

# ERNEUERBARE ENERGIEN ZUR STROM-ERZEUGUNG

## Strom aus Windenergie (Offshore) in Deutschland

### Anlagenleistung (elektrisch):

7,8 GW (2021)

7,8 GW (2020)

### Anlagenanzahl:

1.501 (2021)

1.501 (2020)

### Bruttostromerzeugung:

26,1 TWh (2021)

29,1 TWh (2020)

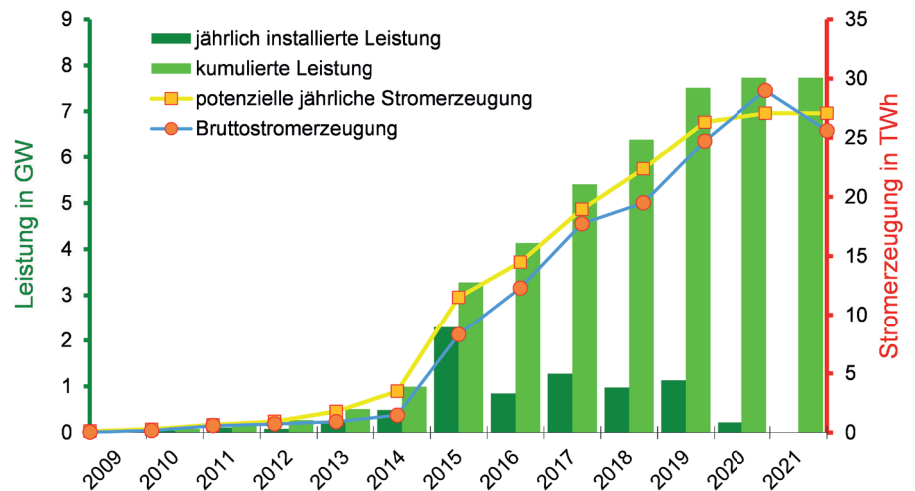


Abb. 1: Stand des Ausbaus der Offshore-Windkraft in Deutschland für die Jahre 2009 bis 2021

## Technischer Ansatz

Die in strömenden Luftmassen enthaltene kinetische Energie kann mithilfe des aero-dynamischen Auftriebs an den Rotorblättern von Windkraftanlagen in eine senkrecht zur Strömungsrichtung des Windes wirkende Kraft und damit in eine mechanische Drehbewegung der Rotorwelle umgewandelt werden. Diese Rotationsenergie wird anschließend mithilfe eines Generators in elektrische Energie transformiert. Da infolge der geringeren Oberflächenrauigkeit über dem Meer (Offshore) im Vergleich zum Land (Onshore) i. Allg. bereits in geringeren Höhen über Grund höhere Windgeschwindigkeiten vorkommen und Offshore noch erhebliche Flächen erschließbar sind, hat diese Option zur Windstromerzeugung in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen.

## Stand der Nutzung

Die kumulierte Leistung der Offshore installierten Windkraftanlagen in Deutschland betrug Ende 2021 7,8 GW (Abb. 1). Diese Leistung verteilt sich auf insgesamt 1 501 Windkraftanlagen, von denen 1 269 in der Nordsee und 232 in der Ostsee errichtet wurden. Insgesamt realisierte dieser Offshore-Windkraftanlagenpark 2021 eine Stromerzeugung von 26,1 TWh. Aufgrund ungünstigerer Windverhältnisse im Jahresverlauf bedeutete dies gegenüber dem Vorjahr bei einem weitgehend gleichgebliebenen Anlagenpark einen Rückgang um etwa 3 TWh (2020: 29,1 TWh)

[1]. Durch die angespannte Lage an den Energiemärkten und die damit einhergehenden Strompreiserhöhungen speziell zum Jahresende stieg der Wert der Stromerzeugung aus Offshore-Windkraft (d. h. mengengewichteter durchschnittlicher Marktwert) hingegen um 236 % gegenüber 2020 (38,2 €/MWh) auf durchschnittlich 90,2 €/MWh [1].

