

ERZEUGUNG VON
GRÜNEM WASSERSTOFF DURCH
WINDENERGIE AUF SEE –
POTENTIAL UND BEDARF
IN DEUTSCHLAND
(KURZFASSUNG)



ERZEUGUNG VON WASSERSTOFF DURCH WIND- ENERGIE AUF SEE – POTENTIAL UND BEDARF IN DEUTSCHLAND

Kurztitel: Erzeugung von Wasserstoff durch Windenergie auf See

Bearbeitung: **DEUTSCHE
WINDGUARD**
Rasmus Borrman,
Dr. Dennis Kruse,
Anna-Kathrin Wallasch

Projektnummer: VW20227
Berichtsnummer: SP21006A0

Auftraggeber:



Stiftung Offshore-Windenergie
Oldenburger Str. 65
26316 Varel



Gefördert mit Mitteln des Niedersächsischen
Ministeriums für Umwelt, Energie, Bauen und
Klimaschutz

Varel, 22. September 2021

KURZFASSUNG

Um die europäischen und nationalen Klimaschutzziele zu erreichen, ist die Umstellung des Energiesystems in Deutschland auf erneuerbare Energien erforderlich. In einem auf erneuerbaren Energien basierenden Energiesystem wird Wasserstoff ein bedeutender Energieträger sein, der eine Dekarbonisierung auch dort ermöglicht, wo eine direkte Stromnutzung nicht möglich ist.

Der Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft gewinnt daher zunehmend an Bedeutung. Auf unterschiedlichen politischen Ebenen werden Ziele für den Ausbau erneuerbarer Wasserstofferzeugung definiert. Diese Ziele werden den Bedarf an Strom aus erneuerbaren Energien deutlich erhöhen. Vor allem die Offshore-Windenergie gilt als vielversprechend für die Erzeugung von grünem Wasserstoff, da sie eine vergleichsweise stetige Stromerzeugung gewährleistet.

Kernziel der vorliegenden Arbeit ist es, den möglichen Beitrag der Offshore-Windenergie in Deutschland zur Erzeugung von grünem Wasserstoff und zur Erreichung der Ziele der nationalen Wasserstoffstrategie zu analysieren.

Studien schätzen jährlichen deutschen Wasserstoffbedarf auf 170 – 450 TWh.

Auf Basis einer Auswertung unterschiedlicher Studien wird zunächst der erwartete zukünftige Wasserstoffbedarf dargestellt. Für Deutschland liegt der für das Zieljahr 2050 erwartete Bedarf in einer Größenordnung von 170 – 450 TWh pro Jahr, für Europa wird ein Bedarf von jährlich 800 – 2.200 TWh prognostiziert. Auch wenn es zum genauen Umfang des zukünftigen Wasserstoffbedarfs unterschiedliche Einschätzungen gibt, kann davon ausgegangen werden, dass Deutschland in Zukunft nur einen Teil seines Wasserstoffbedarfs selbst decken können wird.

Die Studie stellt erste Pilotprojekte zur Kopplung von Windenergie mit Elektrolyse vor. Noch in diesem Jahrzehnt werden erste Projekte zur Offshore-Wasserstofferzeugung in Betrieb gehen. Offshore erzeugter Wasserstoff kann über Pipelines an das Festland angebunden werden. Dies ermöglicht die Anbindung großer Windparkleistungen über eine einzige Leitung. Bei einer entsprechenden Auslegung kann eine solche Leitung zusätzlich auch für den Wasserstoffimport genutzt werden.

Das Potential zur Erzeugung von Wasserstoff durch Offshore-Windenergie kann auf Basis einer Analyse der

Das ermittelte Offshore-Windenergiepotential liegt zwischen rund 37 und 61 GW.

Flächenverfügbarkeit in Verbindung mit dem vorhandenen Nennleistungspotential für die Windenergie auf See abgeleitet werden.

Die Analyse des Potentials für Offshore-Windenergie erfolgt auf Basis des aktuellen Raumordnungsplans (ROP), der am 1. September 2021 in Kraft getreten ist. Hierin werden umfangreiche Flächen für die (potentielle) Windenergienutzung auf See vorgesehen. Das im Rahmen der Studie entwickelte Szenario *ROP Basis* bezieht alle Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für die Windenergie ein. Hier lassen sich bei einer Leistungsdichte von 8 MW/km^2 (entsprechend den Annahmen im aktuellen Flächenentwicklungsplan - FEP) Windenergieanlagen mit einer Gesamtnennleistung von rund 49 GW realisieren. Bei geringeren Leistungsdichten von 7 oder 6 MW/km^2 verringert sich das Potenzial auf etwa 43 bzw. 37 GW.

