Adressat
**AquaVentus Förderverein e.V.**

Dokumententyp
**Bericht**

Datum
**10.08.2026**

# AquaVentus Flächenstudie Zone 4 & 5 AWZ Nordsee

## Offshore-H2-Eignungsranking für Windenergieflächen

AquaVentus

RAMBØLL Bright ideas. Sustainable change.

# AquaVentus Flächenstudie Zone 4 & 5 AWZ Nordsee

## Offshore-H2-Eignungsranking für Windenergieflächen

| | |
|---|---|
| Projektname | **AquaVentus Flächenstudie Zone 4 & 5 AWZ Nordsee** |
| Projekt Nr. | **352014558** |
| Empfänger | **AquaVentus Förderverein e.V.** |
| Dokumententyp | **Bericht** |
| Version | **1.0** |
| Datum | **2026/08/10** |
| Durchgeführt von | **Max Lüdemann, Ron Scheffler** |
| Überprüft von | **LAGN, MXLU** |
| Genehmigt von | **KEBI** |

Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48
22763 Hamburg

T +49 40 302020-0
www.ramboll.com/de-de

# Abkürzungsverzeichnis

| Abkürzung | Bedeutung |
|---|---|
| **AWZ** | Ausschließliche Wirtschaftszone |
| **BSH** | Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie |
| **FEP** | Flächenentwicklungsplan |
| **GIS** | Geoinformationssystem |
| **GW** | Gigawatt |
| **h** | Stunde(n) |
| **$H_2$** | Wasserstoff |
| **IWES** | Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme |
| **km** | Kilometer |
| **$km^2$** | Quadratkilometer |
| **m** | Meter |
| **MCDA** | Multi-Criteria Decision Analysis |
| **NEP** | Netzentwicklungsplan |
| **ONAS** | Offshore-Netzanbindungssysteme |
| **OPEX** | Operational Expenditures; |

# Inhalt


| | | |
|---|---|---|
| 1. | Hintergrund | 3 |
| 1.1 | Veranlassung | 3 |
| 1.2 | Zielsetzung der Studie | 3 |
| 2. | Untersuchungsgegenstand | 3 |
| 2.1 | Räumlicher und planerischer Geltungsbereich | 3 |
| 2.2 | Zeitlicher Geltungsbereich | 4 |
| 2.3 | Abgrenzung des Untersuchungsraums | 4 |
| 2.4 | Untersuchte Kriterien | 5 |
| 2.4.1 | Kriterium 1: Systemischer Nutzen - Abgeregelte Energiemengen | 6 |
| 2.4.2 | Kriterium 2: Systemischer Nutzen - Windenergieerträge | 6 |
| 2.4.3 | Kriterium 3: Nähe zur geplanten $H_2$-Transportinfrastruktur (AquaDuctus) | 7 |
| 2.4.4 | Kriterium 4: Entfernung zur Service-Infrastruktur | 8 |
| 2.4.5 | Kriterium 5: Wassertiefe | 9 |
| 3. | Methodik und Datenbasis | 9 |
| 4. | Bewertung und Ranking | 11 |
| 5. | Fazit | 13 |
| 6. | Referenzen | 14 |
| 7. | Appendix | 15 |

# 1. Hintergrund

## 1.1 Veranlassung

Mit dem Flächenentwicklungsplan 2025 (FEP 2025, BSH) wurden mit den Gebieten N-14, N-16, N-17, N-19 und N-20 erstmals Flächen westlich der Schifffahrtsroute SN10 in der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) der Nordsee festgelegt. Es handelt sich um insgesamt ca. 2.700 km² mit einem Kapazitätspotenzial von bis zu 30,9 GW [1].

Parallel stellt der Netzentwicklungsplan 2037/2045 (NEP 2025, 2. Entwurf) fest, dass die Offshore-Elektrolyse mangels gesetzlichen Auftrags und regulatorischem Rahmen nicht in die Netzplanung einbezogen werden konnte [2]. Damit besteht für Zone 4 und 5 eine doppelte regulatorische Lücke: weder eine zeitliche Reihung im FEP noch eine Berücksichtigung der Offshore-$H_2$-Option im NEP.

## 1.2 Zielsetzung der Studie

Vor dem Hintergrund der bevorstehenden FEP-Fortschreibung, in deren Rahmen die zeitliche Reihung der Flächen und die Festlegung der ONAS (Offshore-Netzanbindungssysteme) erfolgen werden, untersucht diese Studie, welche der Flächen in Zone 4 und 5 für die Offshore-Wasserstoffproduktion besonders geeignet sind. Die Bewertung erfolgt anhand technischer, wirtschaftlicher und raumordnerischer Kriterien und mündet in eine Reihung der Flächen sowie in regulatorische Schlussfolgerungen. Ziel ist der relative quantitative Vergleich der Flächen untereinander im Hinblick auf ihre Eignung für die zentrale Offshore-Wasserstoffproduktion auf einer Offshore Plattform mittels Elektrolysetechnologie. Eine allgemeine technische und wirtschaftliche Bewertung der Offshore-Wasserstoffproduktion ist nicht Gegenstand der Studie.

# 2. Untersuchungsgegenstand

## 2.1 Räumlicher und planerischer Geltungsbereich

Gegenstand der Studie sind die potenziellen Einzelflächen in den Gebieten N-14, N-16, N-17, N-19 und N-20 der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) der Nordsee, welche in dem markierten Bereich von Abbildung 1 und 2 dargestellt sind. Grundlage ist der Flächenentwicklungsplan 2025 (FEP 2025, BSH), Anhang 3 (Abbildung 16), mit dem erstmals Windenergieflächen westlich der Schifffahrtsroute SN10 beispielhaft aufgeteilt wurden. Insgesamt umfasst der Untersuchungsraum bis zu 21 Einzelflächen mit einer Gesamtfläche von ca. 2.700 km² und einem Kapazitätspotenzial von bis zu 30,9 GW Windenergie [1].



