Nord 2021).
- In Niedersachsen wurde Anfang 2021 das Projektvorhaben „Grüner Wasserstoff mit Offshore-Windenergie“ der Stiftung Offshore-Windenergie gestartet. Das vom Land Niedersachsen mit 550.000 Euro geförderte Projekt hat das Ziel, Niedersachsen dabei zu unterstützen, die Ziele von Bund und Land im Bereich der Offshore-Windenergie und beim Aufbau einer grünen Wasserstoffwirtschaft zu erreichen. Hierzu sollen ein Wissens- und Erfahrungsaustausch zwischen unterschiedlichen Akteuren aus den Bereichen „Offshore-Wind“ und „Grüner Wasserstoff“ – aus unter anderem Politik, Wirtschaft und Forschung – gefördert sowie verschiedene Hintergrundanalysen, Positionspapiere und Markt- und Technikanalysen erstellt werden (Stiftung Offshore-Windenergie 2021b).

6.1.3 Ausbau der Windenergie notwendig

Zentrale Voraussetzung eines Ausbaus der Wasserstoffinfrastruktur und -kapazitäten ist der verstärkte Ausbau der erneuerbaren Energien und insbesondere von Offshore-Windenergie – und der stockt aktuell, wie bereits beschrieben.

Seit dem Jahr 2018 wurden jährlich durchschnittlich neue Anlagen mit einer Leistung von etwa 1.400 Megawatt (onshore) bzw. 800 Megawatt (offshore) zugebaut (Umweltbundesamt 2021c). Wenn dieses Ausbau-

tempo beibehalten wird, können weder die im EEG 2021 beschlossenen Ausbauziele erreicht noch der zukünftig erwartete höhere Strombedarf infolge des Ausbaus der Wasserstoffproduktion (und der weiteren Elektrifizierung des Individualverkehrs) gedeckt werden.

Dabei sind die Hoffnungen der Windindustrie, die mit der verstärkten Nachfrage nach grünem Wasserstoff verbunden sind, hoch. Aus Sicht der Betriebsräte der Windindustrie ist mit dem Ausbau der Wasserstoffkapazitäten die Hoffnung verbunden, dass damit einhergehend auch der Ausbau der Windenergie vorangetrieben wird. So nahmen im Jahr 2021 fast 70 Prozent der befragten Betriebsräte an, dass die Windindustrie von der Nationalen Wasserstoffstrategie der Bundesregierung profitieren wird (IG Metall Bezirk Küste 2021b).

Abbildung 22: Einschätzung von Betriebsräten zur Nationalen Wasserstoffstrategie (in Prozent)



Quelle: IG Metall Bezirk Küste 2021b, S. 27

Gestützt wird diese Einschätzung beispielsweise durch Ergebnisse des „WindEnergy trend:index“, der quartalsweise vom Marktforschungsinstitut wind:research veröffentlicht wird. Demnach schätzen über 70 Prozent der Befragten die Wahrscheinlichkeit als mittel bis sehr hoch ein, dass die Produktion von grünem Wasserstoff in den kommenden drei Jahren eine wesentliche Rolle für die Windenergie spielen wird (WindEnergy Hamburg 2021, S. 4).

Damit die Betriebe der Windindustrie allerdings tatsächlich von einem Ausbau der Wasserstoffkapazitäten profitieren können, sind vor allem zwei Aspekte notwendig: Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sowie der Aufbau eines Heimatmarkts.

Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten, insbesondere im Bereich der Elektrolyseure

Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sind der Schlüssel, um im Bereich des grünen Wasserstoffs eine wichtige Rolle spielen zu können, auch im internationalen Wettbewerb. Dabei sind insbesondere Elektrolyseure ein entscheidender Faktor, insbesondere unter Exportgesichtspunkten (IG Metall 2021, S. 24).

Vereinzelt gibt es auch auf betrieblicher Ebene bereits vielversprechende Ansätze. Hier wird insbesondere daran geforscht, wie Wasserstoff direkt an den Turbinen von Offshore-Anlagen erzeugt werden kann.

So haben beispielsweise Siemens Gamesa und Siemens Energy im Januar 2021 bekanntgegeben, an einer Lösung zu arbeiten, die einen Elektrolyseur vollständig in eine Offshore-Windturbine integriert, um dort direkt grünen Wasserstoff zu erzeugen. Demnach ist geplant, bis 2025/2026 eine Offshore-Demonstrationsanlage zu errichten. Die Entwicklung findet im Rahmen des Ideenwettbewerbs „Wasserstoff-Republik Deutschland“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung statt (Siemens Gamesa/Siemens Energy 2021).

Ein Konsortium aus Ørsted, ITM Power, Siemens Gamesa und dem britischen Beratungsunternehmen Element Energy hat sich für das Pilotprojekt „OYSTER“ zusammengeschlossen, um ebenfalls zu erproben, wie Wasserstoff direkt an der Turbine von Offshore-Windenergieanlagen produziert werden kann. Konkret geht es darum, einen Elektrolyseur im Megawatt-Maßstab zu bauen, der in ein Offshore-Windrad integriert werden kann. Erprobt werden soll dies zunächst an Land; der Elektrolyseur soll aber auch für den Einsatz auf See geeignet sein (Bathke 2021).

Aufbau eines Heimatmarkts, um Wertschöpfung und Beschäftigung in Deutschland aufzubauen

Die Offshore-Wasserstofferzeugung bietet die Chance, ein hochinnovatives und technisch anspruchsvolles Feld entlang der Wertschöpfungsketten verschiedener Industriezweige (Wasserstoffindustrie, Windindustrie, maritime Industrie) entstehen zu lassen. Mit dem Aufbau einer tragfähigen und nachhaltigen Wasserstoffinfrastruktur sind insbesondere auch Hoffnungen verbunden, Wertschöpfung und Beschäftigung aufzubauen, vor allem in küstennahen Regionen.

Hierfür muss der Ausbau der Windenergie – insbesondere offshore – deutlich an Fahrt aufnehmen. Verschiedene Branchenverbände und die IG Metall Bezirk Küste haben darum im Rahmen der im September 2021 auf der HUSUM Wind veröffentlichten „Agenda für eine ambitionierte Offshore-Wasserstoffproduktion“ unter anderem gefordert, auch verbindliche Ausbauziele für die Produktion von Offshore-Wasserstoff festzulegen,

und dies zusätzlich zum Ausbauziel der 40 Gigawatt auf See (AquaVentus et al. 2021).

Zwar schreibt auch die Bundesregierung in der Nationalen Wasserstoffstrategie, dass „eine starke, nachhaltige und zur Energiewende beitragende inländische Wasserstoffproduktion und Wasserstoffverwendung – ein ‚Heimatmarkt‘ – unverzichtbar“ sind (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2020a, S. 10). Gleichzeitig sollen bis zum Jahr 2030 aber lediglich etwa 15 Prozent des Wasserstoffbedarfs in Deutschland durch die heimische Produktion gedeckt werden. Der Großteil des erforderlichen Wasserstoffs soll demnach importiert werden.

Eine aktuelle Studie vom Institut der deutschen Wirtschaft (IW), Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik und Wuppertal Institut kommt jedoch zu dem Ergebnis, dass der Bedarf an grünem Wasserstoff in Deutschland im Jahr 2030 durch Importe nicht im von der Bundesregierung geplanten Maße gedeckt werden kann. Gleichzeitig stellt auch der Transport großer Mengen an grünem Wasserstoff per Pipeline oder Schiff eine Herausforderung dar – die entsprechende Technologie steckt schlichtweg noch in der Entwicklung bzw. Genehmigung. Die Autoren der Studie empfehlen daher, die inländische Wasserstoffproduktion aus erneuerbaren Energien massiv zu erhöhen, solange der Bedarf über Importe nicht gedeckt werden kann (Küper/Schaefer 2021).

Auch die Kapazitäten in Deutschland werden in absehbarer Zeit nicht ausreichen, um den gesamten Wasserstoffbedarf aus heimischer Produktion bedienen zu können. Ambitioniertere Ziele für die Produktion von Wasserstoff in Deutschland können jedoch dazu beitragen, einen starken Heimatmarkt zu schaffen und damit für zusätzliche Wertschöpfung und Beschäftigung in Deutschland sorgen.

6.2 Schwimmende Windräder

Dass das weltweite Ausbau-Potenzial der Offshore-Windenergie größer ist als das der Onshore-Windenergie, ist unumstritten, immerhin sind mehr als 70 Prozent der Erdoberfläche mit Wasser bedeckt. Bislang können Offshore-Windräder aber ausschließlich in relativ flachen Gewässern errichtet werden. Die Wassertiefe darf 50–60 Meter nicht überschreiten, damit eine Verankerung der Windenergieanlagen im Meeresboden mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand möglich ist (Kern 2020).

Ein tonnenschweres und über 100 Meter hohes Windrad mitten im Meer aufzustellen, birgt zahlreiche Herausforderungen: Im Unterschied zu Öl- Konverter- oder Wohnplattformen, die meist auf mehreren Stelzen fest im Meer verankert sind, bietet der Turm eines einzelnen Windrads

weitaus weniger Möglichkeiten zur Befestigung: Von dreibeinigen Fundamenten über Gittertürme bis hin zu sogenannten Monopiles hat die Offshore-Industrie in den vergangenen Jahren vieles ausprobiert, um die nötige Stabilität zu erreichen (Witsch/Stratmann 2021).

Rund 80 Prozent der weltweiten Windressourcen liegen allerdings über Gewässern, die tiefer als 60 Meter sind, und damit zu tief für herkömmliche Fundamente (Hautmann 2021). Im Zuge der Diskussionen um die Befestigung von Windrädern auf See wurden daher zuletzt immer wieder auch schwimmende Windräder als Zukunftsmarkt ins Gespräch gebracht. Dabei ist das Thema nicht gänzlich neu: In den vergangenen Jahren wurden mehrere Modelle für schwimmende Windenergieanlagen konzipiert (Europäische Kommission 2020a, S. 5), die weltweit in zahlreichen Projekten erprobt werden – von kleinen Testanlagen bis zu kompletten Windparks vor der Küste Portugals oder Schottlands (Hautmann 2020).

Die Technologie für schwimmende Offshore-Anlagen in Tiefseegebieten und rauen Umgebungen, die weiter vom Land entfernt sind, macht dabei stetig Fortschritte in Richtung wirtschaftlicher Tragfähigkeit (Europäische Kommission 2020a, S. 23). Aktuell sind schwimmende Windräder zwar noch deutlich teurer als gewöhnliche Offshore-Anlagen. Doch während das Kostensenkungspotenzial bei Anlagen, die im Boden verankert sind, seit Jahren ausgeschöpft wird, wird dieser Prozess bei schwimmenden Windrädern in den kommenden Jahren erst an Fahrt aufnehmen.

Der Branchenverband WindEurope geht davon aus, dass schwimmende Windräder bis zum Jahr 2030 günstiger sein können als die meisten im Boden verankerten Offshore-Windenergieanlagen (Hautmann 2020). Insgesamt planen aktuell sieben europäische Länder (Frankreich, Großbritannien, Italien, Norwegen, Portugal, Schweden und Spanien), bis 2030 schwimmende Windräder zu errichten (WindEurope 2021a).

Wie groß das Potenzial von schwimmenden Windrädern ist, hat die Internationale Agentur für erneuerbare Energien beispielhaft für China berechnet. Demnach liegt dort das Potenzial für Offshore-Windenergie vor der Küste Chinas bei einer Tiefe zwischen 20 und 50 Metern bei 1.100 Gigawatt und bei einer Tiefe zwischen 50 und 100 Metern bereits bei 2.200 Gigawatt (Kern 2020). Ein weiteres Beispiel: Allein vor der kalifornischen Küste sollen Windräder mit 10 Gigawatt Leistung schwimmen (Ørsted 2020a).

In den Meeresgewässern der EU könnten schwimmende Offshore-Windenergieanlagen laut einer Studie der EU-Kommission technisch gesehen 4.500 Gigawatt Leistung erbringen. Davon könnten 3.000 Gigawatt in Seegebieten mit einer Tiefe zwischen 100 und 1.000 Metern installiert werden. Insgesamt sind über 80 Prozent der europäischen Gewässer

mehr als 60 Meter tief und damit potenziell für schwimmende Windräder geeignet (Europäische Kommission 2021b, S. 79).

Insbesondere auch mit Blick auf die ambitionierten Klimaziele im Rahmen des Green Deals der EU-Kommission werden schwimmenden Windräder zukünftig an Bedeutung gewinnen. Branchenvertreter*innen gehen davon aus, dass es ohne schwimmende Windräder nicht möglich sein wird, die im Rahmen des Green Deals avisierten 450 Gigawatt Offshore-Leistung bis zum Jahr 2050 zu realisieren. Laut der Internationalen Agentur für erneuerbare Energien haben schwimmende Fundamente das Potenzial, die Windindustrie vollkommen zu verändern:

„Indem man in tiefere Gewässer vorstößt und größere Windressourcen erschließt, könnten schwimmende Windräder eine signifikante Expansion der Windkraft erlauben – und das konkurrenzfähig.“ (Hautmann 2018)

Schwimmende Windräder haben dabei zahlreiche Vorteile gegenüber festinstallierten Offshore-Anlagen: An der Küste drohen vermehrt Nutzungskonflikte, beispielsweise mit der Schifffahrt, dem Tourismus und der Fischerei. Außerdem können die Anlagen rund 20 Prozent mehr Strom generieren als Offshore-Anlagen in Küstennähe (Asendorpf 2021). Dies liegt an der auf dem offenen Meer deutlich größeren Windausbeute. Zudem sind auch die Eingriffe in den Meeresboden bei schwimmenden Windrädern deutlich geringer, sodass diese Technologie auch mit Blick auf den Natur- und Umweltschutz Vorteile hat.