Das Szenario *ROP Plus* bezieht zusätzlich Flächen ein, die laut Raumordnungsplan den Status eines bedingten Vorrang- bzw. Vorbehaltsgebiets haben, sowie Teile einer bisherigen Schifffahrtsroute, die unter Umständen nach 2035 für die Windenergienutzung zur Verfügung stehen könnte. In diesem Fall könnte bei einer vergleichsweise hohen Leistungsdichte von 8 MW/km^2 innerhalb der deutschen AWZ eine Kapazität von bis zu rund 61 GW an Offshore-Windenergieanlagen realisiert werden (bzw. 53 GW bei 7 MW/km^2 und 46 GW bei 6 MW/km^2).

Hinzu kommen Windparks innerhalb des Küstenmeers mit maximal 2 GW, die im Rahmen dieser Analyse aufgrund des vergleichsweise geringen Potentials nicht näher untersucht wurden. Das zusätzliche Potential für die Windenergienutzung von 4 – 6 GW im Gebiet der Doggerbank, welches im Raumordnungsplan genannt ist, wurde ebenfalls nicht berücksichtigt, da der Einklang einer möglichen Windenergienutzung mit den Zielen des Naturschutzes erst noch untersucht werden soll.

Auf Basis der unterschiedlichen Szenarien kann dargestellt werden, dass die Volllaststunden als Maß für den Energieertrag der Offshore-Windenergieanlagen mit zunehmender Leistungsdichte der Windparkflächen und zunehmendem Ausbau bedingt durch stärkere Abschattungseffekte abnehmen. Eine Rolle spielt zudem die Elektrolysenennleistung, die entweder ähnlich zur Windparknennleistung oder geringer ausgelegt werden kann. Elektrolyseure, die im Verhältnis zur Windparkleistung mit einer geringeren Nennleistung ausgelegt werden, erreichen höhere Volllaststunden und somit eine bessere Auslastung der Elektrolyseure (in den Szenarien wurde von einem

Wasserstoffherzeugungspotential von rund 580.000 t/a im Szenario *ROP Basis*.

Elektrolyseur mit 95 bzw. 80 % der Windparkkapazität ausgegangen). Somit ergibt sich in den Szenarien eine gewisse Spannweite bezüglich des errechneten Wasserstofftrags, der pro Quadratkilometer Fläche produziert werden kann. Dieser liegt in den untersuchten Szenarien zwischen 390 und 550 Tonnen je Quadratkilometer und Jahr.

Unter der Annahme, dass das abgeschätzte Gesamtnennleistungspotential zunächst für die Realisierung der Ausbauziele im Bereich der Stromerzeugung (40 GW) genutzt wird und sämtliche darüberhinausgehende Kapazität für die Wasserstoffherzeugung genutzt werden kann, lässt sich das mögliche Wasserstoffherzeugungspotential errechnen. Hierbei wurden unterschiedliche Szenarien hinsichtlich der angenommenen Leistungsdichte auf der Fläche (6, 7 und 8 MW/km²) sowie der Elektrolyseauslegung (Elektrolyseur mit 80 und 95 % der Windparkkapazität) berechnet. Im FEP wird bisher eine Leistungsdichte von 8 MW/km² verwendet, eine im Vergleich zur Windparknennleistung leicht unterdimensionierte Elektrolyseauslegung wird aufgrund der höheren Volllaststunden als wahrscheinlich angesehen (hier 80 %).

Im Szenario *ROP Basis* mit einem Gesamtpotential der Offshore-Windparks von bis zu 49 GW lassen sich je nach Auslegung neben der Realisierung des Ausbauziels von 40 GW zur Stromerzeugung Elektrolyseleistungen bis zu 8,6 GW realisieren. Wird eine Elektrolysenennleistung von 80 % der Windparkleistung und einer Leistungsdichte von 8 MW/km² angenommen, ergibt sich eine Elektrolyseleistung von 7,3 GW. Hiermit kann ein Wasserstofftrag von 579.000 Tonnen pro Jahr erwirtschaftet werden.

Im Szenario *ROP Plus* Wasserstoffherzeugung von rund 1,2 Mio. t/a möglich.

Im Szenario *ROP Plus* mit einem Gesamtpotential der Offshore-Windparks bis zu 61 GW wäre innerhalb der deutschen AWZ neben dem Ausbauziel von 40 GW für die Stromerzeugung je nach Auslegung eine Elektrolyseleistung von 4,4 – 19,7 GW möglich. Unter der Annahme, dass die Elektrolysenennleistung 80 % der Windparknennleistung beträgt, kann bei einer Leistungsdichte von 8 MW/km² mit einer Elektrolyseleistung von 16,6 GW ein jährlicher Wasserstofftrag von rund 1,24 Mio. Tonnen erreicht werden.