Confidential

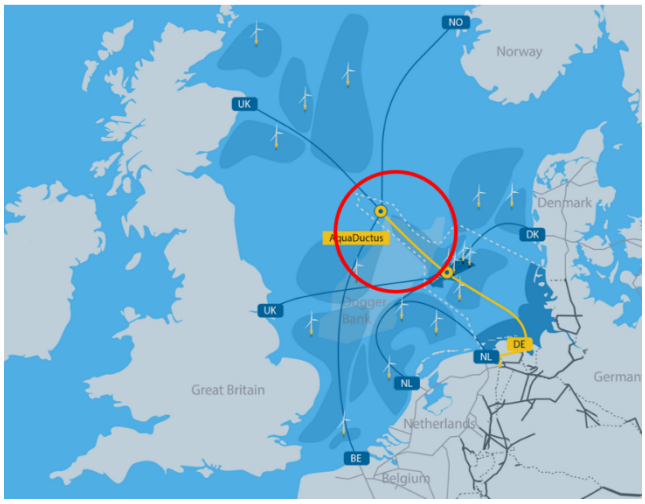


**Abbildung 1: Untersuchungsbereich der Studie (Quelle: FNB Gas [3])**

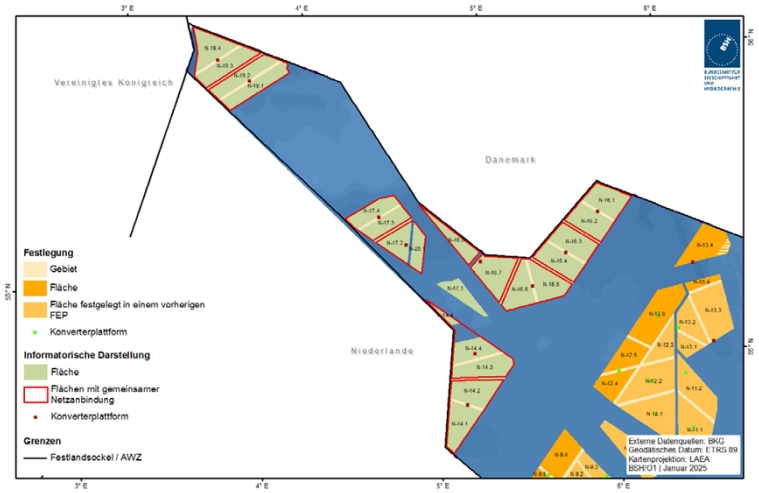


**Abbildung 2: Darstellung der untersuchten Flächen (Quelle: FEP 2025 [1])**

Im Rahmen dieser Studie wird davon ausgegangen, dass alle im Flächenentwicklungsplan aufgeführten Flächen grundsätzlich für die Nutzung von Offshore Wasserstoff geeignet sind. Insbesondere die Untersuchung struktureller Ausschlusskriterien wie etwa durch naturschutzrechtliche Belange, die die Attraktivität der Nutzung der Flächen durch Offshore Wasserstoff nicht beeinflussen, sondern grundsätzlich in Frage stellen, werden in dieser Studie nicht betrachtet.

## 2.2 Zeitlicher Geltungsbereich

Der Inbetriebnahme-Horizont der untersuchten Flächen entspricht dem NEP-Zieljahr 2045 sowie dem FEP-Ausbaupfad 2035–2045. Die Bewertung bildet damit das Zeitfenster ab, in dem die untersuchten Flächen für die Realisierung verfügbar werden und in dem die planerischen Festlegungen zur zeitlichen Reihung und zur Netzanbindung durch die kommenden FEP-Fortschreibungen erfolgen werden.

## 2.3 Abgrenzung des Untersuchungsraums

Nicht Gegenstand der Studie sind:

- Windenergieflächen in den Zonen 1 bis 3 der deutschen AWZ Nordsee,
- das Küstenmeer,

- die technische Auslegung der Elektrolyseure und der Plattformen (z. B. Stack-Technologie, Modulgrößen, Detailengineering der Wasserstoffproduktionsanlagen).

Die Studie konzentriert sich somit ausschließlich auf die flächenbezogene Eignungsbewertung für die Offshore-Wasserstoffproduktion in den Zonen 4 und 5 und nicht auf die technische Konfiguration der späteren Produktionsanlagen oder die allgemeine Bewertung der Offshore Wasserstoffproduktion.

## 2.4 Untersuchte Kriterien

Die Eignungsbewertung der Flächen erfolgt anhand eines Kriteriensets, das in Tabelle 1 dargestellt ist. Berücksichtigt wurden ausschließlich Kriterien, die einen flächenspezifischen Unterschied zwischen den untersuchten Gebieten abbilden, für die Eignung der Offshore-Wasserstoffproduktion relevant sind und auf einer belastbaren, für alle Flächen vergleichbaren Datenbasis bewertet werden können. Kriterien, die zwar für die allgemeine Projektentwicklung von Bedeutung sind, jedoch keine ausreichende Trennschärfe zwischen den Flächen erwarten lassen oder nicht einheitlich quantifizierbar sind, wurden nicht in das Ranking einbezogen. Eine detailliertere Beschreibung der Kriterien ist in den folgenden Unterkapiteln zu finden.