Die bestehenden Offshore-Windkraftanlagen haben durchschnittliche Nennleistungen von 5 192 kW, verfügen über einen Rotordurchmesser von im Mittel rund 133 m und erreichen durchschnittliche Nabenhöhen von etwa 95 m [1]. Seit Beginn des Offshore-Windkraftausbaus wurden sowohl Rotordurchmesser als auch Nennleistungen immer weiter erhöht [1].

Die Offshore-Standorte in Deutschland weisen im Mittel eine Wassertiefe von 30 m und eine durchschnittliche Küstenentfernung von 74 km auf [1]. Infolge des voranschreitenden Ausbaus sind die küstennahen Standorte zunehmend bereits entwickelt, sodass hier der Trend klar in Richtung höherer Wassertiefen und weiterer Entfernungen zur Küste geht. Der Monopile stellt dabei den nach wie vor am häufigsten genutzten Fundamenttyp dar [1].

## Laufende Entwicklungen

Nachdem der Ausbau der Offshore-Windkraftnutzung bereits 2020 stark eingebrochen war, ist er 2021 endgültig zu einem (temporären) Stillstand gekommen – im gesamten Jahr wurden weder Anlagen zusätzlich ans Netz angeschlossen noch neue Anlagen oder

# ERNEUERBARE ENERGIEN ZUR STROM-ERZEUGUNG



## Strom aus Windenergie (Offshore) in Deutschland

Fundamente errichtet [1, 2]. Die insgesamt verfügbare Leistung der Offshore-Windkraft konnte lediglich durch Anlagenupgrades in 132 Bestandsanlagen um 24 MW erhöht werden [1].

Während in den Vorjahren keine neuen Ausschreibungen für den Ausbau der Offshore-Windkraftnutzung stattfanden, erfolgte am 01.09.2021 die erste Ausschreibungsrunde nach dem zentralen Modell für vom Bundesamt für Schifffahrt und Hydrographie (BSH) voruntersuchte Flächen [3]. Hierbei wurden insgesamt drei Offshore-Windparks mit einer kumulierten Leistung von 958 MW bezuschlagt. Für alle Flächen wurden dabei Gebote von 0 €/MWh abgegeben – z. T. sogar mehrere, sodass hier das Losverfahren für die Zuteilung zum Einsatz kam [1, 4]. Für die bezuschlagten Offshore-Windparks ist eine Inbetriebnahme im Jahr 2026 geplant [1].

### Ausblick

Nachdem der Ausbau der Offshore-Windkraft zuletzt (temporär) weitgehend zum Erliegen gekommen ist, kann für die nächsten Jahre wieder mit einer deutlichen Zunahme der Aktivitäten gerechnet werden. Derzeit befinden sich verschiedene Offshore-Windparks in der Planung. Sollte deren Inbetriebnahme planmäßig erfolgen, ist ausgehend davon 2022 ein Zubau von 342 MW, 2023 von 257 MW und 2024 von 718 MW zu erwarten [1]. Die kumulierte installierte Leistung in Offshore-Windkraftanlagen wächst damit in den kommenden Jahren voraussichtlich auf 8,1 GW (2022), 8,4 GW (2023) bzw. 9,1 GW (2024). Bei durchschnittlichen Windverhältnissen (d. h. 3 500 h/a Volllast) könnte dieser Anlagenpark eine Stromerzeugung von 28,4 TWh (2022), 29,4 TWh (2023) bzw. 31,9 TWh (2023) realisieren.

Dabei wird sich der Trend zu immer höheren Nennleistungen erkennbar fortsetzen. Für die Ausbauphase bis 2025 ist der Bau von Windkraftanlagen mit einer Nennleistung von bis zu 15 MW geplant. Der erwartete Zubau wird dabei eine mittlere Anlagenleistung von 11 MW aufweisen und damit den Mittelwert des derzeitigen Anlagenbestands um 115 % überschreiten [1].