In der nationalen Wasserstoffstrategie ist für das Jahr 2030 ein Ausbauziel für Wasserstoffherzeugungsanlagen von bis zu 5 GW Gesamtleistung samt der dafür erforderlichen Offshore- und Onshore-Stromerzeugung vorgesehen. So soll eine jährliche Wasserstoffproduktion von bis zu 14 TWh erreicht werden. Bis

zum Jahr 2035, spätestens aber 2040, soll die Gesamtleistung auf bis zu 10 GW erhöht werden. Bei gleicher Auslastung ist hiermit eine Wasserstoffproduktion von bis zu 28 TWh zu erwarten. Abbildung A stellt das ermittelte Wasserstofferzeugungspotential für Offshore-Windenergie den Zielen der nationalen Wasserstoffstrategie gegenüber. Es wird deutlich, dass die Offshore-Windenergie das Potential bietet, einen deutlichen Beitrag zur Erreichung der Ziele der nationalen Wasserstoffstrategie zu leisten. So entspricht der erwartete Wasserstofftrag im Szenario *ROP Plus* bei einer mittleren Leistungsdichte von 7 MW/km² etwa dem Wasserstoffproduktionsziel für 2035.

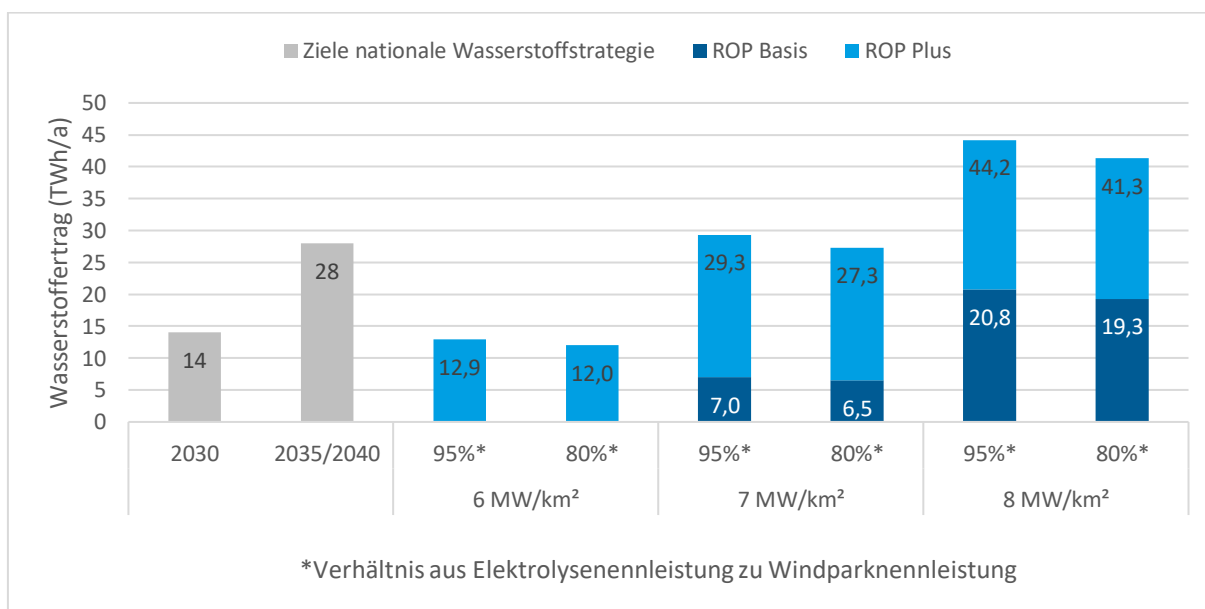


Abbildung A:
Wasserstofferzeugungspotential im Vergleich zu den Zielen der nationalen Wasserstoffstrategie

DEUTSCHE
WINDGUARD

Deutsche WindGuard GmbH
Oldenburger Straße 65
26316 Varel

Telefon 04451 9515 0
Telefax 04451 9515 29
E-Mail info@windguard.de
URL <http://www.windguard.de/>

Es wird versichert, dass die vorliegenden Ermittlungen unparteiisch, gewissenhaft und nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt wurden. Für die ermittelten Ergebnisse und die Richtigkeit der Darstellung in diesem Bericht übernimmt die Deutsche WindGuard GmbH keine Gewähr.

Eine auszugsweise Vervielfältigung dieses Berichtes ist nur mit schriftlicher Genehmigung der Deutschen WindGuard GmbH, Varel erlaubt.

Dieser Bericht umfasst 7 Seiten inklusive Deckblatt.