**Tabelle 1: Untersuchte Kriterien für das Offshore-$H_2$-Eignungsranking**

| Nr. | Kriterium | Beschreibung | Quelle |
|---|---|---|---|
| **1** | Systemischer Nutzen - Abgeregelte Energiemengen | Anteil der abgeregelten Energiemengen an der potentiellen Jahresgesamtproduktion basierend auf dem Ausbauszenario 25 in Prozent. | Ad-Hoc Analyse: Ertragsmodellierung der Ausbauszenarien 24 und 25 [4] |
| **2** | Systemischer Nutzen - Windenergieerträge | Äquivalente Volllaststunden basierend auf dem Ausbauszenario 25 in Stunden pro Jahr. | Ad-Hoc Analyse: Ertragsmodellierung der Ausbauszenarien 24 und 25 [4] |
| **3** | Nähe zur geplanten $H_2$-Transportinfrastruktur | Entfernung zum nächstgelegenen $H_2$-geeigneten Pipelinekorridor (AquaDuctus) in Kilometern. | Gascade; FEP 2025 [1] |
| **4** | Entfernung zur Service Infrastruktur | Die Entfernung zum nächsten Infrastrukturhafen via gängiger Schifffahrtsrouten (Esbjerg, Wilhelmshaven) in Kilometern. | Google Maps |
| **5** | Wassertiefe | Die Wassertiefe der unterschiedlichen Gebiete und den Einfluss auf die Gründung der Plattformen. | FEP 2025 [1] |

In der Vorbereitung der Studie wurden weitere potenzielle Kriterien geprüft. Diese wurden jedoch nicht berücksichtigt, wenn sie entweder keine belastbare Differenzierung zwischen den Flächen ermöglichen, nicht mit einer einheitlichen Methodik für alle Flächen bewertbar sind oder eher die allgemeine Machbarkeit der Offshore-Wasserstoffproduktion als die relative Eignung einzelner Flächen betreffen. Hierzu zählen insbesondere:

- Naturschutzfachliche Restriktionen: Da die betrachteten Offshore-Wasserstoffproduktionsplattformen konzeptionell innerhalb der ausgewiesenen Windenergieflächen beziehungsweise in direktem Zusammenhang mit diesen vorgesehen werden, ist auf Ebene dieser Studie kein hinreichend flächenspezifischer Unterschied ableitbar. Alle untersuchten Gebiete und Flächen befinden sich beispielsweise außerhalb der Natura-2000-Gebiete. Flächenspezifische Naturschutzbelange, wie etwa das direkte Angrenzen an diese Natura-2000-Gebiete, bleiben für spätere Genehmigungs- und Projektentwicklungsphasen relevant, eignen sich jedoch nicht als trennscharfes Vergleichskriterium, da sie zum jetzigen Zeitpunkt nicht hinreichend quantifizierbar sind.



Confidential

- Technische Restriktionen der Elektrolyse: Die Offshore-Wasserstoffproduktion unter Nordseebedingungen stellt grundsätzlich hohe Anforderungen an Elektrolyse, Wasseraufbereitung, Plattformintegration, Betrieb und Sicherheit. Diese Anforderungen betreffen jedoch alle betrachteten Flächen in vergleichbarer Weise und sind daher für die relative Flächenbewertung nicht ausreichend differenzierend.
- Regulatorische und genehmigungsrechtliche Detailfragen: Diese sind für die spätere Realisierung wesentlich, lassen sich zum Zeitpunkt der Studie jedoch nicht belastbar flächenscharf bewerten. Sie werden deshalb nicht als eigenständiges Rankingkriterium angesetzt, sondern in den Schlussfolgerungen qualitativ eingeordnet.

### 2.4.1 Kriterium 1: Systemischer Nutzen - Abgeregelte Energiemengen

Verschiedene Faktoren führen dazu, dass Windparks ihre Energieproduktion abregeln müssen, also ihre Windturbinen herunterfahren, obwohl diese theoretisch Energie produzieren könnten. Ein häufiger Grund hierfür ist eine Überlastung des Stromnetzes. Auch die von den Übertragungsnetzbetreibern vorgeschlagene und vom BSH im FEP erläuterte Überbauung der Windparks, also eine Installation von mehr Offshore-Wind-Produktionskapazität als vorhandener Übertragungskapazität, kann zu Spitzenlastzeiten eine Abregelung erforderlich machen. Übertragungsnetzbetreiber weisen die Windparkbetreiber in diesem Fall dazu an, die Produktionsleistung anzupassen. Diese Abregelung hat nicht nur wirtschaftliche, sondern auch technische Folgen: Windturbinen erfahren durch häufiges Abregeln zusätzliche Lastzyklen, die ihre Lebensdauer verringern. Die Produktion von Wasserstoff kann hierbei eine Lösung bieten, indem Windparks in den genannten Fällen nicht abgeregelt werden, sondern die Energiemengen stattdessen zur Wasserstoffproduktion verwendet werden. Insbesondere Windparks mit hoher prognostizierter Abregelung würden wirtschaftlich von einer Integration der Wasserstoffproduktion profitieren.