Auf der anderen Seite sind die Aufwände für die Wartung der schwimmenden Anlagen deutlich größer, schließlich werden diese Anlagen in deutlich größerer Entfernung zum Festland installiert als „normale“ Offshore-Windräder. Gleichzeitig ist es auf offener See naturgemäß deutlich schwerer und kostenintensiver, den Strom dorthin zu bekommen, wo er benötigt wird – an Land. An dieser Stelle gehen die Überlegungen vieler Branchenexpert*innen dahin, schwimmende Windräder mit der Produktion von grünem Wasserstoff auf See zu kombinieren. Der direkt an den Anlagen produzierte grüne Wasserstoff könnte dann per Schiff oder Pipeline an Land gebracht werden (Hautmann 2020).

Für viele Offshore-Produzenten ist der Markt für schwimmende Windräder inzwischen von Interesse. So hat Ørsted im Jahr 2021 beispielsweise bekanntgegeben, die Entwicklung des Markts für schwimmende Windprojekte zu verfolgen und die Kommerzialisierung dieser Technologie vorantreiben zu wollen. Laut Pierre Bauer, CEO der Offshore-Business-Unit von Siemens Gamesa, ist „besonders [...] die Kombination von schwimmenden Turbinen und der Produktion von Wasserstoff auf See“ interessant (Hautmann 2020).

Projekt „Floatech“

Auch die Europäische Union (EU) hat das Potenzial schwimmender Windräder erkannt. Im August 2021 wurde bekanntgegeben, dass die EU das Projekt „Floatech“ über drei Jahre mit 4 Millionen Euro fördert. Ziel des Projekts ist es, die Technologie dieser Anlagen zur Reife zu bringen und die Kosteneffizienz zu steigern.

Das Projekt wird von der Technischen Universität Berlin koordiniert und von insgesamt neun europäischen Forschungs- und Industriepartnerinstitutionen umgesetzt (Europäische Kommission 2021a).

Der Markt für schwimmende Windräder befindet sich noch in den Kinderschuhen. Nach Einschätzung von Branchenexpert*innen bietet diese Technologie allerdings die Möglichkeit, das Potenzial des Offshore-Markts signifikant zu erhöhen. Insbesondere auch vor dem Hintergrund der ambitionierten EU-Klimaziele könnte der Markt für schwimmende Windräder zukünftig an Bedeutung gewinnen.

Dabei hat sich bislang noch keine Technologie final durchgesetzt, sodass in diesem Segment auch die Verteilung des Marktes auf die verschiedenen Akteure noch offen ist. Der Vorstoß in Meerestiefen von mehr als 60 Metern würde das Ausbaupotenzial der Offshore-Windenergie massiv erhöhen und damit auch im Hinblick auf regionale Wertschöpfung und Beschäftigung neue Perspektiven bieten.

6.3 Bau von Konverterplattformen

6.3.1 Gemeinsame Potenziale der Windindustrie und des Schiffbaus erschließen

Die deutsche Küstenregion verfügt neben der Windindustrie über einen weiteren für die Region bedeutenden maritimen Wirtschaftszweig – den Schiffbau. Der Schiffbau hat eine lange und bewegte Geschichte an der Küste und in den vergangenen Jahren mehrere Strukturwandel durchlaufen. Aktuell befindet sich der Schiffbau im Zuge der Covid-19-Pandemie in einer weltweiten Krise, die sich auch an der Küste deutlich bemerkbar macht. Insbesondere der Kreuzfahrtschiffbau ist in Teilen nahezu vollständig zum Erliegen gekommen. Diese Entwicklung hat die Diskussion um eine industrielle Perspektive der Werften in Deutschland jenseits des Schiffbaus wieder angeheizt.

Schon vor Jahren wurde in einschlägigen Studien gefordert, sich in der maritimen Wirtschaft von einem starren und voneinander abgrenzenden Branchenverständnis zu verabschieden und vielmehr in gemeinsamen

Themen und Handlungsfeldern zu denken – seien es Werften, maritime Zulieferer, Reeder, Unternehmen der Windindustrie, Energieversorger, die Bauindustrie, der Maschinenbau oder die Stahlverarbeitung (Ludwig/Seidel/Tholen 2012, S. 145).

Ein Beispiel für eine derartige branchenübergreifende Zusammenarbeit bzw. Kooperation war zwischen 2010 und 2017 zu beobachten, als die Nordic Yards, der Vorgänger der heutigen MV Werften-Gruppe, insgesamt vier Konverterplattformen für Offshore-Windparks gebaut hat, davon drei für Siemens Energy und eine für Alstom Grid (Ostseewelle 2021).

Der damalige alleinige Eigentümer und Geschäftsführer von Nordic Yards, Witali Jussufow, hat die Entscheidung gefällt, in das Offshore-Segment einzusteigen. Bis zur Krise 2008 wurden auf den Werften Containerschiffe und Fähren gefertigt. Die „Öffnung“ der Werften für den Offshore-Bereich wurde damals von Werftvertreter*innen als Transformationsprozess vom Schiffbauer zum „maritimen Systemintegrator“ bezeichnet (Wehrmann 2013, S. 73).

Rund 1.200 Mitarbeiter*innen haben damals überwiegend an den Standorten in Rostock (Aufsatz) und Wismar (Fundament) an den Konverterplattformen gearbeitet, deren Planung, Konstruktion und Fertigung die Werften über Jahre hinweg gut ausgelastet und den Fortbestand der Standorte über Jahre hinweg auch finanziell abgesichert hat. Damals gab es Planungen, zusätzlich auch noch in den Markt für den Bau der parkinternen Umspannwerke einsteigen (Wehrmann 2013, S. 73).

Nach der Übernahme von Nordic Yards durch die Genting-Gruppe erfolgte im Jahr 2016 allerdings eine erneute Fokussierung auf den Schiffbau, genauer gesagt den Kreuzfahrtschiffbau. Seitdem werden in Deutschland keine Konverterplattformen mehr gefertigt.

6.3.2 Bedarf an Konverterplattformen wird perspektivisch ansteigen

Dabei ergibt sich perspektivisch ein großer Bedarf an entsprechenden Plattformen. Als Faustformel gilt: pro Gigawatt Offshore-Leistung wird eine Plattform benötigt. Aktuell stehen in Nord- und Ostsee Windparks mit einer Gesamtleistung von knapp acht Gigawatt. Bis zum Jahr 2030 sollen dort insgesamt 20 Gigawatt und im Jahr 2040 zusammengekommen 40 Gigawatt installiert sein (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2021e).

Konverterplattformen werden benötigt, um den auf den Offshore-Anlagen produzierten Wechselstrom auf See in Gleichstrom umzuwandeln. Gleichstrom lässt sich mit deutlich geringeren Verlusten über große Ent-

fernungen transportieren als Wechselstrom. Der Strom wird dann über Seekabel zum nächsten Netzknotenpunkt an Land geleitet, wo er dann wiederum über einen Onshore-Konverter in Wechselstrom umgewandelt wird. Expert*innen sprechen in diesem Fall von der Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungstechnologie (HGÜ; Stiftung Offshore-Windenergie 2021a).

Die Voraussetzungen für den Bau von Konverterplattformen sind – naturgegeben – nicht überall erfüllt. Bei Konverterplattformen handelt es sich um hochkomplexe und allein von den Ausmaßen her anspruchsvolle Konstruktionen. Nach Angaben der Amprion Offshore GmbH, einem der vier Netzbetreiber in Deutschland, ist allein die Plattform (hinzu kommt noch die Gründungsstruktur) mit einer Länge von rund 65 Metern, einer Breite von 35 Metern, einer Höhe von 32 Metern und einem Gewicht von circa 10.000 Tonnen ein Bauwerk, das höchste Ansprüche an die Konstrukteure im Hinblick auf die Standfestigkeit bei Wind und Wetter stellt – und damit auch an die Gegebenheiten, an denen die Konverterplattformen gefertigt werden können (IG Metall Windindustrie-Netzwerktreffen 2021).

Die beschriebenen Maße von Konverterplattformen machen deutlich, dass an den potenziellen Fertigungsstätten diverse Voraussetzungen erfüllt sein müssen, um dort Konverterplattformen produzieren zu können. Werften bieten dabei aufgrund des direkten Wasserzugangs grundsätzlich bereits gute Voraussetzungen, das reine Gewicht der Konverterplattformen grenzt die Auswahl potenzieller Standorte allerdings ein.

Im Zuge der Restrukturierung der MV Werften im Jahr 2021 wurde in der Öffentlichkeit auch darüber diskutiert, inwiefern der Wiedereinstieg in den Bau von Konverterplattformen einen Zukunftsmarkt für die drei Werftstandorte darstellen kann, haben die Werften zwischen 2010 und 2017 doch Pionierarbeit auf diesem Gebiet geleistet. Von verschiedenen Seiten wurde vor diesem Hintergrund gefordert, als ein zusätzliches Standbein der Werften wieder in den Bau von Konverterplattformen einzusteige, auch um den Arbeitnehmer*innen in der Region eine industriepolitische Perspektive aufzeigen zu können.

Weitere Standorte mit Offshore-Erfahrung, die die erforderlichen logistischen Voraussetzungen erfüllen, befinden sich beispielsweise in Bremerhaven auf dem ehemaligen WeserWind-Gelände sowie in Emden auf dem Gelände der Fosen Yard Emden GmbH. Zusätzliche Standorte kämen infrage, sofern die verschiedenen Segmente der Plattformen in arbeitsteiliger Weise an verschiedenen Standorten gefertigt werden.

Der Bedarf an Flächen für den Bau von Konverterplattformen ist dabei in den vergangenen Monaten sehr konkret geworden. Der Netzbetreiber Amprion plant, mindestens zwei Konverterplattformen für Windparks in

der Nordsee zu bauen und sucht dafür Partnerwerften in Deutschland mit entsprechendem Know-how.

Amprion hat bereits Ende 2018 verkündet, zwei Offshore-Netzanbindungssysteme zu realisieren: DolWin4 und BorWin4. Dafür werden in der Nordsee zwei Konverterplattformen installiert, um den auf See erzeugten Strom für den Transport an Land per Kabel aufzubereiten. Von dort aus wird dann jeweils eine Leistung von 900 Megawatt übertragen. Das entspricht in Summe etwa dem Bedarf einer Großstadt wie Hamburg mit 1,8 Millionen Einwohnern. Die Anbindungssysteme werden nach Unternehmensangaben in den Jahren 2028 (DolWin4) und 2029 (BorWin4) in Betrieb gehen (Ostsee-Zeitung 2020).

6.3.3 Potenzial für Wertschöpfung und Beschäftigung an der Küste

Der Zubau an Offshore-Windenergieanlagen in den kommenden Jahren wird den Bedarf an Konverterplattformen deutlich ansteigen lassen. Für Deutschland bietet sich hier die Chance, einen Zukunftsmarkt wieder zu erschließen und damit gleichzeitig die Wertschöpfungskette der Windindustrie zu ergänzen und mit der Wertschöpfungskette der Schiffbauindustrie zu verknüpfen. Dadurch können Wertschöpfung und Beschäftigung in zwei für die Küste maßgeblichen Wirtschaftszweigen geschaffen werden. Die Küstenregion hat dabei allein aufgrund der geografischen Lage einen Wettbewerbsvorteil gegenüber anderen Regionen, denn: Der weltweit größte Markt für die Offshore-Windenergie befindet sich auf der Nord- und Ostsee.

Zentrale Voraussetzungen sind allerdings geeignete Flächen, die Bereitschaft von Werften, sich für diese Segment zu öffnen sowie das Know-how für den Bau der Konverterplattformen.

Gute Bedingungen sind dabei nach Einschätzung verschiedener Expert*innen z. B. an den Werftstandorten in Mecklenburg-Vorpommern vorzufinden. Dort befinden sich geeignete Flächen sowie Fachkräfte mit entsprechendem Know-how. Gleichzeitig verfügt die Region über Erfahrung darin, die im Schiffbau tätigen Arbeitnehmer*innen für Tätigkeiten im Bau von Konverterplattformen zu qualifizieren. Zwar verfügen die im Schiffbau tätigen Arbeitnehmer*innen bereits über wesentliche Qualifikationen für diese Tätigkeiten, einzelne Qualifizierungen wie beispielsweise für das Verarbeiten des dickeren Offshore-Stahls oder das Schweißen an Rohrverbindungen müssten allerdings häufig noch nachgeholt werden.

6.4 Recycling von Rotorblättern

6.4.1 Recycling als Zukunftsthema

Das Thema Nachhaltigkeit spielt in einer „grünen Branche“ wie der Windindustrie naturgemäß eine große Rolle. Die Windindustrie ist dabei nicht nur zentraler Baustein zur nachhaltigen Produktion von Strom, sondern muss sich im Zusammenhang mit dem gesamten Prozess der Produktion von Windenergieanlagen auch mit der Frage auseinandersetzen, wie mit den verbauten Materialien nach Ende der „Lebensdauer“ einer Windenergieanlage umgegangen wird.

Europaweit erreicht ein wesentlicher Teil der installierten Windenergieanlagen zwischen 2020 und 2030 das Ende ihrer „Lebensdauer“. Für die in Deutschland aufgestellten Anlagen bedeutet dies in der Regel auch ein Ende der EEG-Förderung. Zwar hat der Gesetzgeber für sogenannte ausgeförderte Anlagen übergangsweise eine neue Einspeisevergütung geschaffen, zukünftig wird die Anzahl der ausgeförderten Anlagen aber stetig zunehmen und damit auch die Beantwortung der Frage nach dem Umgang mit diesen Anlagen drängender.

