

Erzeugung von
grünem Wasserstoff durch
Windenergie auf See –
Potential und Bedarf in
Deutschland



Wasserstoffstrategien

Europäische Wasserstoffstrategie

Juli 2020

Übergeordnetes Ziel:

Anteil von Wasserstoff am EU-Energiemix soll von heute etwa 2% bis 2050 auf 13-14% steigen

2020-2024:

Elektrolysekapazität: wenigstens 6 GW

Grüne Wasserstoffproduktion: bis zu 1 Mt/a (33 TWh/a)*

Erforderl. Auslastung (VLS**) demnach: bis zu 7860 h/a

2025-2030:

Elektrolysekapazität: mindestens 40 GW

Wasserstoffproduktion: bis zu 10 Mt/a (333 TWh/a)

Erforderl. Auslastung (VLS*) demnach: > 8760 h/a (d.h. für 10 Mt/a ist eine deutlich höhere Elektrolysekapazität erforderlich)

Nationale Wasserstoffstrategie

Juni 2020

Übergeordnetes Ziel:

Wasserstoff als Dekarbonisierungsoption etablieren

Situation heute:

Wasserstoffbedarf: 55 TWh/a (hauptsächlich stoffliche Verwendung), davon 3,85 TWh/a aus Elektrolyse

2030:

Wasserstoffbedarf: 90 -110 TWh/a

Elektrolysekapazität: bis zu 5 GW

Wasserstoffproduktion: bis zu 14 TWh/a (0,42 Mt/a)

Auslastung (VLS*): 4000 h/a

2035, spätestens 2040:

Elektrolysekapazität: 10 GW

Norddeutsche Wasserstoffstrategie

November 2019

Übergeordnetes Ziel:

Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft bis 2035 mit nahezu vollständiger Deckung des Bedarfs an grünem Wasserstoff

2025:

Elektrolysekapazität: mindestens 0,5 GW (Norddeutschland)

2030:

Elektrolysekapazität: mindestens 5 GW (Norddeutschland)

* Alle Angaben beziehen sich auf den Heizwert von Wasserstoff (33,3 kWh/kg)

**VLS: Volllaststunden. Es wird ein Elektrolysewirkungsgrad von 70% angenommen

Elektrolyse-Verfahren

Alkalische Elektrolyse

- Am häufigsten eingesetztes Verfahren
- Viel Erfahrung in der großtechnischen Anwendung
- Elektrolyse findet in Zellen mit einer wässrigen KOH-Lösung statt
- Wirkungsgrade:
 - 63-70% (heute)
 - 70-80% (langfristig)
- Eingeschränkt teillastfähig
- Aufgrund des Umgangs mit Kali-Lauge weniger für Offshore-Einsatz geeignet

Polymer-Elektrolyt-Membran-Elektrolyse

- Am Anfang der Kommerzialisierung
- Bisher kaum in großtechnischem Einsatz
- Zellen mit fester, saurer Protonenaustauschmembran
- Wirkungsgrade:
 - 56-60% (heute)
 - 67-74% (langfristig)
- Sehr gute Teillastfähigkeit
- Aufgrund des geringen Platzbedarfs gut für den Offshore-Einsatz geeignet

Hochtemperatur-Elektrolyse

- In der Forschungsphase
- Zellen aus keramischen Metallen
- Neben Strom wird Wärme mit Temperaturen bis zu 1.000° C benötigt, Einsatz daher meist im industriellen Umfeld
- Wirkungsgrade
 - 74-81% (heute)
 - 77-90% (langfristig)
- Eingeschränkt teillastfähig
- Aufgrund fehlender Wärmequellen weniger für den Offshore-Einsatz geeignet.

Anbindungsoptionen

Elektrische Anbindung

Wasserstofferzeugung an Land

Anbindung wie herkömmliche Windparks über HGÜ

Anbindungsleistung aktuell 2GW (zukünftig maximal 3GW)

Anschluss an das elektrische Landnetz erlaubt unterschiedliche Betriebsweisen der Elektrolyse (systemdienlich, auslastungsmaximiert)

Pipeline Anbindung

Wasserstofferzeugung auf See

Anbindung über Wasserstoff-Pipeline (Neubau oder Nachnutzung Erdgasleitung)

Anbindungsleistung von 10 GW und mehr möglich

Vollständige Entkopplung vom Stromnetz

Kombinierte Anbindung

Wasserstofferzeugung auf See

Anbindung über Wasserstoff-Pipeline und HGÜ-Kabel

Hohe Anbindungsleistung möglich, aber parallele Infrastruktur nötig

Anschluss an das elektrische Landnetz erlaubt unterschiedliche Betriebsweisen der Elektrolyse (systemdienlich, auslastungsmaximiert)