Auch längerfristig kann von einem starken Ausbau der Nutzung der Offshore-Windkraft ausgegangen werden. Das im Windenergie-auf-See-Gesetz für das Jahr 2030 festgeschriebene Ausbauziel von 20 GW wurde im Koalitionsvertrag der aktuellen Bundesregierung noch einmal um 10 GW auf 30 GW erhöht; dies bedeutet etwa eine Vervielfachung der derzeit vorhandenen Kapazitäten [5]. Für 2035 und 2045 wurden zusätzlich Ziele von 40 GW und 75 GW festgelegt [5]. Für die Umsetzung dieser Ziele bedarf es einer deutlichen Intensivierung der bis jetzt realisierten Ausbau-

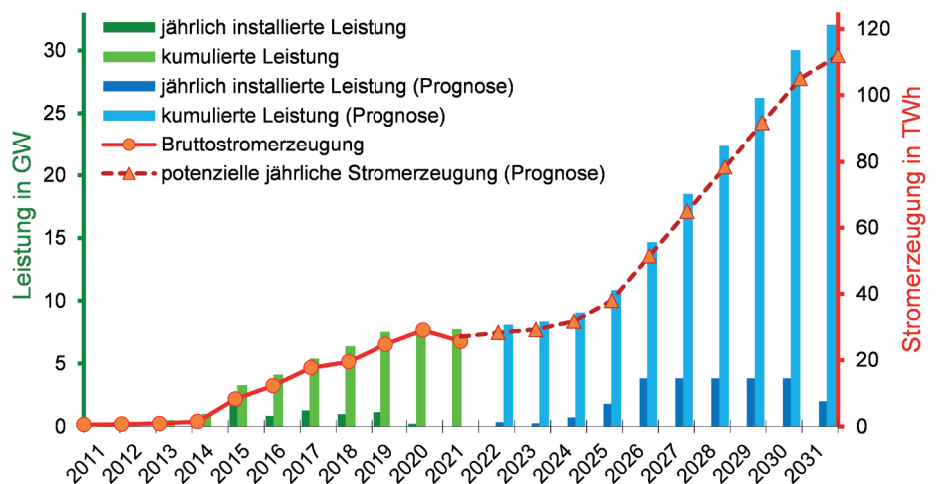


Abb. 2: Ausbau der Offshore-Windkraft in den vergangenen 10 Jahren sowie die prognostizierte Entwicklung, für den Fall, dass die gesetzten Ausbauziele erreicht werden [1, 2, 5]

anstrengungen (Abb. 2); darüber hinaus müssen sowohl die Ausschreibungsvolumina angepasst als auch neue Flächen für die Offshore-Windenergienutzung erschlossen werden [1].

#### Verantwortliche Autoren:

Michael Schulthoff, Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft, Technische Universität Hamburg  
Jelto Lange, Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft, Technische Universität Hamburg  
Martin Kaltschmitt, Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft, Technische Universität Hamburg

# ERNEUERBARE ENERGIEN ZUR STROM- ERZEUGUNG

## Strom aus Windenergie (Offshore) in Deutschland



### Literatur

- [1] Deutsche WindGuard: Status des Offshore-Windenergieausbaus in Deutschland - Jahr 2021, VareL, 2022
- [2] Deutsche WindGuard: Status des Offshore-Windenergieausbaus in Deutschland - Jahr 2020, VareL, 2021
- [3] Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien: Zentrales Modell - BNetzA startet erste Offshore-Wind-Ausschreibung nach neuem Verfahren, <https://www.iwr.de/ticker/zentrales-modell-bnetza-startet-erste-offshore-wind-ausschreibung-nach-neuem-verfahren-artikel3062>, 2021. Zuletzt geprüft: 13.04.2022
- [4] Bundesverband der Windparkbetreiber Offshore e.V.: Ausschreibungsergebnisse - Dreimal Null – Bundesnetzagentur veröffentlicht Offshore-Ausschreibungsergebnisse 2021, <https://bwo-offshorewind.de/dreimal-null-bundesnetzagentur-veroeffentlicht-offshore-ausschreibungsergebnisse-2021/>, 2021. Zuletzt geprüft: 13.04.2022
- [5] SPD, Bündnis 90/Die Grünen, FDP: Koalitionsvertrag zwischen SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP - Mehr Fortschritt Wagen - Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit, 2021