Grundsätzlich haben Anlagenbetreiber dabei drei Möglichkeiten: Sie können die Anlage weiterbetreiben, sie vollständig oder in Teilen durch eine leistungsfähigere Anlage ersetzen (Repowering) oder die Windräder zurückzubauen und recyceln (König 2021).

Exkurs: Repowering

Repowering meint gemeinhin den Ersatz von bestehenden Windenergieanlagen durch neue leistungsstärkere Anlagen. Dabei wird unterschieden, ob die neuen Anlagen im unmittelbaren Umfeld des vorhandenen Standortes aufgestellt werden (standorterhaltendes Repowering) oder in größerer Distanz zu den alten Standorten (standortverlagerndes Repowering; Bundesverband WindEnergie 2021a, S. 9)

Das Thema Repowering wird angesichts der für viele Anlagen auslaufenden EEG-Förderung in den kommenden Jahren weiter an Bedeutung gewinnen. Nach Angaben des Bundesverbands WindEnergie werden bis 2025 pro Jahr durchschnittlich Anlagen mit einer Leistung von zusammengekommen 2.300 bis 2.400 Megawatt aus der EEG-Förderung herausfallen und damit potenziell rückgebaut (Bundesverband WindEnergie 2021f).

Bis zum Jahr 2025 werden Windenergieanlagen an Land mit einer installierten Leistung von etwa 13,6 Gigawatt aus der Vergütung ausscheiden (Deutscher Bundestag 2021c, S. 9). Sofern diese An-

lagen ersatzlos rückgebaut werden würden, hätte dies enorme Auswirkungen auf den Netto-Zubau von Windenergieanlagen. Von vielen Seiten gab es in der Vergangenheit Kritik im Hinblick auf eine fehlende „Repowering-Strategie“ der Bundesregierung, unter anderem vom Bundesverband WindEnergie (2021a, S. 8). Kritisiert wurde insbesondere die Tatsache, dass es bei Genehmigungsverfahren im Zusammenhang mit standorterhaltendem Repowering kaum Erleichterungen im Vergleich zum vollständigen neu beantragten Bau einer Anlage gibt – obwohl die Standorte nach langjähriger Nutzung etabliert und akzeptiert sind, ist die Verfahrensdauer identisch mit Neuplanungen und kann mehrere Jahre betragen. Im Juni 2021 hat sich die Bundesregierung auf Eckpunkte bei der Reform der Energie- und Klimapolitik verständigt und erste Maßnahmen für beschleunigte und vereinfachte Repowering-Verfahren verabschiedet (Deutscher Bundestag 2021a). Mit dem Osterpaket der Bundesregierung wurden zusätzliche Erleichterungen für das Repowering bestehender Anlagen verabschiedet.

Die Erfahrungen beim Recycling von Windenergieanlagen halten sich aktuell noch in Grenzen. Grundsätzlich zeigt sich aber, dass es für den Großteil der Komponenten einer Windenergieanlage bereits etablierte Recyclingkreisläufe gibt, so beispielsweise für die metallhaltigen Anlagenteile, die Elektrik und für die Beton-Komponenten (Bundesverband WindEnergie 2021e). Für einen Teil dieser Komponenten gibt es zudem Weiterverwendungsmöglichkeiten. So können Stahl, Kupfer und die Komponenten aus Beton etwa in der Baubranche oder der Metallindustrie wiederverwertet werden (König 2021). Dadurch wird bei Windenergieanlagen bereits heute eine Recyclingquote von 80–95 Prozent erreicht.

6.4.2 Rotorblätter als Recycling-Problemfall

Probleme bereiten hingegen die Rotorblätter. Eine Deponierung von Rotorblättern ist in Deutschland seit dem Jahr 2005 verboten und das Recycling der aus einem Verbund von Kunstharz (Epoxid- oder Polyesterharz) und Fasern (Glas- oder Carbonfasern) bestehenden Rotorblätter stellt für die Branche eine Herausforderung dar, schließlich sind sie dafür konzipiert, Sturm, Hagel oder Blitzeinschlägen standzuhalten (Bundesverband WindEnergie 2019b, S. 8). Die einzelnen durch das Kunstharz verklebten Stoffe, die in einem Rotorblatt verarbeitet werden, lassen sich nur mit viel Energieeinsatz wieder voneinander trennen.

Exkurs: Deponieverbot von Rotorblättern

In Deutschland gilt bereits seit dem Jahr 2005 ein Deponieverbot für Rotorblätter. Eine europaweit einheitliche Regelung hierzu gibt es bislang aber nicht. Aus diesem Grund hat der europäische Verband WindEurope die Europäische Kommission im Juni 2021 dazu aufgerufen, ein europaweit einheitliches Deponieverbot für Rotorblätter von rückgebauten Windenergieanlagen ab dem Jahr 2025 durchzusetzen. Gleichzeitig sollen auch keine ausgemusterten Rotorblätter aus Europa in andere Länder zur Deponierung verschickt werden.

Verbunden mit diesem Aufruf fordert WindEurope, dass die EU-Fördermittel für die Forschung und Entwicklung an verschiedenen Recyclingtechnologien für die Verbundwerkstoffe der Rotorblätter zur Verfügung stellt. Darüber hinaus fordert der Verband finanzielle Unterstützung bei der Entwicklung von alternativen, recyclingfähigen Rotorblatt-Materialien. Der Aufruf von WindEurope stieß in Deutschland auf viel Zustimmung. So haben beispielsweise der Bundesverband WindEnergie, der Bundesverband der Windparkbetreiber Offshore e. V., die Stiftung Offshore-Windenergie, der WAB e. V. und VDMA Power Systems gemeinsam erklärt, das Vorhaben zu unterstützen (Zeitung für kommunale Wirtschaft 2021).

Für das Recycling der Rotorblätter gibt es bislang nur wenige Ansätze. In Deutschland gibt es mit der in Bremen ansässigen Neocomp GmbH ein Unternehmen, das ein Verfahren entwickelt hat, um Rotorblätter mit Glasfasern zu recyceln. In mehreren Arbeitsgängen werden die Rotorblätter zermahlen, um sie dann an die Zementindustrie verkaufen zu können.

Auch das Recycling von Rotorblättern mit Carbonfasern stellt eine Herausforderung dar, zumal hier andere Verfahren zur Anwendung kommen müssen als beim Recycling von Rotorblättern mit Glasfasern, da Kohlenstoff Strom leitet und deshalb in Schredder- und Verbrennungsanlagen Kurzschlüsse verursachen kann. Auch hierfür haben in Deutschland ansässige Unternehmen Verfahren entwickelt.

Das Umweltbundesamt schreibt in einer Studie aus dem Jahr 2019 allerdings, dass sich bislang keine hochwertige Recyclingmethode für carbonfaserverstärkten Kunststoff etablieren konnte (Born et al. 2019). In der gleichen Studie kommt das Umweltbundesamt daher zu der Schlussfolgerung, dass Deutschland nicht ausreichend auf das Recycling ausrangierter Windräder vorbereitet ist. Demnach drohen vor dem Hintergrund der perspektivisch erwarteten Zunahme an Rotorblättern, die abgebaut werden, Engpässe bei den Recyclingkapazitäten für die faserverstärkten Kunststoffe der Rotorblätter (Zeit Online 2019).

Der Bundesverband WindEnergie widerspricht dem Umweltbundesamt an dieser Stelle und schreibt in einem Hintergrundpapier zum Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen, dass die Anlage der Neocomp GmbH in der Lage ist, jährlich bis zu 120.000 Tonnen Alt-GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff) zu zerkleinern und damit keine Kapazitätsengpässe abzusehen sind (Bundesverband WindEnergie 2019b, S. 9). Gleichzeitig weist aber auch der Bundesverband WindEnergie darauf hin, dass die meisten Lösungen entweder noch nicht wirtschaftlich oder umfassend verfügbar sind (Bundesverband WindEnergie 2021d).

6.4.3 Betriebliche Ziele und Forschungsprojekte

Die zunehmende Bedeutung des Themas ist inzwischen auch in den Betrieben der Windindustrie angekommen. In den vergangenen Monaten haben mehrere Unternehmen der Windindustrie ihre Unternehmens- bzw. Nachhaltigkeitsziele um ein konkretes Ziel im Hinblick auf die zukünftige Recyclingfähigkeit ihrer Rotorblätter erweitert (Auswahl):

- Siemens Gamesa hat im Juli 2021 bekanntgegeben, seine Rotorblätter bis 2030 und seine Turbinen bis 2040 vollständig recycelbar zu machen (Siemens Gamesa 2021b).
- Vestas hat im Jahr 2020 eine neue Nachhaltigkeitsinitiative vorgestellt. Demnach wird Vestas bis zum Jahr 2040 Zero-Waste-Windenergieanlagen produzieren. Dies bedeutet unter anderem, dass bis dahin für alle eingesetzten Materialien eine Kreislaufwirtschaft entwickelt wird (Ekstrand 2020).
- Ørsted hat im Jahr 2021 einige neue Unternehmensziele bekanntgegeben. So will das Unternehmen bis zum Jahr 2040 vollständig klimaneutral wirtschaften und ihre On- und Offshore-Rotorblätter nach der Stilllegung entweder wiederverwenden, recyceln oder verwerten (Ørsted 2021).

Um diese Ziele jeweils zu erreichen, sind alle drei aufgeführten Unternehmen unter anderem Teil des im Jahr 2021 gestarteten Projekts „Decom-Blades“. Ziel des dreijährigen Projektes ist es, Lösungen für das Recycling der in Rotorblättern eingesetzten Verbundmaterialien zu entwickeln. Hierfür haben sich die drei Unternehmen mit sieben weiteren Partnern zusammengeschlossen, die zusammen die gesamte erforderliche Wertschöpfungskette abbilden, um eine Recyclingindustrie für Verbundwerkstoffe aufzubauen (Siemens Gamesa 2021a).

Vestas ist darüber hinaus auch Partner in dem im Mai 2021 gestarteten Projekt „CETEC“. Im Rahmen dieses Projekts wird erforscht, wie die Re-

cyclingfähigkeit von Rotorblättern erhöht und eine vollständige Zirkularität der eingesetzten Materialien ermöglicht werden kann, indem Materialien alter Rotorblätter in der Produktion neuer Rotorblätter recycelt werden können (Seibel 2021).

6.4.4 Ausblick

Vor dem Hintergrund der zukünftig steigenden Anzahl an installierten Windenergieanlagen und der Verantwortung der Hersteller, den gesamten Lebenszyklus einer Windenergieanlage im Blick zu haben, wird das Thema der Nachhaltigkeit der verwendeten Materialien zukünftig an Bedeutung hinzugewinnen.

Die beschriebenen betrieblichen Aktivitäten verdeutlichen die Relevanz des Themas. Das Ziel, zukünftig eine vollständig recycelbare Windenergieanlage zu produzieren, hat in vielen Betrieben der Windindustrie eine hohe Priorität. Gleichzeitig können Innovationen, die die Recyclingfähigkeit der Rotorblätter erhöhen und damit die gesamte Windenergieanlage einer Recyclingquote von 100 Prozent näherbringen, einen Wettbewerbsvorteil gegenüber der Konkurrenz darstellen.

Darüber hinaus könnte sich im Bereich der Recyclingtechnologien für Rotorblätter auch ein neuer Markt entwickeln, der für zusätzliche Wertschöpfung und Beschäftigung in Deutschland sorgen kann. Erst im September 2021 hat beispielsweise der Stadtverordnetenvorsteher der SPD-Stadtverordnetenfraktion Bremerhaven, Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen als Perspektive für den Windstandort Bremerhaven ins Spiel gebracht (Bremerhaven Green Economy 2021).

7. Handlungsempfehlungen

Wie kaum eine andere Industriebranche in Deutschland war die Windindustrie in den beiden vergangenen Jahrzehnten mit äußerst volatilen politischen Rahmenbedingungen konfrontiert. Vermeintlich stabile Entwicklungspfade und politische Rahmenbedingungen wurden oftmals durch kurzfristige politische Erwägungen konterkariert, was eine mittel- und langfristige Planung aus Unternehmensebene erschwert hat. Mit den zuletzt verabschiedeten Planungsbeschleunigungspaketen I und II und den angehobenen Ausbaupfaden für Windenergie liegen nun jedoch Planungsgrundlagen vor, die dazu geeignet sind, den Unternehmen eine verlässliche Basis für strategische Entscheidungen zu bieten.

Um den Ausbau der Windenergie – verstanden als industrie-, beschäftigungs- und klimapolitisches Projekt – nachhaltig zu stützen, lassen sich aus den zuvor dargestellten Herausforderungen und Entwicklungstendenzen diverse Handlungsempfehlungen ableiten. Diese beziehen sich auf

- die Stärkung der Wertschöpfungskette und der technologischen Leistungsfähigkeit,
- die Verbesserung der Arbeitsbedingungen und die sich verschärfende Fachkräfteproblematik und
- die weitere Ausgestaltung der politischen Rahmenbedingungen.

7.1 Stärkung der Wertschöpfungskette und der technologischen Leistungsfähigkeit

Förderung eines starken Heimatmarkts zur Erzeugung von grünem Wasserstoff

Die Offshore-Windindustrie kann wesentlich von dem Ausbau der Erzeugungskapazitäten von grünem Wasserstoff profitieren. Voraussetzung hierfür ist die Schaffung eines starken Heimatmarkts für die Produktion von grünem Wasserstoff. Die Offshore-Wasserstofferzeugung bietet die Chance, ein hochinnovatives und technisch anspruchsvolles Feld entlang der Wertschöpfungsketten der gesamten maritimen Industrie entstehen zu lassen. Mit dem Aufbau einer tragfähigen und nachhaltigen Wasserstoffinfrastruktur sind insbesondere auch Hoffnungen verbunden, Wertschöpfung und Beschäftigung aufzubauen und einen zukunftsfähigen internationalen Technologiezweig zu etablieren, vor allem auch in küstennahen Regionen.