Zur Bewertung dieses Kriteriums wird auf die Ergebnisse der Ertragsmodellierung der Ausbauszenarien 24 und 25 durch das Fraunhofer IWES Bezug genommen, die vom BSH im Kontext des Flächenentwicklungsplans 2025 beauftragt wurden [4]. Die abgeregelte Energiemenge durch Lastspitzenkappung wird hierbei auf Grundlage einer Überbauung von 10 % berechnet und ist gebietsscharf, aber nicht flächenscharf. Für die Auswertung des Kriteriums werden die abgeregelten Energieerträge in Bezug auf die potenziell verfügbaren Energieerträge in Prozent bewertet für das Szenario 25. Dieses Szenario stimmt mit dem FEP-Entwurf unter Berücksichtigung der dort dargestellten Erweiterungsgebiete überein und berücksichtigt zudem Änderungen an den Gebieten N-14, N-15 und N-17.
Abregelung durch andere Faktoren, wie zum Beispiel einer Überlastung des Netzes, wird in diesem Kriterium nicht berücksichtigt. Allerdings wird davon ausgegangen, dass diese Faktoren nicht trennscharf für die Bewertung unterschiedlicher Flächen sind. Aus diesem Grund sollten sie auch nicht mit in die Bewertung einfließen, können aber einen Einfluss auf die allgemeine Attraktivität von Offshore-Wasserstoffproduktion in der deutschen AWZ haben.

### 2.4.2 Kriterium 2: Systemischer Nutzen - Windenergieerträge

Die Integration von Wasserstoffproduktion in Offshore-Windparks sieht oft die geplante Nutzung von Teilen der produzierten Windenergie für die Wasserstoffproduktion vor. Dies bedeutet, dass Windparks mit vorteilhafteren Windressourcen auch für die Wasserstoffproduktion attraktiver sind. Anders gesagt: Die Attraktivität einer Fläche für die Offshore-Windnutzung wirkt sich auch direkt auf die Attraktivität der Offshore-Wasserstoffproduktion aus, sofern eine anteilige Nutzung der Stromproduktion im Gesamtkonzept vorgesehen ist.



Confidential

Zur Bewertung der Attraktivität der Flächen wird die äquivalente Volllaststundenzahl genutzt. Diese beschreibt den spezifischen erwarteten Jahresenergieertrag einer Fläche, indem die erwarteten Energiemengen durch die installierte Kapazität geteilt werden. Der Quotient entspricht einer Anzahl von Stunden, die beschreiben, wie lange die installierten Kapazitäten unter Volllast Strom produzieren müssten, um den erwarteten Energieertrag zu erreichen.

Auch für dieses Kriterium wird auf die Ergebnisse der Ertragsmodellierung der Ausbauszenarien 24 und 25 durch das Fraunhofer IWES Bezug genommen [4]. Dieses liefert die erwarteten äquivalenten Volllaststunden gebietsscharf. Grundlage für die Bewertung ist ebenfalls das Ausbauszenario 25, allerdings ohne Lastspitzenkappung durch zu geringe Anschlusskapazitäten. Es wird davon ausgegangen, dass die Integration der Wasserstoffproduktion diese verhindert.

### 2.4.3 Kriterium 3: Nähe zur geplanten $H_2$-Transportinfrastruktur (AquaDuctus)

Die Nähe einer Fläche zur geplanten Offshore-Wasserstoff-Transportinfrastruktur ist ein zentrales Kriterium für die Eignungsbewertung, da sie unmittelbar in die technische Machbarkeit und die wirtschaftliche Attraktivität einer flächenbezogenen Wasserstoffanbindung einfließt. Bewertet wird die Entfernung der im FEP vorgeschlagenen Netzanschlusspunkte, also der Konverterstationen, zu der nächstgelegenen Anbindung zur AquaDuctus Pipeline in Kilometern. Diese Entfernung wurde durch die Darstellung und Messung mittels GIS (Geoinformationssystem) vorgenommen. Dies ist in Abbildung 3 dargestellt.

Die Relevanz dieses Kriteriums ergibt sich ausfolgenden Aspekten:

- **Investitions- und Realisierungsaufwand:** Kürzere Anbindungsdistanzen zur AquaDuctus-Pipeline reduzieren die Länge notwendiger Anbindungsleitungen und damit die Investitionskosten sowie das technische Realisierungsrisiko.
- **Systemintegration:** Flächen in unmittelbarer Nähe zum geplanten Pipelinekorridor können mit geringerem Aufwand in ein übergeordnetes Wasserstoff-Pipelinenetz eingebunden werden. Damit erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass eine flächenbezogene Wasserstoffproduktion überhaupt anschlussfähig realisiert werden kann.