Vorgehen zur Potentialermittlung

Ermittlung der Flächenverfügbarkeit für Offshore-Windenergie

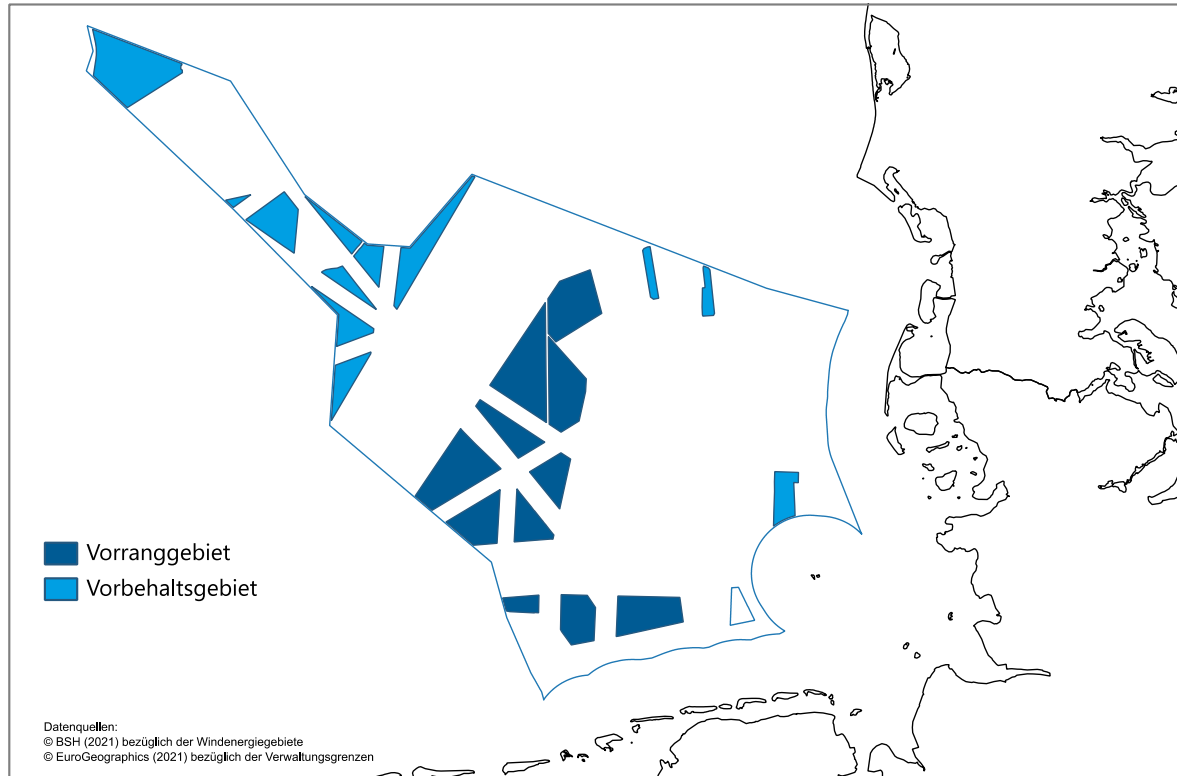
- Beschränkung auf AWZ
- Basis: Raumordnungsplan 2021

Ermittlung der installierbaren Windpark-Nennleistung

- Untersuchte Leistungsdichten: 6 MW/km², 7 MW/km², 8 MW/km²

Ermittlung der möglichen Wasserstofferzeugung

- Je Fläche (t/km²/a)
- Absolut unter Berücksichtigung des 40 GW-Ziels (t/a)