Voraussetzung hierfür sind Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten, insbesondere im Bereich der Elektrolyseure sowie ambitionierte und verbindliche Ziele für die Erzeugung von grünem Wasserstoff aus Offshore-Wind, die gleichzeitig auch Planungssicherheit bei Investoren und Abnehmern schaffen würden. Inwiefern die in der Nationalen Wasserstoffstrategie bzw. dem Koalitionsvertrag der Ampelregierung festgelegten Ausbauziele für Elektrolyse-Anlagen (bis zu 10 Gigawatt einschließlich der dafür erforderlichen Mengen Offshore- und Onshore-Windstrom bis zum Jahr 2030) ausreichen, um einen starken Heimatmarkt zu erschaffen, bleibt abzuwarten.

Auch wenn die Kapazitäten in Deutschland nicht ausreichen werden, um den gesamte Wasserstoffbedarf Deutschlands aus heimischer Produktion bedienen zu können, so könnten ambitioniertere Ziele dafür sorgen, dass zusätzliche Wertschöpfung und Beschäftigung in Deutschland generiert werden. Dass die Ampel-Koalition in ihrem Koalitionsvertrag festgeschrieben hat, die Elektrolysekapazitäten bis zum Jahr 2030 auf 10 Gigawatt erhöhen zu wollen, kann in diesem Zusammenhang als ein erstes positives Signal gewertet werden (SPD/Bündnis 90/Die Grünen/FDP 2021).

Gemeinsame Potenziale der Windindustrie und des Schiffbaus erschließen

Der perspektivisch erwartete starke Ausbau der Offshore-Windenergie bietet auch der Schiffbauindustrie an den Küsten im Norden Deutschlands Aufschwungpotenzial. Der Bedarf an Konverterplattformen wird in den kommenden Jahren enorm ansteigen und als Fertigungsstandorte kommen in Deutschland vor allem Werften infrage.

Der Wiedereinstieg in dieses Marktsegment bietet die Chance, die Wertschöpfungskette der Windindustrie zu erweitern und wieder mit der Wertschöpfungskette der Schiffbauindustrie zu verknüpfen – im Sinne einer starken maritimen Industrie. Dies würde Synergien schaffen, von denen beide Industriezweige profitieren können, auch im Hinblick auf Wertschöpfung und Beschäftigung.

Zentrale Voraussetzung, um diesen Markt wieder erschließen zu können, sind Flächen, die für den Bau der großdimensionalen Plattformen geeignet sind und die Bereitschaft von Werften, sich für diesen Markt zu öffnen. Dabei bieten Werften allein aufgrund ihrer Lage an der Küste und der zum Teil bereits auf Schwerlast ausgerichteten Anlagen ideale Ausgangsbedingungen.

Gleichzeitig braucht es auch das notwendige Know-how, um Plattformen fertigen zu können. Die dafür benötigten Qualifikationen sind bei im Schiffbau tätigen Arbeitnehmer*innen zu einem Großteil bereits vorhan-

den, müssen aber zum Teil durch Qualifizierungsmaßnahmen und Weiterbildungen erweitert werden.

Forschungsaktivitäten im Bereich „Schwimmender Windräder“ intensivieren

Der mit Blick in die Zukunft notwendige starke Ausbau der Offshore-Windenergie wird es nach Angaben von Branchenexpert*innen notwendig machen, perspektivisch auch verstärkt Windräder auf offener See zu installieren – unter anderem auch, um Nutzungskonflikte an den Küsten zu vermeiden. Die dafür notwendige Technologie der schwimmenden Windräder befindet sich aktuell im Wesentlichen noch in der Erprobungsphase. Branchenexpert*innen gehen allerdings davon aus, dass sich hier ein neuer Markt öffnet und es zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch völlig offen ist, welche Modelle von welchen Anbietern sich letztlich durchsetzen werden.

Die Technologie ist dabei in den vergangenen Monaten stärker in den Fokus großer Hersteller gerückt. Zukünftig könnte diese Technologie enorm an Bedeutung gewinnen und damit verbunden auch mit Blick auf regionale Wertschöpfung und Beschäftigung interessant werden. Dementsprechend sollten Forschungsaktivitäten in diesem Bereich intensiviert werden, damit die in Deutschland ansässigen Hersteller perspektivisch auch an dem aufstrebenden Markt partizipieren können.

Entwicklung nachhaltiger Recyclingtechnologien für Rotorblätter

Eine „grüne Branche“ wie die Windindustrie muss sich verstärkt auch mit der Frage beschäftigen, wie die Materialien, die sie in den Windenergieanlagen verbaut, recycelt werden können. Dabei wird das Thema „Recycling von Rotorblättern“ vor dem Hintergrund der zukünftig vermehrten Anzahl an Anlagen, die aus der EEG-Förderung herausfallen, und der insgesamt steigenden Anzahl an installierten Windenergieanlagen in Zukunft an Bedeutung gewinnen.

Technologien, die die gesamte Windenergieanlage einer Recyclingquote von 100 Prozent näherbringen, können dabei einen Wettbewerbsvorteil gegenüber der Konkurrenz darstellen. Obwohl es bereits unterschiedliche Technologien zum Recyceln und Wiederverwerten von Rotorblättern gibt und die Zahl der Anbieter von Verbundstoffrecycling wächst, sind die meisten Lösungen entweder noch nicht wirtschaftlich oder umfassend verfügbar.

Mit Blick in die Zukunft sollten insbesondere zwei Aspekte im Fokus stehen: Für die aktuell eingesetzten Verbundstoffe in Rotorblättern muss weiter an nachhaltigen Recyclingverfahren geforscht werden, um sowohl Rotorblätter mit Glasfasern als auch mit Carbonfasern zukünftig im indu-

striellen Maßstab recyceln zu können. Gleichzeitig sollte es aber auch darum gehen, nach alternativen, recyclingfähigen Rotorblatt-Materialien zu forschen, die nach ihrem Einsatz als Rotorblatt leichter wiederverwendet werden können (recyclinggerechte Konstruktion).

7.2 Arbeitsbedingungen und Fachkräfteproblematik

7.2.1 Entwicklung einer Arbeitsmarktstrategie zur Erreichung der Klimaschutz-Ziele

Die Windindustrie hat in den vergangenen Jahren an Beschäftigung verloren und damit verbunden auch einen enormen Know-how-Verlust hinnehmen müssen. Gleichzeitig zeigen die Betriebsrätebefragungen aus den vergangenen Jahren, dass viele Betriebe der Branche Probleme haben, ihre Fachkräftebedarfe zu decken, unzureichend ausbilden und häufig über keine strategische Personalplanung verfügen.

Vor dem Hintergrund der Klimaschutzziele und des in diesem Zusammenhang notwendigen starken Ausbaus der Windenergie in den kommenden Jahren werden die Betriebe allerdings darauf angewiesen sein, über ausreichend gut qualifiziertes Personal zu verfügen, um einerseits ihre Innovationsfähigkeit aufrechterhalten und weiter ausbauen sowie andererseits den notwendigen Ausbau der Windenergie sicherstellen zu können. Die beschriebenen Entwicklungen lassen befürchten, dass sich die Fachkräftesituation in der Branche eher noch zuspitzen wird.

Um zu verhindern, dass der notwendige Ausbau der Windenergie in Deutschland infolge eines Mangels an Fachkräften ins Stocken gerät, sollte geprüft werden, ob eine „Arbeitsmarktstrategie zur Erreichung der Energiewende-Ziele“ initiiert werden kann. Die Arbeitsmarktstrategie sollte dabei folgende Aspekte umfassen:

Qualifizierungsoffensive starten

Eine umfassende Qualifizierungsoffensive mit Fokus auf die Energiewende muss gestartet werden. Die Qualifizierung und Weiterbildung der Beschäftigten der Windindustrie ist die Grundvoraussetzung, um die Technologieführerschaft erhalten und neue Technologiefelder erschließen zu können. Dabei muss es auch darum gehen, die Beschäftigten beispielsweise auf die Anforderungen im Hinblick auf den Aufbau einer grünen Wasserstoffwirtschaft oder den Bau von Konverterplattformen zu qualifizieren.

Dabei sollte eine derartige Qualifizierungsoffensive auch auf Menschen abzielen, die in anderen vom industriellen Strukturwandel betroffenen Branchen arbeiten bzw. sich auf dem allgemeinen Arbeitsmarkt neu orientieren wollen oder müssen. Insofern geht es dabei einerseits um Qualifizierung und andererseits um die Schaffung von Voraussetzungen für einen potenziellen Beschäftigungsaufwuchs.

Ausbildungsaktivitäten erhöhen

Die Betriebe der Branche müssen ihre Ausbildungsaktivitäten deutlich ausbauen. Mit Blick auf die Klimaschutzziele ist die betriebliche Ausbildung ein zentraler Baustein zur Sicherung der erwarteten höheren Fachkräftebedarfe von morgen. In dem Zusammenhang muss ggf. auch überprüft werden, inwiefern das Spektrum der Ausbildungsberufe erweitert bzw. ergänzt werden kann um speziell auf die Windindustrie ausgerichtete Ausbildungsberufe, z. B. für den Servicebereich.

Gleichzeitig ist zu überlegen, ob Verbundausbildungen im Servicebereich möglich sind. Betriebe aus dem Onshore-Bereich und dem Offshore-Bereich könnten so ihre jeweiligen Ausbildungsinhalte gegenseitig ergänzen und den Auszubildenden so einen Einblick in beide Bereiche bieten. Aktuell sind Ausbildungen im Offshore-Servicebereich allein aufgrund sicherheitsrelevanter Bestimmungen und Vorgaben nur schwer möglich. Neuartige Ausbildungsmodelle könnten zudem einen Beitrag zur Steigerung der Attraktivität der Branche leisten.

Tarifbindung ausbauen

Um die Attraktivität der Arbeit in der Windindustrie zu erhöhen, sollte die Tarifbindung in der Branche ausgebaut werden. Gute Arbeitsbedingungen, Tariflöhne und Mitbestimmung steigern die Attraktivität der Arbeit in der Branche und sorgen dafür, dass die Betriebe bei der Suche nach Fachkräften auch mit Betrieben anderer Branchen konkurrieren können. Ein Fokus sollte dabei unter anderem auf der Erschließung von Betrieben im Bereich „Service und Wartung“ liegen, der in den vergangenen Jahren enorm an Bedeutung hinzugewonnen hat und in dem Mitbestimmung und Tariferträge aktuell noch selten vorzufinden sind.

Beschäftigung in der gesamten Wertschöpfungskette halten und ausbauen

Die deutsche Windindustrie hat in den vergangenen Jahren an Fertigungstiefe verloren und weitere Einschnitte an der Wertschöpfungskette werden von Betriebsräten der Branche befürchtet. Mit Blick auf die zukünftige strategische Ausrichtung der Windindustrie sollte verhindert werden, dass zentrale industrielle Kerne der Branche aus der Wertschöpfungskette verloren gehen.

fungskette in Deutschland verschwinden. Vielmehr sollte es Ziel sein, die Beschäftigung in sämtlichen Teilen der Wertschöpfungskette zu halten und auszubauen und die Wertschöpfungskette perspektivisch zu erweitern um den Plattformbau. Hierfür werden ebenfalls Fachkräfte benötigt, die über die notwendigen Kenntnisse verfügen bzw. entsprechend qualifiziert werden müssen.

7.2.2 Kriterienkatalog bei Ausschreibungen erweitern

Die ausschließliche Fixierung auf die Preise bei der Vergabe von Aufträgen für den Bau von Windenergieanlagen bzw. Windparks im Rahmen von Ausschreibungen ist kritisch zu sehen. Der Kostendruck in der gesamten Branche hat im Zuge der Umstellung auf das Ausschreibungsverfahren erheblich zugenommen und wirkt sich teilweise negativ auf die Arbeitsbedingungen aus.

Tariflöhne und Mitbestimmung können dazu beitragen, zu verhindern, dass der Kostendruck zu Lasten der Arbeitnehmer*innen geht. Zu überlegen ist daher, ob Tariflöhne als qualitatives Kriterium bei Ausschreibungen miteinbezogen werden können. In den vergangenen Branchenbefragungen wurde dieses Anliegen von einem Großteil der Betriebsräte der Branche unterstützt.

Ein weiteres Kriterium für Ausschreibungen könnte der Anteil an der regionalen Wertschöpfung sein – als Reaktion auf die Local-Content-Bestimmungen in zahlreichen anderen Ländern: Unternehmen, die mit guten, tariflich geregelten Arbeitsbedingungen Windenergieanlagen in Deutschland herstellen, aufbauen oder betreiben, könnten so bei der Vergabe Vorrang haben.

Gleichzeitig sollten bei einer „grünen Branche“ wie der Windindustrie auch Nachhaltigkeitskriterien eine Rolle bei der Vergabe von Aufträgen spielen, wie z. B. die CO₂-Bilanz im Zusammenhang mit der Planung, Produktion, Errichtung und dem Abbau (Recycling) der Windenergieanlagen sowie den damit verbundenen logistischen Aufwänden.

Zu überlegen ist in diesem Zusammenhang auch, ob die aufgeführten Kriterien bei mehreren Angeboten in gleicher Höhe ggf. den entscheidenden Ausschlag geben könnten, anstatt ein Los entscheiden zu lassen.