Confidential

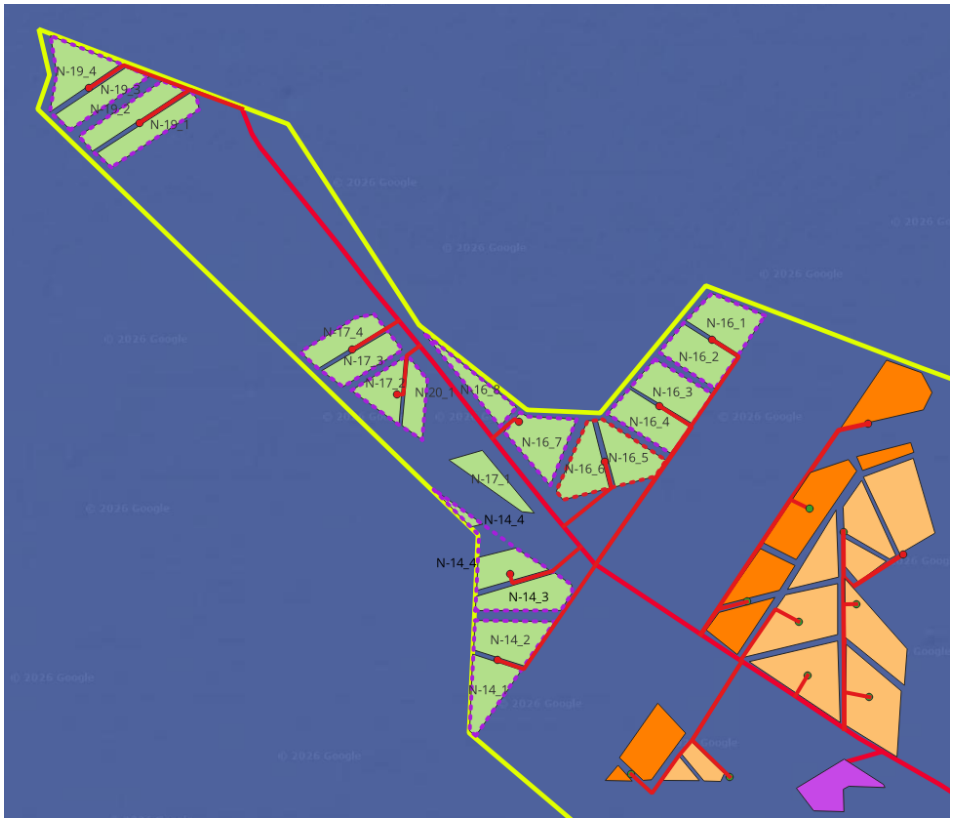


**Abbildung 3: Darstellung Wasserstoffpipelineanbindung (eigene Darstellung Ramboll; Daten aus FEP 2025 [4])**

### 2.4.4 Kriterium 4: Entfernung zur Service-Infrastruktur

Die Entfernung einer Fläche zur nächstgelegenen geeigneten Service-Infrastruktur ist ein wesentliches Kriterium für die Eignungsbewertung, da sie über die gesamte Lebensdauer der Anlagen einen maßgeblichen Einfluss auf die betrieblichen Aufwendungen (OPEX) hat. Bewertet wird die Entfernung via gängiger Schifffahrtsrouten jeder Fläche zum nächstgelegenen geeigneten Hafen in Kilometern. Für die Bewertung wurden die Häfen Esbjerg und Wilhelmshaven als Referenzpunkte herangezogen, da sie im Verhältnis zu den untersuchten Flächen zu den nächstgelegenen leistungsfähigen Offshore-Standorten zählen und grundsätzlich über relevante Erfahrungen, Flächen und Dienstleistungen für Offshore-Wind- beziehungsweise Energieinfrastruktur verfügen.

Die Relevanz dieses Kriteriums ergibt sich insbesondere aus dem hohen Anteil wiederkehrender Betriebs- und Wartungsaktivitäten bei Offshore-Anlagen. Kürzere Distanzen zu geeigneter Service-Infrastruktur reduzieren Reisezeiten, erhöhen die operative Verfügbarkeit von Personal und Ersatzteilen und verbessern die Reaktionsfähigkeit bei ungeplanten Instandhaltungsereignissen. Dies ist für Offshore-Wasserstoffproduktionsanlagen besonders relevant, da neben der Windenergieinfrastruktur zusätzliche Anlagentechnik für Elektrolyse, Wasseraufbereitung, Nebenanlagen und Sicherheitssysteme betrieben und gewartet werden muss.

Flächen mit geringerer Entfernung zu Esbjerg oder Wilhelmshaven werden daher innerhalb dieses Kriteriums günstiger bewertet als weiter entfernte Flächen. Das Kriterium dient nicht der abschließenden Festlegung eines späteren Betriebs- oder Basishafens, sondern bildet die relative Erreichbarkeit geeigneter Service-Infrastruktur ab. Eine detaillierte Hafen- und Logistikanalyse ist im Rahmen nachfolgender Projekte zu vertiefen.



Confidential

### 2.4.5 Kriterium 5: Wassertiefe

Die Wassertiefe einer Fläche ist ein zentrales Kriterium für die Eignungsbewertung, da sie unmittelbar den technisch möglichen und wirtschaftlich sinnvollen Gründungstyp der Windenergieanlagen und der zugehörigen Wasserstoff-Plattformen bestimmt.
Mit zunehmender Wassertiefe steigen in der Regel die Anforderungen an Gründung, Installation und Betrieb der Offshore-Infrastruktur. Dies betrifft auch zusätzliche Plattformstrukturen für die Elektrolyseanlage inklusive der Nebenanlage. Größere Wassertiefen können zu höheren Stahlmengen, komplexeren Gründungskonzepten, höheren Installationsaufwänden sowie zu anspruchsvolleren Anforderungen an Logistik und Wartung führen.
Für die Eignungsbewertung wird daher eine Range der repräsentativen Wassertiefe der jeweiligen Fläche herangezogen. Flächen mit geringerer Wassertiefe werden innerhalb dieses Kriteriums günstiger bewertet, da sie tendenziell geringere technische Komplexität und geringere Investitionsrisiken erwarten lassen. Flächen mit größerer Wassertiefe werden entsprechend ungünstiger bewertet, sofern keine kompensierenden projektspezifischen Vorteile vorliegen.
Das Kriterium bildet damit nicht die abschließende technische Machbarkeit einer konkreten Gründungslösung ab, sondern dient dem relativen Vergleich der untersuchten Flächen. Eine detaillierte Bewertung geeigneter Gründungstypen, Lastannahmen, Baugrundverhältnisse und Installationsverfahren wäre im Rahmen späterer Projektphasen zu vertiefen. Für die vorliegende Studie ist die Wassertiefe jedoch ein geeigneter Indikator, um Unterschiede in der technischen und wirtschaftlichen Ausgangslage der Flächen transparent abzubilden. Dabei wird auf die im FEP 2025 dargestellten Wassertiefen Bezug genommen [1].