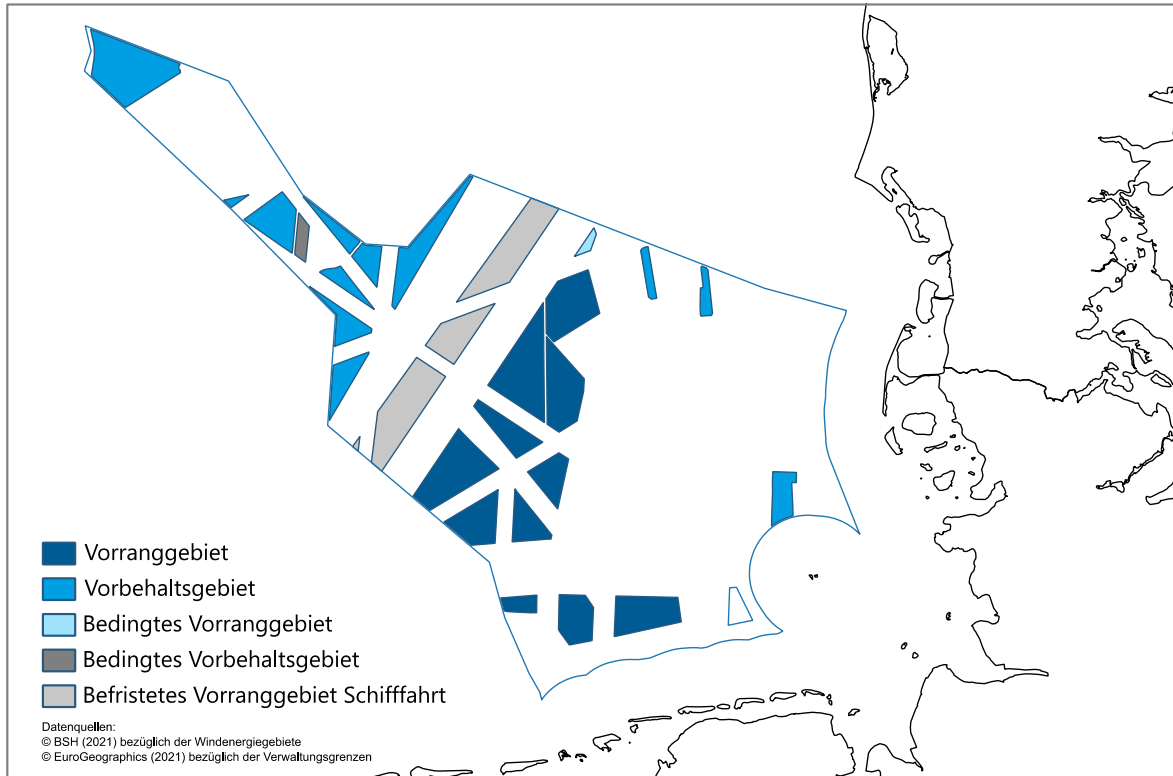


ROP Basis:

Nordsee: 5.001 km²

Ostsee: 279 km²

Summe: 5.280 km²



ROP Basis:

Nordsee: 5.001 km²

Ostsee: 279 km²

Summe: 5.280 km²

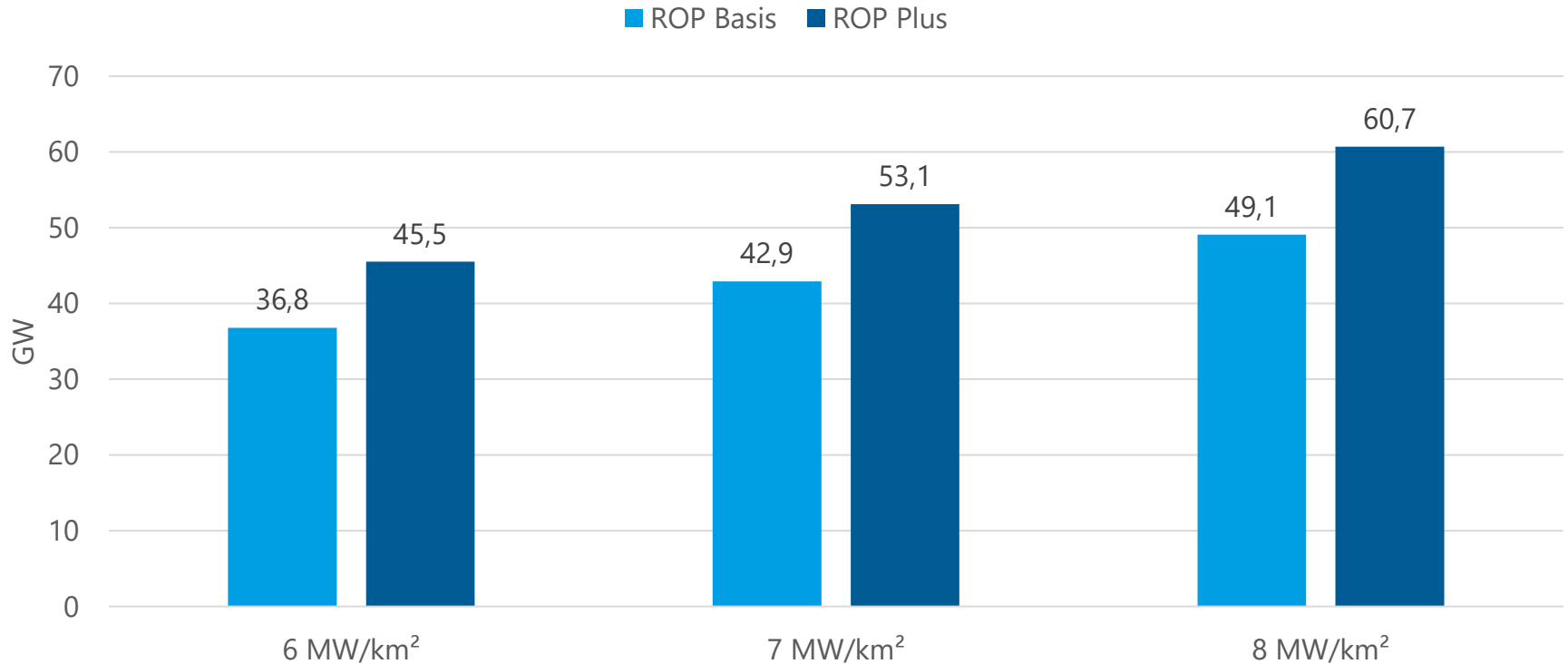
ROP Plus:

Nordsee: 6.352 km²

Ostsee: 334 km²

Summe: 6.686 km²

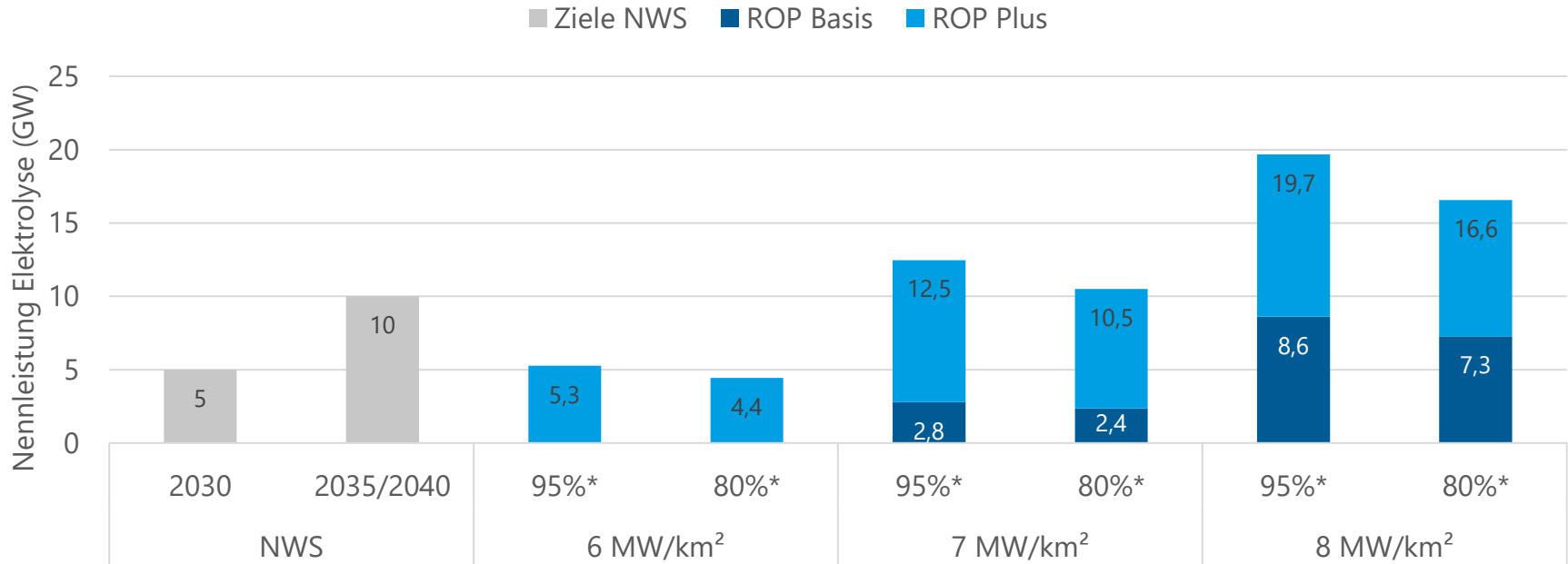
Nennleistungspotential der Offshore-Windenergie