7.2.3 Evaluation der Offshore-Arbeitszeitverordnung

Die Arbeitsbedingungen im Service sind speziell. Insbesondere die im Jahr 2013 verabschiedete „Verordnung über die Arbeitszeit bei Offshore-

Tätigkeiten (Offshore-ArbZV)“ erlaubt bei der Arbeit auf Offshore-Windenergieanlagen Arbeitszeiten, die stark von den „normalen Arbeitszeiten“ abweichen und einerseits hohe Anforderungen an die Flexibilität der Arbeitnehmer*innen stellen und andererseits auch psychisch belastend sind.

In Kombination mit den Arbeits- bzw. Unterbringungsbedingungen bei der Arbeit im Offshore-Service (extreme Witterungsbedingungen, räumliche Enge, beengte Wohnverhältnisse, Arbeiten in relativer sozialer Isolation, hohe Arbeitsintensität, Zeitdruck) können daraus durchaus Gefahren im Hinblick auf die Sicherheit der Arbeitnehmer*innen resultieren (Mette et al. 2016).

Vor diesem Hintergrund sollte die Offshore-Arbeitszeitverordnung einer Evaluation unterzogen werden, auch angesichts der zukünftig steigenden Ausbauzahlen von Windenergieanlagen auf See und den damit verbundenen erhöhten Bedarfen an Offshore-Service- und Wartungsdienstleistungen.

Im Rahmen dieses Evaluierungsprozesses sollten insbesondere auch Arbeitnehmer*innen zu Wort kommen, die im Offshore-Service tätig sind. Ziel sollte es sein, ergebnisoffen zu prüfen, ob Änderungen an den aktuell geltenden Regelungen möglich sind, die sich auch positiv auf die Sicherheit der Beschäftigten auf den Anlagen auswirken.

7.3 Politische Rahmenbedingungen

Schaffung zusätzlicher geeigneter Flächen für die Windenergie

Zentrale Voraussetzung für einen zügigen Ausbau der Windenergie in Deutschland sind ausreichend ausgewiesene Flächen für Windenergieanlagen. Bislang sind etwa 0,8 Prozent der Fläche Deutschlands für die Windenergie ausgewiesen. Durch verschiedene Einschränkungen wie etwa die Zehn-H-Regelung in Bayern, die besagt, dass der Abstand eines Windrads zu Wohnbebauung mindestens das Zehnfache der Höhe des Windrads betragen muss, anderweitigen Höhenbeschränkungen oder der Untersagung von Windenergie im Wald, wie im Thüringer Waldgesetz, reduziert sich die verfügbare Fläche auf 0,5 Prozent der Landesfläche (Umweltbundesamt 2021).

Wie von verschiedenen Branchenvertreter*innen seit Jahren gefordert, muss für den notwendigen weiteren Ausbau der Windenergie an Land deutlich mehr Fläche zur Verfügung gestellt werden. Unter Branchenvertreter*innen herrscht dabei nahezu Einigkeit darüber, dass pro Bundesland mindestens zwei Prozent als Flächen für die Windenergienutzung

ausgewiesen und als verbindliches raumordnerisches Planungsziel festgelegt werden müssen (Umweltbundesamt 2021).

Die Bundesregierung hat diese Zielmarke im Jahr 2022 aufgegriffen und verschiedene Maßnahmen verabschiedet, damit bis Ende 2032 zwei Prozent der Bundesfläche für die Windenergie an Land ausgewiesen werden. Es wird jedoch im weiteren Verlauf darauf, ankommen, die entsprechenden Flächenplanungen auf regionaler und kommunaler Ebene schnell und pragmatisch zu realisieren und in den zuständigen Behörden auch das dafür erforderliche Personal entsprechend aufzustocken.

Stärkung der Akzeptanz für Windenergieprojekte an Land im Dialog mit Bund, Ländern, Gemeinden und Kommunen

Der Ausbau der Windenergie in Deutschland verzögert sich auch aufgrund zahlreicher Klagen von Bürger*innen gegen den Bau von Windparks in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft. Um den Akzeptanzproblemen in der Bevölkerung vorzubeugen, sollte die Planung von Windparks im engen Dialog mit Bund, Ländern, Gemeinden und Kommunen sowie unter früher Einbeziehung der Bürger*innen erfolgen. Dadurch kann die Akzeptanz entsprechender Bauvorhaben gesteigert werden.

Die im Rahmen der letzten EEG-Novellierung geschaffene Möglichkeit, Kommunen finanziell am Ausbau der Windenergie zu beteiligen (mit bis zu 0,2 Cent pro eingespeiste Kilowattstunde), ist in diesem Zusammenhang ein gutes Instrument, um die Akzeptanz zu erhöhen. Gegebenenfalls können weitere Maßnahmen, die sich unmittelbar positiv für die entsprechenden Regionen bzw. die Anwohner*innen auswirken, die Akzeptanz zusätzlich erhöhen.

Gleichzeitig können auch Tarifverträge dazu beitragen, die Akzeptanz der Windenergie in der Gesellschaft zu verbessern. Sofern die Windindustrie in der Gesellschaft als Branche mit guten Arbeitsbedingungen, fairen Löhnen und gelebter Mitbestimmung wahrgenommen wird, die für „grüne Jobs“ und Wertschöpfung in der Region sorgt, kann dies auch die Akzeptanz des Ausbaus der Windenergie erhöhen.

Genehmigungsverfahren vereinfachen und beschleunigen, personelle Ausstattung der Planungs- und Genehmigungsbehörden verbessern

Der Zeitraum zwischen der Beantragung des Baus eines Windparks und der entsprechenden Genehmigung ist in den vergangenen Jahren stetig länger geworden und beläuft sich inzwischen zum Teil auf mehrere Jahre. Dies hat mehrere Gründe: Die Genehmigungsverfahren sind immer komplexer geworden und die Genehmigungsbehörden sind personell nicht ausreichend ausgestattet.

Um einen zügigen Ausbau der Windenergie in Deutschland gewährleisten zu können, muss die Dauer der entsprechenden Genehmigungsverfahren auf ein angemessenes Maß reduziert werden. In dem Zuge sollten die Genehmigungsverfahren in den Bundesländern vereinheitlicht werden. Gleichzeitig sollte die personelle und auch technische Ausstattung der Behörden verbessert werden, damit der gesamte Prozess der Beantragung, Bearbeitung und Genehmigung schnell und auch digital erfolgen kann.

Die Bundesregierung hat diesbezüglich in den vergangenen Monaten wichtige Entscheidungen getroffen, die dazu beitragen könnten, Genehmigungsverfahren zu vereinfachen und zu beschleunigen.

Repowering erleichtern

Eine weitere Möglichkeit, den Ausbau der Windenergie zu beschleunigen, ist, das Repowering bestehender Anlagen zu erleichtern. Nach Angaben des Bundesverbands WindEnergie werden in den kommenden Jahren 16.000 Megawatt Windenergieleistung aus der EEG-Systematik fallen (Bundesverband WindEnergie 2021b). Werden diese Anlagen ersatzlos rückgebaut, hätte dies enorme Auswirkungen auf den Anlagenbestand und die installierte Leistung in Deutschland.

Gleichzeitig bieten sich dadurch aber auch erhebliche Potenziale, um den Ausbau der Windenergie auf bereits bestehenden und ausgewiesenen Flächen zügig voranzutreiben. Sofern diese in der Bevölkerung bereits etablierten und akzeptierten Standorte nach dem Rückbau mit neuen und deutlich leistungsstärkeren Anlagen bestückt werden, kann dies den Ausbau der Windenergie deutlich beschleunigen. Zudem verringert sich durch die technologische Weiterentwicklung der Anlagen auch die benötigte Anlagenzahl, um den gleichen Ertrag zu generieren, was ebenfalls zu einer erhöhten Akzeptanz führt.

Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass Anreize gesetzt und regulatorische Hürden abgebaut werden. Obwohl die Standorte nach langjähriger Nutzung etabliert und akzeptiert sind, ist die Verfahrensdauer identisch mit Neuplanungen und kann mehrere Jahre betragen.

Erste Vereinfachungen beim Repowering hat die Bundesregierung Mitte 2021 und auch im Jahr 2022 beschlossen – eine umfassende „Repowering-Strategie“, wie sie von verschiedenen Akteuren der Branche gefordert wird, wurde bislang allerdings nicht vorgelegt.

Literatur

- Abel, Andreas (2021): Nordic Yards – große Pläne. In: Ostsee-Zeitung, 29.10.2021.
- Agentur für Erneuerbare Energien (2019): Durchschnittliche Leistung von Windenergieanlagen in Deutschland. www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/durchschnittliche-leistung-von-windenergieanlagen-in-deutschland (Abruf am 10.9.2021).
- Ahrends, Mirco / Görtz, Romy / Horn, Clemens / Wetzl, Linda (2019): USA-Ostküste Offshore-Windenergie. Zielmarktanalyse 2019 mit Profilen der Marktakteure. New York: German American Chamber of Commerce, 9/2019.
- Airswift (2021): Wind energy in Brazil breaks records and creates jobs. www.airswift.com/blog/wind-energy-projects-brazil (2.8.2021; Abruf am 10.9.2021).
- Ajadi, Tayo / Cuming, Victoria / Boyle, Rohan / Strahan, David / Kimmel, Matthias / Logan, Michael / McCrone, Angus (2020): Global Trends in Renewable Energy Investment 2020. Frankfurt am Main: Frankfurt School – UNEP Collaborating Centre.
- AquaVentus (2021): Die grüne Energie-Revolution beginnt in der Nordsee. www.aquaventus.org/ (Abruf am 14.9.2021).
- AquaVentus / BWO / DWV / EEHH / EE.SH / IG Metall Bezirk Küste / Stiftung Offshore-Windenergie (2021): Agenda für eine ambitionierte Offshore Wasserstoffproduktion. <https://aquaventus.org/pressemeldungen/agenda-fuer-eine-ambitionierte-offshore-wasserstoffproduktion/> (10.9.2021; Abruf am 8.12.2022).
- Asendorpf, Dirk (2021): Meer Wind (2021): www.zeit.de/2021/27/erneuerbare-energien-schwimmende-windraeder-baggersee/komplettansicht (30.6.2021; Abruf am 10.9.2021).
- Avutan, Melissa / Seifferer, Larissa (2020): USA-Ostküste Offshore-Windenergie. Zielmarktanalyse 2020 mit Profilen der Marktakteure. New York, 14.8.2020.
- Baker, Erin / Lackner, Matthew (2021): The US just set ambitious offshore wind power targets – what will it take to meet them. <https://theconversation.com/the-us-just-set-ambitious-offshore-wind-power-targets-what-will-it-take-to-meet-them-158136> (31.3.2021; Abruf am 10.9.2021).
- Barla, Shashi (2021): Global wind turbine market: state of play. www.woodmac.com/news/opinion/global-wind-turbine-market-state-of-play/ (14.4.2021; Abruf am 22.10.2021).

- Bathke, Rouben (2021): Ørsted will Wasserstoff auf hoher See erzeugen. www.energate-messenger.de/news/208686/-rsted-will-wasserstoff-auf-hoher-see-erzeugen (8.1.2021; Abruf am 21.10.2021).
- Blazejczak, Jürgen / Edler, Dietmar (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, 5/2021.
- Blechner, Notker (2021): Schub für die Offshore-Windenergie. www.tagesschau.de/wirtschaft/unternehmen/offshore-windmarkt-ausbau-103.html (7.4.2021; Abruf am 19.10.2021).
- Böhmer, Michael / Krampe, Leonard / Lambert, Jannis / Simpson, Richard / Wendring, Paul (2019): Wertschöpfung in der deutschen Onshore-Windindustrie. Szenarien zum künftigen Ausbau der Onshore-Windenergie und Effekte auf Wertschöpfung und Beschäftigung. München: Prognos AG, 10/2019.
- Born, Hartmut / Feil, Alexander / Hohrath, Philipp / Kling, Maximilian / Langner, Florian / Zotz, Ferdinand (2019): Entwicklung eines Konzepts und Maßnahmen für einen ressourcensichernden Rückbau von Windenergieanlagen. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, 10/2019.
- Brandstätt, Christine / Gabriel, Jürgen / Jahn, Karin / Peters, Fabian / Serkowsky, Janik (2018): Innovation Energiespeicher. Chancen der deutschen Industrie. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung.
- Bremerhaven Green Economy (2021): Einladung zur Windforce-Konferenz nach Bremerhaven. <https://green-economy-bremerhaven.de/2021/09/einladung-zur-windforce-konferenz-nach-bremerhaven/> (9/2021; Abruf am 15.10.2021).
- Briese, Dirk (2019): Wachstumsmarkt unter Druck. www.industr.com/de/wachstumsmarkt-unter-druck-2371366 (29.4.2019; Abruf am 14.9.2021).
- Büchele, Ralph / Henzelmann, Torsten / Hoff, Philipp / Wollgam, Gordon (2016): Windkraft Onshore. Neue Spielregeln für einen reifen Markt. München: Roland Berger GmbH.
- Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (2021): BAM errichtet Großversuchsstand zum Test stationärer elektrischer Energiespeicher. www.bam.de/Content/DE/Pressemitteilungen/2021/Energie/2021-02-19-grossversuchsstand-elektrische-energiespeicher.html (19.2.2021; Abruf am 14.9.2021).