# 3. Methodik und Datenbasis

Die Eignungsbewertung der Flächen erfolgt nach einem multikriteriellen Bewertungsverfahren (Multi-Criteria Decision Analysis). Grundlage bildet das in Kapitel 2.4 eingeführte Kriterienset, dass die wesentlichen Einflussparameter für das Flächenranking abbildet und aus dem Flächenentwicklungsplan 2025 (FEP 2025) und dem Netzentwicklungsplan 2037/2045 (NEP 2025) sowie deren Erläuterungsdokumenten wie der Ertragsmodellierung der Ausbauszenarien 24 und 25 ableitbar ist.
Jede Einzelfläche wird gegen dieselben Kriterien geprüft und je Kriterium mit einer normierten Einzelwertung auf einer Skala von 1 bis 5 Punkten versehen. Die Normierung erfolgt relativ innerhalb des Flächenkollektivs:

- die Fläche mit dem schlechtesten Wert erhält 1 Punkt,
- die Fläche mit dem besten Wert erhält 5 Punkte,
- alle übrigen Flächen erhalten einen linear interpolierten Zwischenwert, der ihre relative Position gegenüber dem Best- und dem Worst-Case widerspiegelt.
- Aufgrund sehr geringer Unterschiede in der Wassertiefe der Flächen, wurde für dieses Kriterium die Bewertung anders vorgenommen. Die Flächen mit der niedrigeren Wassertiefe (30-35 m) sind mit fünf Punkten zu bewertet, wohingegen die tieferen Flächen (35-40 m) mit 3 Punkten bewerten werden.

Da letztlich die Wirtschaftlichkeit der Wasserstoffproduktion auf den unterschiedlichen Flächen die entscheidende Größe ist, basiert die Gewichtung auf einer qualitativen ökonomischen Bewertung der Kriterien. Eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsanalyse liegt dieser Bewertung nicht zugrunde, da diese eine Festlegung auf konkrete technische Lösungen, Investitionskosten, Betriebskosten, Erlösannahmen und regulatorische Rahmenbedingungen erfordern würde. Kriterien, die einen direkten Einfluss auf die nutzbare Energiemenge, die systemische Einbindung oder die erforderliche Anbindungsinfrastruktur haben, werden daher höher gewichtet als Kriterien, die vor allem



Confidential

technische Randbedingungen oder nachgelagerte Betriebsaspekte beschreiben. Die genaue Gewichtung ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

Die gewichteten Einzelwertungen werden zu einer Gesamtpunktzahl je Fläche aggregiert. Daraus ergeben sich unmittelbar das Flächenranking und die vollständige Ranking-Tabelle mit Gesamtpunktzahl und Einzelwertung je Kriterium.

**Tabelle 2: Gewichtung der untersuchten Kriterien für das Offshore-H2-Eignungsranking**

| Kriterium | Gewichtung | Begründung |
|---|---|---|
| **K1: Systemischer Nutzen - Abgeregelte Energiemengen** | 25 % | Mittlere Gewichtung, da die abgeregelten Energiemengen einer Fläche anzeigen, in welchem Umfang ansonsten nicht nutzbare Windenergie durch Offshore-Wasserstoffproduktion verwertet werden kann. Das Kriterium bildet den spezifischen systemischen Mehrwert der Wasserstoffproduktion besonders ab. Da gängige Konzepte von einer umfassenderen Integration der Wasserstoffproduktion in das Windparkkonzept ausgehen, ist dieses Kriterium allerdings nicht primär ausschlaggebend. |
| **K2: Systemischer Nutzen - Windenergieerträge** | 30 % | Hohe Gewichtung, da die verfügbaren Windenergieerträge die potenzielle Wasserstoffproduktionsmenge und damit die wirtschaftliche Grundattraktivität einer Fläche maßgeblich bestimmen. Hohe Volllaststunden wirken sich direkt auf Anlagenauslastung und spezifische Gestehungskosten aus. Dies gilt insbesondere für umfassend integrierte Wasserstoffproduktion im Windparkkonzept. |
| **K3: Nähe zur geplanten $H_2$-Transportinfrastruktur (AquaDuctus)** | 35 % | Höchste Gewichtung, da die Nähe zur geplanten $H_2$-Transportinfrastruktur wesentlichen Einfluss auf Anbindungskosten, Realisierungsrisiken und die Einbindung in ein übergeordnetes Offshore-Wasserstoffsystem hat. |
| **K4: Entfernung zur Service Infrastruktur** | 5 % | Geringere Gewichtung, da die Entfernung zur Service-Infrastruktur vor allem laufende Betriebs- und Wartungsaufwände beeinflusst. Diese sind für die langfristige Wirtschaftlichkeit relevant, werden jedoch gegenüber Energieertrag, Abregelungsvermeidung und $H_2$-Anbindung als weniger ausschlaggebend für die grundsätzliche Flächeneignung bewertet. |
| **K5: Wassertiefe** | 5 % | Geringere Gewichtung, da die Wassertiefe zwar Auswirkungen auf Gründung, Installation und Investitionsrisiken hat, innerhalb des Untersuchungsraums jedoch primär eine technische Differenzierung darstellt. Sie beeinflusst die Wirtschaftlichkeit, bestimmt aber nicht unmittelbar die verfügbare Energiemenge oder den systemischen Nutzen. |

# 4. Bewertung und Ranking

Die Ergebnisse in Tabelle 3 zeigen deutliche Unterschiede in der relativen Eignung der untersuchten Flächen für die Offshore-Wasserstoffproduktion. Maßgeblich sind vor allem die hoch gewichteten Kriterien: abgeregelte Nähe zu AquaDuctus und Windenergieerträge. Flächen mit hohen Werten in beiden Kriterien erreichen die besten Gesamtbewertungen, während gute Einzelwerte bei nachrangigen Kriterien wie Wassertiefe oder Service-Erreichbarkeit geringere systemische Potenziale nur begrenzt ausgleichen können.