Annahmen zur Abschätzung d. Wasserstoffpotentials

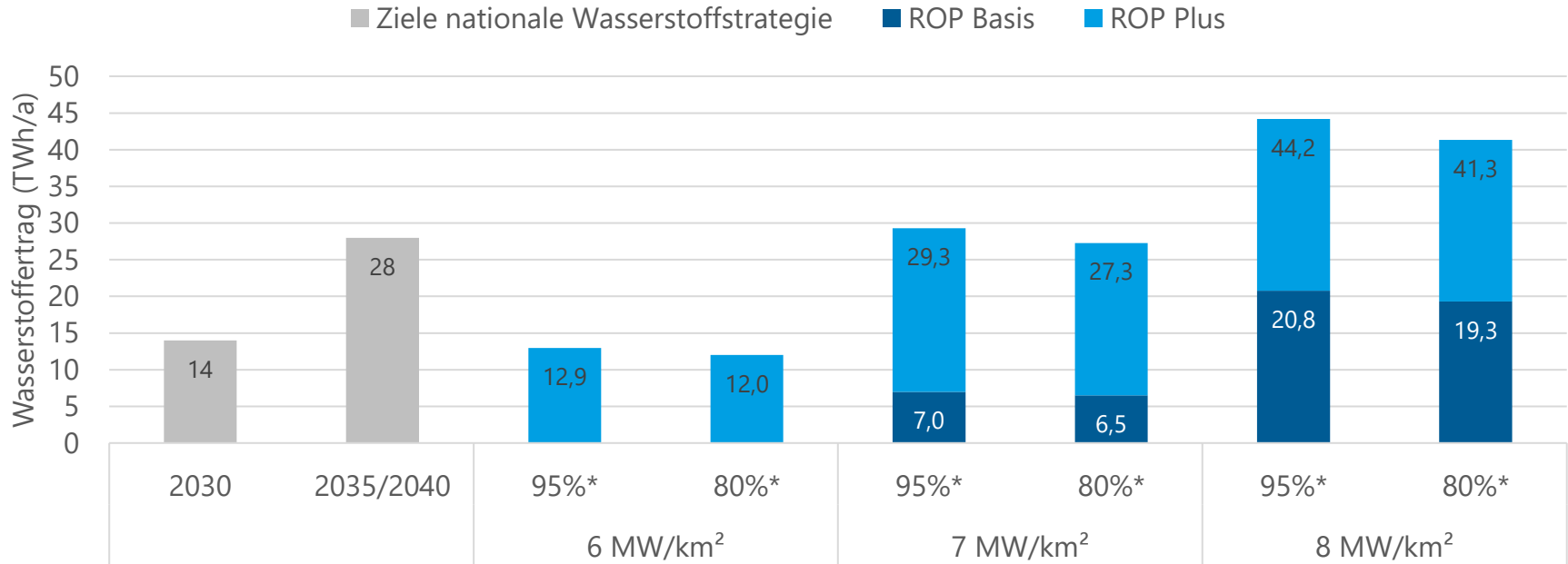
- Berücksichtigung der Ausbauziele nach dem WindSeeG:
40 GW netzangebundene Windparks zur Stromerzeugung bis 2040
- Das darüber hinaus mögliche Nennleistungspotential kann für die Wasserstoffherzeugung genutzt werden.
- Offshore-Windparks zur Wasserstoffherzeugung sind nicht an das elektrische Landnetz angeschlossen.
- Ermittlung der Stromerträge der Offshore-Windparks in Abhängigkeit vom Ausbaugrad (sinkende Volllaststunden bei höherem Ausbau).

Gesamtpotential Elektrolyse-Nennleistung



*Verhältnis aus Elektrolysenennleistung zu Windparkennennleistung

Gesamtpotential Wasserstofffertrag



*Verhältnis aus Elektrolysenennleistung zu Windparkennleistung

- Für ein klimaneutrales Deutschland wird ein hoher Bedarf an grünem Wasserstoffs erwartet. Offshore-Windenergie eignet sich zur Bereitstellung von grünem Wasserstoff.
- Das Nennleistungspotential für Offshore-Windenergie ergibt sich aus der Flächenverfügbarkeit und der Leistungsdichte. Unter den hier getroffenen Annahmen ergibt sich ein Nennleistungspotential von 37-61 GW.
- Neben der Realisierung der Ausbauziele für Offshore-Windparks zur Stromerzeugung könnten jährlich bis zu 1,3 Millionen Tonnen an grünem Wasserstoff (44 TWh) bereitgestellt werden.

Kontakt:
Dr.-Ing. Dennis Kruse
dennis.kruse@windguard.de