- Bundesland Bremen / Hamburg / Mecklenburg-Vorpommern / Niedersachsen / Schleswig-Holstein (2019): Norddeutsche Wasserstoff Strategie. Bremen, 7.12.2019.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2016): Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. Berlin, 11/2016.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2014): Bestehende „Local-Content-Regelungen“. Berlin, 9/2014.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020a): Die Nationale Wasserstoffstrategie. Berlin, 6/2020.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020b): EEG-Umlage sinkt 2021. www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2020/11/Meldung/News1.html (Abruf am 12.10.2021).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020c): Ein Stromnetz für die Energiewende. www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/netze-und-netzausbau.html (Abruf am 10.9.2021).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021a): Aktuelle Informationen: Erneuerbare Energien im Jahr 2021. www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Aktuelle-Informationen/aktuelle-informationen.html (Abruf am 19.10.2021).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021b): Bundeswirtschaftsministerium legt ausführliche Analyse des Stromverbrauchs 2030 vor. www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2021/11/20211116-bundeswirtschaftsministerium-legt-ausfuehrliche-analyse-des-stromverbrauchs-2030-vor.html (16.11.2021; Abruf am 23.11.2021).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021c): Im Fokus: EEG-Novelle ebnet den Weg zu den Klimazielen. Berlin, 25.2.2021.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021d): Klimaschutzplan 2050. www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/klimaschutz-klimaschutzplan-2050.html (Abruf am 18.10.2021).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2021e): Staatssekretär Feicht: „Wir wollen Wertschöpfung und Beschäftigung der Offshore-Wind-Branche sichern und stärken“. www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2021/08/20210830-staatsekretaer-feicht-wir-wollen-wertschoepfung-und-beschaeftigung-der-offshore-wind-branche-sichern-und-staerken.html (30.8.2021; Abruf am 24.10.2021).

- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022a):
Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien 2000 bis 2021.
Berlin. www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/zeitreihe-der-beschaeftigungszahlen-seit-2000.pdf (5/2022; Abruf am 10.12.2022).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022b):
Überblickspapier Osterpaket. Berlin, 6.4.2022.
- Bundesregierung (2020): Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes und weiterer energierechtlicher Vorschriften. Berlin.
- Bundesregierung (2021a): Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG 2021). Berlin, 16.7.2021.
- Bundesregierung (2021b): Mehr Rückenwind für den Strom – auch seitens der EU. www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/fuer-mehr-windenergie-auf-see-1757176 (22.1.2021; Abruf am 21.10.2021).
- Bundesregierung (2022a): Beschleunigter Ausbau-Mehr Windenergie auf See. www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/windenergie-auf-see-gesetz-2022968#:~:text=Der%20Ausbau%20der%20Offshore%2DWindenergie,mindestens%2070%20Gigawatt%20erzeugt%20werden (8.7.2022; Abruf am 23.9.2022).
- Bundesregierung (2022b): Mehr Windenergie für Deutschland. www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/wind-an-land-gesetz-2052764 (6.10.2022; Abruf am 23.10.2022).
- Bundesregierung (2022c). Osterpaket für Energiewende vom Bundesrat gebilligt. www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/novellierung-des-eeg-gesetzes-2023972 (8.7.2022; Abruf am 23.9.2022).
- Bundesverband Solarwirtschaft (2020): Stellungnahme EEG-Novelle 2021. Berlin, 29.10.2020.
- Bundesverband WindEnergie (2019a): Aktionsplan für mehr Genehmigungen von Windenergieanlagen an Land. Gemeinsam mit Bund, Ländern und Kommunen Flächen bereitstellen und mehr Genehmigungen ermöglichen. Berlin, 7/2019.
- Bundesverband WindEnergie (2019b): Rückbau und Recycling von Windenergieanlagen. Berlin, 11/2019.

- Bundesverband WindEnergie (2020a): Maßnahmenplan Weiterbetrieb von Windenergieanlagen nach 20 Jahren/20+. www.wind-energie.de/fileadmin/redaktion/dokumente/publikationen-oeffentlich/themen/04-politische-arbeit/01-gesetzgebung/20200707_Massnahmenplan_Weiterbetrieb_von_Windenergieanlage_nach_20_Jahren_Final.pdf (Abruf am 21.10.2021).
- Bundesverband WindEnergie (2020b): Windenergie an Land – Historischen Tiefstand durch mehr Genehmigungen und Flächen schnellstmöglich überwinden. www.wind-energie.de/presse/pressemitteilungen/detail/windenergie-an-land-historischen-tiefstand-durch-mehr-genehmigungen-und-flaechen-schnellstmoeeglich-ue/ (28.1.2020; Abruf am 18.10.2021).
- Bundesverband WindEnergie (2020c): Windindustrie in Deutschland 2020. BWE Branchenreport. Berlin.
- Bundesverband WindEnergie (2021a): BWE-Vorschläge zur Beschleunigung und Erleichterung des Repowering von Windenergieanlagen. Berlin.
- Bundesverband WindEnergie (2021b): Erste Schritte für erleichtertes Repowering – zusätzliche Maßnahmen für mehr Genehmigungen erforderlich. www.wind-energie.de/presse/pressemitteilungen/detail/erste-schritte-fuer-erleichtertes-repowering-zusaetzliche-massnahmen-fuer-mehr-genehmigungen-erforderl/ (22.6.2021; Abruf am 27.10.2021).
- Bundesverband WindEnergie (2021c): Planung von Windenergieanlagen. www.wind-energie.de/themen/mensch-und-umwelt/planung/ (Abruf am 23.11.2021).
- Bundesverband WindEnergie (2021d): Recycling of Rotor Blades. www.bwe-seminare.de/veranstaltungen-recycling-rotor-blades (Abruf am 12.10.2021).
- Bundesverband WindEnergie (2021e): Rückbau – alles gut geregelt. www.wind-energie.de/themen/anlagentechnik/rueckbau/ (Abruf am 14.9.2021).
- Bundesverband WindEnergie (2021f): Windindustrie in Deutschland 2021. BWE Branchenreport. Berlin.
- Bundesverfassungsgericht (2021): Verfassungsbeschwerden gegen das Klimaschutzgesetz teilweise erfolgreich. www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/bvq21-031.html (29.4.2021; Abruf am 19.10.2021).
- buten un binnen (2021): Windforce in Bremerhaven. www.butenunbinnen.de/nachrichten/gesellschaft/windforce-windenergie-bremerhaven-100.html (Abruf am 1.7.2021).

- Costa, Ángel M. / Orosa, José A. / Vergara, Diego / Fernández-Arias, Pablo (2021): New Tendencies in Wind Energy Operation and Maintenance. In: Applied Sciences 11, H. 4, S. 1386.
- Deutsche Welle (2019): Power-to-X: Klimaneutrale Energie statt Erdöl und Gas. www.dw.com/de/power-to-x-klimaneutrale-energie-statt-erd%C3%B6l-gas-wasserstoff-ptx-ptl-energie-wende-chemie-fliegen/a-51440596 (25.12.2019; Abruf am 21.12.2022).
- Deutsche WindGuard GmbH (2022a): Status des Offshore-Windenergieausbaus in Deutschland, Jahr 2021. Varel.
- Deutsche WindGuard GmbH (2022b): Status des Windenergieausbaus an Land in Deutschland, Jahr 2021. Varel.
- Deutscher Bundestag (2018): Bedrohte Arbeitsplätze in der deutschen Windindustrie. Berlin, 14.9.2018.
- Deutscher Bundestag (2021a): Bundestag verschärft das Klimaschutzgesetz. www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2021/kw25-de-klimaschutzgesetz-846922 (24.6.2021; Abruf am 21.10.2021).
- Deutscher Bundestag (2021b): Regelungen des Mindestabstands von Windenergieanlagen zu Wohngebieten in ausgewählten europäischen Staaten. Berlin, 10.2.2021.
- Deutscher Bundestag (2021c): Rückläufiger Zubau bei Windenergie an Land. Berlin, 30.1.2021.
- Deutscher Bundestag (2021d): Situation der Energiespeicher in Deutschland. Berlin, 21.6.2021.
- Deutscher Industrie- und Handelskammertag (2020): Going International 2020. Erfahrungen und Perspektiven der deutschen Wirtschaft im Auslandsgeschäft – Ergebnisse der IHK-Unternehmensumfrage. Berlin, 4/2020.
- Deutschlandfunk (2021): Die neue Klimadiplomatie der USA. www.deutschlandfunk.de/biden-will-co2-emissionen-senken-die-neue-klimadiplomatie-100.html (25.4.2021; Abruf am 10.9.2021).
- Dispan, Jürgen / Schwarz-Kocher, Martin (2018): Digitale Transformation im Maschinen- und Anlagenbau. Momentaufnahme zu Strategien, Stand und Wirkungen der Digitalisierung. Frankfurt am Main: IG Metall.
- ECOREporter (2020): Windturbinenbauer: Vestas und Co. wachsen weltweit weiter. www.ecoreporter.de/artikel/vestas-und-co-bauen-marktanteil-wohl-deutlich-weiter-aus/ (4.12.2020; Abruf am 10.9.2021).

- EE-news (2020): Exportinitiative: Saudi-Arabien investiert 50 Milliarden US-Dollar in erneuerbare Energie. www.ee-news.ch/de/article/42983/exportinitiative-saudi-arabien-investiert-50-milliarden-us-dollar-in-erneuerbare-energien (30.1.2020; Abruf am 10.9.2021).
- Ekstrand, Lisa (2020): Zero-waste turbines by 2040. www.vestas.com/en/media/blog/sustainability/20200511_zero-waste-turbines#! (11.5.2020; Abruf am 14.9.2021).
- en:former (2021a): Präsident Biden gibt Startschuss für Offshore-Wind in den USA. 30 Gigawatt bis 2030 – seine Ankündigung dürfte vielen Projekten in der Pipeline einen Schub geben. www.en-former.com/praesident-biden-gibt-startschuss-fuer-offshore-wind-in-den-usa/ (9.4.2021; Abruf am 10.9.2021).
- en:former (2021b): Windenergie-Ausbau in den USA bricht in 2020 Rekorde. www.en-former.com/windenergie-ausbau-in-den-usa-bricht-in-2020-rekorde/ (Abruf am 22.10.2021).
- Europäische Kommission (2020a): Eine EU-Strategie zur Nutzung des Potenzials der erneuerbaren Offshore-Energie für eine klimaneutrale Zukunft. Brüssel, 19.11.2020.
- Europäische Kommission (2020b): Eine Wasserstoffstrategie für ein klimaneutrales Europa. Brüssel, 8.7.2020.
- Europäische Kommission (2020c): Integrated National Energy and Climate Plan 2021–2030. Brüssel, 20.1.2020.
- Europäische Kommission (2021a): Optimization of floating wind turbines using innovative control techniques and fully coupled open source engineering tool. <https://cordis.europa.eu/project/id/101007142/de> (Abruf am 15.10.2021).
- Europäische Kommission (2021b): The EU Blue Economy Report. Luxemburg.
- Fachagentur Windenergie an Land (2021): Umfrage zur Akzeptanz der Windenergie an Land. Berlin, 10/2021.
- Fischer, Andreas / Kube, Roland (2020a): 20 Jahre EEG: Investitionsmotor und Kostentreiber. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft (IW).
- Fischer, Andreas / Kube, Roland (2020b): Breite Mehrheit für Windkraft. In: IW-Kurzbericht 6/2020.
- Fortune Business Insights (2021): Wind Turbine Operation and Maintenance Market. www.fortunebusinessinsights.com/wind-turbine-operation-and-maintenance-market-102757 (4/2021; Abruf am 14.9.2021).

- Geinitz, Christian (2021): 800.000 Fachkräfte für die Klimaneutralität gesucht. www.faz.net/aktuell/wirtschaft/klima-nachhaltigkeit/energiewende-in-deutschland-arbeitskraeftemangel-im-klimaschutz-17350927.html (21.5.2021; Abruf am 23.11.2021).
- Global Wind Energy Council (2021): Global Wind Report 2021. Brüssel.
- GOV.UK (2020): New plans to make UK world leader in green energy. www.gov.uk/government/news/new-plans-to-make-uk-world-leader-in-green-energy (6.10.2020; Abruf am 10.9.2021).
- Grashof, Katherina / Dröschel, Barbara (2018): Ausschreibungen für Windenergie an Land: Erfahrungen in acht Ländern. Berlin, Saarbrücken: Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme, 10.5.2018.
- Hautmann, Daniel (2018): Windrad ahoi! <https://energiewinde.orsted.de/trends-technik/schwimmende-windkraftanlagen> (25.1.2018; Abruf am 14.9.2021).
- Hautmann, Daniel (2020): Die Windkraft schwimmt sich frei. <https://energiewinde.orsted.de/trends-technik/floating-wind-schwimmt-sich-frei> (11.9.2020; Abruf am 14.9.2021).
- Hautmann, Daniel (2021): Windkraft: Ansturm aufs Meer. www.heise.de/hintergrund/Windkraft-Ansturm-aufs-Meer-6003871.html (6.4.2021; Abruf am 12.10.2021).
- Hecking, Claus (2019): Dänemark plant künstliche Energieinsel zur Herstellung von Wasserstoff. www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/daenemark-plant-kuenstliche-energie-insel-zur-herstellung-von-wasserstoff-a-1300931.html (12.12.2019; Abruf am 10.9.2021).
- Hirschle, Alexander (2020): Massiver Ausbau von Offshore-Windenergie geplant. www.gtai.de/gtai-de/trade/branchen/branche-kompakt/taiwan/massiver-ausbau-von-offshore-windenergie-geplant-533406 (2.10.2020; Abruf am 14.9.2021).
- Hoch, Markus / Münch, Claudia / Kreidelmeyer, Sven / Kreuzer, Philipp / Reich, Tamra / Willer, Eva (2021): Ökologische Transformation und duale Ausbildung in Bremen. Analyse des Fachkräftebedarfs und -angebots. Bremen: Arbeitnehmerkammer Bremen, 9/2021.
- Hoffmann, Charlotte (2021): Markthemmnisse. www.gtai.de/gtai-de/trade/branchen/branchenbericht/vereinigtes-koenigreich/markthemmnisse-im-windsektor-540134 (24.11.2021; Abruf am 14.12.2021).
- Hook, Sandra (2018): Energiewende: Von internationalen Klimaabkommen bis hin zum deutschen Erneuerbaren-Energien-Gesetz. In: Kühne, Olaf / Weber, Florian (Hrsg.): Bausteine der Energiewende. Wiesbaden: Springer, S. 21–54.