**Tabelle 3: Offshore-H2-Eignungsranking der untersuchten Flächen**

| | Systemischer Nutzen – Abgeregelte Energiemengen | Systemischer Nutzen – Windenergie-erträge | Nähe zu AquaDuctus | Entfernung zu Service Infrastruktur | Wassertiefe und Gründungs-kosten | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Gewichtung** | **25%** | **30%** | **35%** | **5%** | **5%** | **100%** |
| **N-14.1** | 4,2 | 1,0 | 3,1 | 3,2 | 5,0 | **2,8** |
| **N-14.2** | 4,2 | 1,0 | 3,1 | 3,2 | 5,0 | **2,8** |
| **N-14.3** | 4,2 | 1,0 | 4,1 | 3,7 | 5,0 | **3,2** |
| **N-14.4** | 4,2 | 1,0 | 4,1 | 3,7 | 5,0 | **3,2** |
| **N-16.1** | 3,9 | 1,8 | 1,0 | 5,0 | 5,0 | **2,4** |
| **N-16.2** | 3,9 | 1,8 | 1,0 | 5,0 | 5,0 | **2,4** |
| **N-16.3** | 3,9 | 1,8 | 2,2 | 4,7 | 5,0 | **2,8** |
| **N-16.4** | 3,9 | 1,8 | 2,2 | 4,7 | 5,0 | **2,8** |
| **N-16.5** | 3,9 | 1,8 | 4,1 | 4,2 | 3,0 | **3,3** |
| **N-16.6** | 3,9 | 1,8 | 4,1 | 4,2 | 3,0 | **3,3** |
| **N-16.7** | 3,9 | 1,8 | 5,0 | 2,8 | 3,0 | **3,5** |
| **N-16.8** | 3,9 | 1,8 | 5,0 | 2,8 | 3,0 | **3,5** |
| **N-17.2** | 1,0 | 3,4 | 4,6 | 2,4 | 5,0 | **3,2** |
| **N-17.3** | 1,0 | 3,4 | 4,7 | 2,6 | 3,0 | **3,2** |
| **N-17.4** | 1,0 | 3,4 | 4,7 | 2,6 | 3,0 | **3,2** |
| **N-19.1** | 5,0 | 5,0 | 3,8 | 1,3 | 5,0 | **4,4** |
| **N-19.2** | 5,0 | 5,0 | 3,8 | 1,3 | 5,0 | **4,4** |
| **N-19.3** | 5,0 | 5,0 | 2,9 | 1,0 | 3,0 | **4,0** |
| **N-19.4** | 5,0 | 5,0 | 2,9 | 1,0 | 3,0 | **4,0** |
| **N-20.1** | 1,0 | 2,4 | 4,6 | 2,4 | 3,0 | **2,9** |



Confidential

Die höchste Eignung weisen die Flächen des Gebiets N-19 auf. N-19.1 und N-19.2 erreichen mit jeweils 4,4 Punkten die höchsten Gesamtbewertungen, gefolgt von N-19.3 und N-19.4 mit jeweils 4,0 Punkten. Ausschlaggebend sind die sehr hohen Werte bei dem Systemischen Nutzen, den Kriterien 1 und 2. Die geringeren Werte bei $H_2$-Anbindung oder Service-Infrastruktur wirken sich demgegenüber nachrangig aus. Eine mittlere Eignung zeigen insbesondere N-14.3 bis N-14.4, N-16.5 bis N-16.8 sowie N-17.2 bis N-17.4. Bei N-14 wirken die hohen Werte bei den abgeregelten Energiemengen positiv aus, die geringeren Windenergieerträge und die relative Entfernung zur AquaDuctus Pipeline begrenzen jedoch das Gesamtergebnis. N-16.7 und N-16.8 profitieren von der Nähe zur geplanten $H_2$-Transportinfrastruktur. Das Ergebnis wird lediglich durch mittlere Windenergieerträge begrenzt. Für die drei Flächen auf dem Gebiet N-17 sprechen die Nähe zu AquaDuctus und hohe prognostizierte Winderträge. Allerdings wird auf diesen Flächen keine Abregelung erwartet, was sich auf Kriterium 1 nachteilig auswirkt.
Eine geringere relative Eignung zeigen N-14.1 und N-14.2, N-16.1 bis N-16.4, sowie N-20.1. Für N-14.1 und N-14.2 wirkt sich ein geringer prognostizierter Energieertrag in Kombination mit einer mittleren Entfernung zu AquaDuctus in Summe nachteilig aus. Bei N-16.1 und N-16.2 wirkt insbesondere die große Entfernung zu AquaDuctus nachteilig. N-20.1 liegt mit 2,9 Punkten ebenfalls im unteren Rankingbereich. Für diese Fläche werden keine hohen Windenergieerträge und auch keine Abregelung erwartet.
Die Flächen N-16.1 und N-16.2 erreichen mit 2,4 Punkten die niedrigste Gesamtbewertung. Sie verfügt zwar über eine kurze Pipelineanbindung und Service-Erreichbarkeit, erzielt jedoch bei den hoch gewichteten Kriterien, der abgeregelte Energiemengen und der Windenergieerträge jeweils nur den niedrigsten Punktwert. Das Ranking zeigt damit, dass eine Wasserstoffanbindung allein nicht ausreicht, entscheidend ist die Kombination aus systemischem Nutzen, hoher verfügbarer Windenergie und Anschlussfähigkeit an die AquaDuctus Pipeline.
Insgesamt sollten insbesondere die Flächen des Gebiets N-19 priorisiert betrachtet werden. Sie verbinden hohe Windenergieerträge mit einem hohen Potenzial zur Nutzung ansonsten abgeregelter Energiemengen und bilden damit den größten systemischen und wirtschaftlichen Mehrwert innerhalb des untersuchten Flächenkollektivs.