- Hübner, Gundula / Pohl, Johannes / Warode, Jan / Gotchev, Boris / Ohlhorst, Dörte / Krug, Michael / Salecki, Steven / Peters, Wolfgang (2020): Akzeptanzfördernde Faktoren erneuerbarer Energien. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- IG Metall (2021): Fit for 55. Expertenpapier zur aktuellen Treibhausgas-Reduktion: Konsequenzen für Technologien, Antriebe und Beschäftigung. Frankfurt am Main, 7/2021.
- IG Metall Bezirk Küste (2017): Umfrage unter den Betriebsräten der Windindustrie 2017. Hamburg.
- IG Metall Bezirk Küste (2018): Umfrage unter den Betriebsräten der Windindustrie 2018. Hamburg.
- IG Metall Bezirk Küste (2019): Umfrage unter den Betriebsräten der Windindustrie 2019. Hamburg.
- IG Metall Bezirk Küste (2020a): Umfrage unter den Betriebsräten der Windindustrie 2020. Hamburg.
- IG Metall Bezirk Küste (2020b): Wir machen Wind. <https://kueste.igmetall.de/branchen/wind/wir-machen-wind> (Abruf am 19.8.2021).
- IG Metall Bezirk Küste (2021a): Umfrage unter den Betriebsräten der Windindustrie 2016–2021. Hamburg.
- IG Metall Bezirk Küste (2021b): Umfrage unter den Betriebsräten der Windindustrie 2021. Hamburg.
- IG Metall Bezirk Küste (2022): Umfrage unter den Betriebsräten der Windindustrie 2022. https://kueste.igmetall.de/download/2022_09_21_Ergebnisse_Umfrage_Windindustrie_2022_1.pdf (Abruf am 22.9.2022).
- IG Metall Windindustrie-Netzwerktreffen (2021): Präsentation Amprion Offshore GmbH. Hamburg, 10.3.2021.
- IHK Nord (2021): HY-5: Gemeinsame Sache für grünen Wasserstoff. www.ihk-nord.de/hy-5-wasserstoff-5121912 (Abruf am 14.9.2021).
- Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (2021): Maritime Wertschöpfung und Beschäftigung in Deutschland. Bremen, 4/2021.
- Internationale Energieagentur (2020): Renewables 2020. Analysis and forecast to 2025. Paris, 11/2020.
- Internationale Energieagentur (2021): Net Zero by 2050. A Roadmap for the Global Energy Sector. Paris.
- Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (2019): Siemens Gamesa liefert Windkraftanlagen nach Indien. www.iwr.de/news/siemens-gamesa-liefert-windkraftanlagen-nach-indien-news35779 (31.1.2019; Abruf am 14.12.2021).

- Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (2021a):
Chinesische MingYang stellt 16 MW Offshore Windturbine vor.
www.iwr.de/ticker/mega-windkraftanlagen-chinesische-mingyang-stellt-16-mw-offshore-windturbine-vor-artikel3583 (30.8.2021; Abruf am 25.10.2021).
- Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (2021b):
Dänemark errichtet weltweit ersten Windenergie-Hub als künstliche Insel in der Nordsee. www.iwr.de/news/daenemark-errichtet-weltweit-ersten-windenergie-hub-als-kuenstliche-insel-in-der-nordsee-news37232 (8.2.2021; Abruf am 10.9.2021).
- Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (2021c):
Schaden durch Ausbaustopp. WAB beklagt Fachkräftemangel in der Offshore Windindustrie. www.iwr.de/ticker/schaden-durch-ausbaustopp-wab-beklagt-fachkraeftemangel-in-der-offshore-windindustrie-artikel3521 (11.8.2021; Abruf am 23.11.2021).
- Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (2021d):
Siemens Gamesa für Offshore Windparks als bevorzugter Lieferant bestätigt. www.iwr.de/ticker/taiwan-siemens-gamesa-fuer-offshore-windparks-als-bevorzugter-lieferant-bestaetigt-artikel3249 (12.5.2021; Abruf am 10.9.2021).
- Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (2021e):
Taiwanesisches Offshore Großprojekt von Ørsted erreicht Meilenstein. www.iwr.de/news/taiwanesisches-offshore-grossprojekt-von-rsted-erreicht-meilenstein-news37329 (29.3.2021; Abruf am 10.9.2021).
- Janczura, Sarah / Sieben, Peter (2020): Windenergie: Boom in Asien lockt deutsche Unternehmen. www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/energie/windenergie-boom-in-asien-lockt-deutsche-unternehmen/ (2.12.2020; Abruf am 10.9.2021).
- Kern, Verena (2020): Riesen auf See lernen schwimmen. www.klimareporter.de/strom/riesen-auf-see-lernen-schwimmen (13.6.2020; Abruf am 10.9.2021).
- König, Andreas (2021): Vom Rotorblatt zum Autotürgriff. www.tagesschau.de/wirtschaft/technologie/windrad-rotorblaetter-recycling-101.html (27.7.2021; Abruf am 10.9.2021).
- Kruse, Mirko (2020): Energiewende: Wo bleibt das langfristige Denken bei der Offshore-Windenergie? In: Wirtschaftsdienst 100, H. 9, S. 695–700.
- Kühne, Olaf / Weber, Florian (2018): Bausteine der Energiewende – Einführung, Übersicht und Ausblick. In: Kühne, Olaf / Weber, Florian (Hrsg.): Bausteine der Energiewende. Wiesbaden: Springer, S. 3–19.

- Kunz, Claudia (2019): Energiespeicher: Technologien und ihre Bedeutung für die Energiewende. Berlin: Agentur für Erneuerbare Energien, 11/2019.
- Küper, Malte / Schaefer, Thilo (2021): Wasserstoffstrategie: Bundesregierung verschätzt sich bei Importen bis 2030. www.iwkoeln.de/presse/pressemitteilungen/malte-kueper-thilo-schaefer-bundesregierung-verschaetzt-sich-bei-importen-bis-2030.html (18.11.2021; Abruf am 23.11.2021).
- Lee, Joyce / Zhao, Feng (2020): Global Offshore Wind Report 2020. Brüssel: Global Wind Energy Council, 5.8.2020.
- Lehr, Ulrike / Flaute, Markus (2016): Gesamtwirtschaftliche Wirkungen der Exporttätigkeit der deutschen PV- und Windindustrie: Der Aufbau internationaler Wertschöpfungsketten und Deutschlands Rolle auf dem Weltmarkt für Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien. Osnabrück: Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS).
- Ludwig, Thorsten / Seidel, Holger / Tholen, Jochen (2012): Offshore-Windenergie. Perspektiven für den deutschen Schiffbau. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung.
- Lüers, Silke / Rehfeldt, Knud / Wallasch, Anna-Kathrin (2017): Kostendruck und Technologieentwicklung im Zuge der ersten Ausschreibungsrunden für die Windenergie an Land. Varel: Deutsche WindGuard GmbH, 28.9.2017.
- Lütkemeyer, Stefan (2018): Innovative WEA-Technologien für zukünftige Marktanforderungen. Aurich: ENERCON GmbH, 11/2018.
- Maly, Christian / Schomerus, Thomas (2018): Zur Vergangenheit und Zukunft des Erneuerbare-Energien-Gesetzes. In: Holstenkamp, Lars / Radtke, Jörg (Hrsg.): Handbuch Energiewende und Partizipation. Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 1117–1133.
- Mette, Janika / Velasco Garrido, Marcial / Preisser, Alexandra M. / Harth, Volker / Mache, Stefanie (2016): Psychische Belastung von Beschäftigten in der deutschen Offshore-Windindustrie. In: Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie 66, H. 5, S. 307–311.
- Nagengast, Johann (2020): Großbritannien will zum „Saudi-Arabien der Windkraft“ werden. <https://energyload.eu/energiewende/europa/grossbritannien-windkraft/> (19.10.2020; Abruf am 10.9.2021).
- Netzwerkagentur Erneuerbare Energien Schleswig-Holstein (2016): Rettungsketten auf See – Konzepte und Praxisberichte. <https://ee-sh.de/de/aktuelles/archiv/20161018Branchenfokus.php> (18.10.2016; Abruf am 12.10.2021).

- Niedersachsen Aviation (2016): Jahresnetzwerktreffen Niedersachsen Aviation. https://na.flybots.info/sites/default/files/2019-11/Northern_Helicopter.pdf (15.12.2016; Abruf am 12.10.2021).
- Nikionok-Ehrlich, Angelika (2020): Infopaket Klimaschutz. Frankfurt am Main: IG Metall, 12/2020.
- Nordex SE (2020): Nordex Group erhält Auftrag über 62 MW aus Großbritannien. www.nordex-online.com/de/2020/10/nordex-se-nordex-group-erhaelt-auftrag-ueber-62-mw-aus-grossbritannien (9.10.2020; Abruf am 10.9.2021).
- Nordex SE (2021): Geschäftsbericht 2020. Hamburg, 23.3.2021.
- OECD (2015): OECD-Wirtschaftsausblick. Paris, 6/2015.
- Offshore Wind Port Bremerhaven (2013): Windstadtplan Bremerhaven. <https://offshore-windport.de/fileadmin/downloads/WindstadtPlan.pdf> (Abruf am 21.10.2021).
- Ørsted (2020a): Die Windkraft schwimmt sich frei. <https://energiewinde.orsted.de/trends-technik/floating-wind-schwimmt-sich-frei> (11.9.2020; Abruf am 21.10.2021).
- Ørsted (2020b): Ørsted in Deutschland. Auf dem Weg in eine grüne Zukunft. Hamburg, 1/2020.
- Ørsted (2020c): Ørsted nimmt ersten Offshore-Windpark in den Niederlanden in Betrieb. <https://orsted.de/presse-media/news/2020/11/orsted-nimmt-ersten-offshore-windpark-in-den-niederlanden-in-betrieb> (27.11.2020; Abruf am 10.9.2021).
- Ørsted (2021): Ørsted steckt neue Unternehmensziele und will Führung im Bereich Nachhaltigkeit ausbauen. <https://orsted.de/presse-media/news/2021/06/orsted-recycling-biodiversity> (3.6.2021; Abruf am 14.9.2021).
- Ostseewelle (2021): Windenergie: Umspannplattformen Perspektive für Werften. www.ostseewelle.de/nachrichten/nachrichtenticker/Windenergie-Umspannplattformen-Perspektive-f%C3%BCr-Werften-id513166.html (8.3.2021; Abruf am 10.9.2021).
- Ostsee-Zeitung (2020): Hoffnung für die MV Werften: Netzbetreiber will Windkraft-Plattformen bauen. www.ostsee-zeitung.de/Nachrichten/MV-aktuell/Hoffnung-fuer-MV-Werften-Netzbetreiber-will-Windkraft-Plattformen-bauen (18.12.2020; Abruf am 13.12.2021).
- Ostsee-Zeitung (2021): Wie weiter auf der Werft? Diese beiden Stralsunder haben einen Plan bis 2050 – mindestens. www.ostsee-zeitung.de/Vorpommern/Stralsund/Wie-weiter-auf-der-MV-Werft-Diese-beiden-Stralsunder-haben-einen-Plan-bis-2050 (12.8.2021; Abruf am 10.9.2021).

- Pagitsch, Michael / Jacobs, Georg / Bosse, Dennis (2019): Digitalisierung in der Windenergie – die nächste Stufe der Effizienz. Aachen: CWD – Center for Wind Power Drives.
- Penn, Ivan (2021): Offshore Wind Farms Show What Biden's Climate Plan Is Up Against. www.nytimes.com/2021/06/07/business/energy-environment/offshore-wind-biden-climate-change.html (7.6.2021; Abruf am 10.9.2021).
- Pieprzyk, Björn / Stark, Matthias (2021): Das „BEE-Szenario 2030“. 65 Prozent Treibhausgasminderung bis 2030 – Ein Szenario des Bundesverbands Erneuerbare Energie (BEE). Berlin: Bundesverband Erneuerbare Energie e.V., 4/2021.
- Preuß, Olaf (2021): Warum Cuxhaven das erfolgreiche Zentrum der deutschen Windkraft-Industrie ist. www.welt.de/regionales/hamburg/article233017183/Ideale-Bedingungen-Warum-Cuxhaven-das-erfolgreiche-Zentrum-der-deutschen-Windkraft-Industrie-ist.html (10.8.2021; Abruf am 10.9.2021).
- Pubantz, Frank (2021): MV Werften planen neue Schiffe – Zulieferer skeptisch. In: Ostsee-Zeitung, 20.10.2021.
- Quentin, Jürgen (2021): EEG 2021: Ausschreibungsspezifische Regelungen für Windenergieanlagen an Land. Berlin.
- RedaktionsNetzwerk Deutschland (2020): So steht es um den Ausbau des Stromnetzes in Deutschland. www.rnd.de/politik/stromnetz-deutschland-so-steht-es-um-den-ausbau-der-stromtrassen-OJEG3NBWQ3EZHVH36XSJRFVWKE.html (29.7.2020; Abruf am 21.12.2022).
- RenewableUK (2021): Wind Energy Statistics. www.renewableuk.com/page/UKWEDhome (Abruf am 10.9.2021).
- REVE (2020): Wind energy in Brazil can be multiplied by ten by 2050. www.evwind.es/2020/10/07/wind-energy-in-brazil-can-be-multiplied-by-ten-by-2050-2/77627 (7.10.2020; Abruf am 10.9.2021).
- REVE (2021): India is the world's fourth country by cumulative wind energy capacity – currently at 38GW. www.evwind.es/2021/01/06/india-is-the-worlds-fourth-country-by-cumulative-wind-energy-capacity-currently-at-38gw/78849 (6.1.2021; Abruf am 10.9.2021).
- Riedl, Anton (2021): Die großen Gewinner des US-Konjunktur-Programms. www.wiwo.de/finanzen/boerse/riedls-dax-radar-die-grossen-gewinner-des-us-konjunktur-programms/27063380.html (1.4.2021; Abruf am 10.9.2021).
- Roth, Ines (.2018): Digitalisierung in der Energiewirtschaft. Technologische Trends und ihre Auswirkungen auf Arbeit und Qualifizierung. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung, 5/2018.

- Rueter, Gero (2019): Fünf Trends: Wie Stromspeicher die Welt verändern. www.dw.com/de/f%C3%BCnf-trends-wie-stromspeicher-die-welt-ver%C3%A4ndern/a-47941037 (9.4.2019; Abruf am 10.9.2021).
- Schlesiger, Christian (2021): Siemens Gamesa beendet China-Geschäft und plant Preiserhöhungen. www.wiwo.de/unternehmen/industrie/windtochter-von-siemens-energy-siemens-gamesa-beendet-china-geschaef-und-plant-preiserhoe-hungen/27549856.html (27.8.2021; Abruf am 10.9.2021).
- Seibel, Philipp (2021): Von Repowering über Recycling zu Zero Waste – Vestas' Ziel einer Kreislaufwirtschaft mit Windenergieanlagen ohne Abfall bis 2040. www.energie-klimaschutz.de/von-repowering-ueber-recycling-zu-zero-waste-vestas-ziel-einer-kreislaufwirtschaft-mit-windenergieanlagen-ohne-abfall-bis-2040/ (26.7.2021; Abruf am 14.9.2021).
- Shah, Ajaz (2021): Indien baut einen Solar-Wind-Megapark mit 30 GW von der Größe Singapurs. <https://energyload.eu/energiewende/international/indien-solar-megapark/> (4.1.2021; Abruf am 10.9.2021).
- Siemens Gamesa (2020): Brazil: Wind is blowing in favor of renewable energy. www.siemensgamesa.com/en-int/explore/journal/2020/05/siemens-gamesa-brazil-wind (7.5.2020; Abruf am 10.9.2021).
- Siemens Gamesa (2021a): DecomBlades consortium awarded funding for a large, cross sector wind turbine blade recycling project. www.siemensgamesa.com/newsroom/2021/01/210125-siemens-gamsa-press-release-decomblades-launched (25.1.2021; Abruf am 14.9.2021).
- Siemens Gamesa (2021b): Siemens Gamesa puts decarbonization, recyclability and technological education at heart of ambitious new sustainability strategy. www.siemensgamesa.com/en-int/newsroom/2021/07/210721-siemens-gamesa-press-release-launches-new-sustainability-strategy (21.7.2021; Abruf am 14.9.2021).
- Siemens Gamesa / Siemens Energy (2021): Siemens Gamesa und Siemens Energy wollen Produktion grünen Wasserstoffs mit Offshore-Wind vorantreiben. <https://press.siemens-energy.com/global/de/pressemitteilung/siemens-gamesa-und-siemens-energy-wollen-produktion-gruenen-wasserstoffs-mit> (13.1.2021; Abruf am 14.9.2021).
- SPD / Bündnis 90/Die Grünen / FDP (2021): Mehr Fortschritt wagen. Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Berlin.

- Statistisches Bundesamt (2020): 30 % Umsatzeinbruch in der Windenergiebranche im Jahr 2018. www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2020/05/PD20_184_325.html (26.5.2020; Abruf am 18.10.2021).
- Statistisches Bundesamt (2021a): Stromerzeugung 2020: 5,9 % weniger Strom ins Netz eingespeist als 2019. www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/03/PD21_101_43312.html (5.3.2021; Abruf am 25.10.2021).
- Statistisches Bundesamt (2021b): Umsatz und Beschäftigte für den Umweltschutz. Fachserie 19 Reihe 3.3, 2011–2019. Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2021c): Umsatz und Beschäftigte für den Umweltschutz 2019. Fachserie 19 Reihe 3.3. Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2022): Pressemitteilung Nr. 116 vom 17. März 2022. www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/03/PD22_116_43312.html (Abruf am 16.8.2022).
- Stede, Jan / May, Nils (2019): Strikte Mindestabstände bremsen den Ausbau der Windenergie. In: DIW Wochenbericht, H. 86, S. 895–903.
- Stiftung Offshore-Windenergie (2021a): Offshore-Windenergie – Sauberer Strom vom Meer. www.offshore-stiftung.de/offshore-windenergie (Abruf am 14.9.2021).
- Stiftung Offshore-Windenergie (2021b): Olaf Lies: „Grüner Wasserstoff und Windenergie auf See sind zentrale Säule der Energiewende und schaffen Industriearbeitsplätze in Niedersachsen“. www.offshore-stiftung.de/olaf-lies-%E2%80%99Egr%C3%BCner-wasserstoff-und-windenergie-auf-see-sind-zentrale-s%C3%A4ule-der-energiewende-und (4.2.2021; Abruf am 14.9.2021).
- Strom-Forschung.de (2019): Neue Wartungskonzepte für Offshore Windparks. www.strom-forschung.de/projekte/Windenergie/OffshoreTimes-neue-wartungskonzepte-fuer-offshore-windparks (3.5.2019; Abruf am 21.10.2021).
- tagesschau.de (2021): China setzt verstärkt auf Windkraft. www.tagesschau.de/wirtschaft/china-setzt-verstaerkt-auf-windkraft-101.html (21.1.2021; Abruf am 10.9.2021).
- Umweltbundesamt (2019): Auswirkungen von Mindestabständen zwischen Windenergieanlagen und Siedlungen. Dessau-Roßlau, 3/2019.
- Umweltbundesamt (2020): Netzausbau. www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energieversorgung/netzausbau#notwendigkeit-des-netzausbaus (22.12.2020; Abruf am 15.10.2021).

- Umweltbundesamt (2021a): Emissionsquellen.
www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen/emissionsquellen#energie-stationar (5.7.2021; Abruf am 10.9.2021).
- Umweltbundesamt (2021b): Vorjahreschätzung der deutschen Treibhausgas-Emissionen für das Jahr 2020. Dessau-Roßlau, 15.3.2021.
- Umweltbundesamt (2021c): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. Unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat). Stand: Februar 2021. Dessau-Roßlau, 2/2021.
- Vereinte Nationen (2015): Paris Agreement. Paris.
- Weber, Tilman (2019): Servicekosten auf dem Meer sinken.
www.erneuerbareenergien.de/technik/windtechnik/servicekosten-auf-dem-meer-sinken (17.8.2019, Abruf am 14.9.2021).
- Wehrmann, Anne-Katrin (2013): Bau von Konverterplattformen: Pionierarbeit mit Lerneffekt. In: HANSA International Maritime Journal 150, H. 10, S. 70–73.
- Weinhold, Nicole (2019): Neue, günstige Konzepte für den Windkraftservice. www.erneuerbareenergien.de/markt/windmarkt/wartung-und-reparatur-neue-guenstige-konzepte-fuer-den-windkraftservice (24.2.2019; Abruf am 17.9.2021).
- Weinhold, Nicole (2020): Indien will 140 Gigawatt Windkraft – aber auch 40 neue Kohlegruben. www.erneuerbareenergien.de/markt/windmarkt/windmaerkte-international-indien-will-140-gigawatt-windkraft-aber-auch-40-neue (16.8.2020; Abruf am 10.9.2021).
- Westküste 100 (2021): Sektorenkopplung komplett: Grüner Wasserstoff und Dekarbonisierung im industriellen Maßstab.
www.westkueste100.de/ (Abruf am 14.9.2021).
- Wildemann, Horst (2021): Industrialisierung der Windindustrie. Markt- & Technologie- & Kostensenkungspotenziale. München: TCW.
- Wilson, Alex Benjamin (2020): Offshore wind energy in Europe. Brüssel: Wissenschaftlicher Dienst des Europäischen Parlaments (EPRS), 11/2020.
- wind:research GmbH (2019): Wertschöpfung der Offshore Windenergie in Deutschland. Regionale Verteilung und Entwicklung der Marktteilnehmer und der Arbeitsplätze. Bremen.
- wind:research GmbH (2020): Wertschöpfung und Beschäftigung in Baden-Württemberg durch die Windenergie (On-und Offshore). Bremen.

- Windbranche.de (2016): Vestas übernimmt Availon. www.windbranche.de/news/nachrichten/artikel-30518-vestas-bernimmt-availon (21.1.2016; Abruf am 15.10.2021).
- Windbranche.de (2018): Siemens Gamesa sichert sich neue Windprojekte in Spanien. www.windbranche.de/news/nachrichten/artikel-35184-siemens-gamesa-sichert-sich-neue-windprojekte-in-spanien (17.4.2018; Abruf am 10.9.2021).
- Windbranche.de (2019): Nordex erhält 300-MW-Auftrag für Großprojekt in Indien. www.windbranche.de/news/presse/pm-6190-nordex-erhaelt-300-mw-auftrag-fuer-grossprojekt-in-indien (8.1.2019; Abruf am 14.12.2021).
- Windbranche.de (2020): Siemens Gamesa soll größten Offshore Windpark in den USA beliefern. www.windbranche.de/news/nachrichten/artikel-36496-siemens-gamesa-soll-grssten-offshore-windpark-in-den-usa-beliefern (7.1.2020; Abruf am 10.9.2021).
- WindEnergy Hamburg (2021): Siebter WindEnergy trend:index veröffentlicht. Stimmung in der Windindustrie weltweit gut – in Deutschland beste Bewertung seit Beginn des WETix. Hamburg, 9.6.2021.
- WindEurope (2020): Spain submits ambitious 2030 National Plan – Example for other countries to follow. <https://windeurope.org/newsroom/press-releases/spain-submits-ambitious-2030-national-plan-example-for-other-countries-to-follow/> (3.4.2020; Abruf am 10.9.2021).
- WindEurope (2021a): Innovations in floating wind technologies key to futher cost reductions. <https://windeurope.org/newsroom/news/innovations-in-floating-wind-technologies-key-to-futher-cost-reductions/> (9.3.2021; Abruf am 1.11.2021).
- WindEurope (2021b): Offshore Wind in Europe. Key trends and statistics 2020. Brüssel, 2/2021.
- Windkraft-Journal (2019): Vestas wird in Indien ein neues Gondel- und Nabenmontagewerk errichten und die lokalen Fertigungsaufträge vervierfachen. www.windkraft-journal.de/2019/07/10/vestas-wird-in-indien-ein-neues-gondel-und-nabenmontagewerk-errichten-und-die-lokalen-fertigungsauftraege-vervierfachen/137540 (10.7.2019; Abruf am 14.12.2021).
- Windkraft-Journal (2020): Siemens Gamesa liefert 473 MW Windkraftprojekt nach Indien. www.windkraft-journal.de/2020/08/17/siemens-gamesa-liefert-473-mw-windkraftprojekt-nach-indien/152043 (17.8.2020; Abruf am 14.12.2021).

- Windmesse.de (2020): Vestas zieht 443 MW-Deal an Land. <https://w3.windmesse.de/windenergie/news/35298-vestas-sse-renewables-turbinenhersteller-viking-shetlandinseln-europa-windpark-mw-onshore> (20.8.2020; Abruf am 10.9.2021).
- Windmesse.de (2021): Spanien: Anteil von Windstrom steigt. <https://w3.windmesse.de/windenergie/news/36909-aee-spanien-anteil-windstrom-windkraft-strommix-leistung-installation-windkraftanlage-turbine-windpark-job-beschaeftigung-wertschopfung> (25.2.2021; Abruf am 10.9.2021).
- Witsch, Kathrin (2021): Höher, schneller, weiter – China bringt neues Mega-Windrad auf den Markt. <https://app.handelsblatt.com/unternehmen/energie/erneuerbare-energien-hoeher-schneller-weiter-china-bringt-neues-mega-windrad-auf-den-markt/27569272.html?ticket=ST-3211671-HoogmWRfFLeg5zVW9I1z-ap1> (1.9.2021; Abruf am 10.9.2021).
- Witsch, Kathrin / Stratmann, Klaus (2021): Schwimmende Stromfabriken: Vier Tech-Trends auf dem Meer. www.handelsblatt.com/unternehmen/innovationweek/offshore-industrie-schwimmende-stromfabriken-vier-tech-trends-auf-dem-meer/27154878.html?ticket=ST-3297251-tatlwAallS55f9JcGoXX-ap1 (4.5.2021; Abruf am 10.9.2021).
- Wrede, Insa (2021): Wie viel Strom braucht Deutschland? www.dw.com/de/wie-viel-strom-braucht-deutschland/a-58095248 (1.7.2021; Abruf am 23.11.2021).
- Zeit Online (2019): Umweltbundesamt sieht Probleme beim Recycling von Windrädern. www.zeit.de/news/2019-11/01/umweltbundesamt-sieht-probleme-beim-recycling-von-windraedern (1.11.2019; Abruf am 10.9.2021).
- Zeit Online (2021): Aus für Offshore-Terminal Bremerhaven. www.zeit.de/news/2021-11/02/aus-fuer-offshore-terminal-bremerhaven (2.11.2021; Abruf am 23.11.2021).
- Zeitung für kommunale Wirtschaft (2021): Windbranche fordert europaweites Deponierungsverbot für Rotorblätter. www.zfk.de/entsorgung/abfallwirtschaft/windbranche-fordert-europaweites-deponierungsverbot-fuer-rotorblaetter (17.6.2021; Abruf am 10.9.2021).