Die hinterlegten Werte, die zu der Bewertung der einzelnen Kriterien führen sind in Tabelle 4 im Appendix dargestellt.



Confidential

# 5. Fazit

Die Studie zeigt, dass die untersuchten Flächen der Zonen 4 und 5 in der deutschen AWZ der Nordsee unterschiedliche Eignungspotenziale für eine zentrale Offshore-Wasserstoffproduktion aufweisen. Die höchsten Bewertungen erreichen die Flächen des Gebiets N-19, insbesondere N-19.1 und N-19.2. Sie verbinden hohe erwartete Windenergieerträge mit einem hohen Potenzial zur Nutzung ansonsten abgeregelter Energiemengen und weisen damit den größten systemischen und energiewirtschaftlichen Mehrwert im untersuchten Flächenkollektiv auf. Gleichzeitig sind sie in durchschnittlicher Nähe zur AquaDuctus Pipeline.
Aus den Ergebnissen ergibt sich der fachliche Hinweis, die bestbewerteten Flächen in künftigen FEP- und NEP-Prozessen mit Blick auf eine mögliche Offshore-Wasserstoffnutzung frühzeitig mitzudenken. Dies betrifft insbesondere die Prüfung, ob einzelne Flächen oder Teilflächen für eine Wasserstoffproduktion beziehungsweise eine wasserstoffbezogene Mitnutzung vorgesehen werden können. Eine solche Berücksichtigung kann dazu beitragen, Flächenreihung, Offshore-Netzanbindung und $H_2$-Transportinfrastruktur konsistenter aufeinander abzustimmen.
Gleichzeitig spricht das Ergebnis nicht dafür, sämtliche untersuchten Flächen bereits zu Beginn für die Wasserstoffproduktion vorzusehen. Für den initialen Markthochlauf erscheint ein schrittweiser und selektiver Ansatz sachgerecht, bei dem zunächst Flächen mit hohem systemischem Nutzen, ausreichender Energieverfügbarkeit und plausibler Pipeline Anschlussfähigkeit vertieft geprüft werden. Dadurch lassen sich planerische Komplexität, Flächenkonkurrenzen und regulatorische Unsicherheiten reduzieren.

Für künftige Planungs- und Konsultationsprozesse liefern die Ergebnisse fachliche Hinweise, welche Flächen mit Blick auf eine mögliche wasserstoffbezogene Nutzung vertieft geprüft werden könnten. Neben den bestbewerteten N-19-Flächen sollten dabei Wechselwirkungen mit Offshore-Wind-Ausbauzielen, Stromnetzanbindung, Raumordnung, Umweltbelangen, Schifffahrt, militärischer Nutzung und der Entwicklung einer $H_2$-Transportinfrastruktur transparent berücksichtigt werden.
Die Studie ersetzt keine technische Machbarkeitsstudie, keine Detailplanung einer Elektrolyseplattform und keine Wirtschaftlichkeitsanalyse eines konkreten Projekts. Sie bewertet nicht abschließend, ob zentrale Offshore-Wasserstoffproduktion technisch, genehmigungsrechtlich oder wirtschaftlich insgesamt vorzugswürdig ist. Ziel ist der relative Vergleich ausgewählter Flächen und die Ableitung von Hinweisen für künftige FEP- und NEP-Prozesse.
Zusammenfassend legt das Ranking nahe, die Flächen mit dem höchsten systemischen Nutzen und gleichzeitiger Nähe zur AquaDuctus Pipeline in vorgelagerten Planungsinstrumenten angemessen zu berücksichtigen. Ein selektiver Einstieg über besonders geeignete Flächen kann dazu beitragen, Offshore-Wasserstoffproduktion planerisch anschlussfähig, systemdienlich und regulatorisch nachvollziehbar in die weitere Entwicklung der deutschen AWZ einzubinden.



Confidential

# 6. Referenzen

[1] Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, „Flächenentwicklungsplan 2025 für die deutsche Nordsee und Ostsee," Budesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg und Rostock, 2025.

[2] 50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, TenneT TSO GmbH, TransnetBW GmbH, „Netzentwicklungsplan Strom 2037 /2045 (2025), Zweiter Entwurf der Übertragungsnetzbetreiber," CC-BY-4.0, 2025.

[3] F. Gas, „FNB Gas," [Online]. Available: https://fnb-gas.de/h2-projekte/aquaductus/. [Zugriff am 10 08 2026].

[4] L. Vollmer und M. Dörenkämper, „Ad-Hoc Analyse: Ertragsmodellierung der Ausbauszenarien 24 und 25," Fraunhofer IWES, Bremerhaven, 2025.

# 7. Appendix

**Tabelle 4: Flächenspezifische Daten für die Kriterien des Offshore-H2-Eignungsranking**

| | Systemischer Nutzen: Abgeregelte Energiemengen | Systemischer Nutzen: Windenergie-erträge | Nähe zu AquaDuctus | Entfernung zu Service Infrastruktur | Wassertiefe und Gründungs-kosten |
|---|---|---|---|---|---|
| **Einheit** | **[%]** | **[h]** | **[km]** | **[km]** | **[m]** |
| **N-14.1** | 7,72 | 3.334 | 33 | 245 | 30 - 35 |
| **N-14.2** | 7,72 | 3.334 | 33 | 245 | 30 - 35 |
| **N-14.3** | 7,72 | 3.334 | 19 | 220 | 30 - 35 |
| **N-14.4** | 7,72 | 3.334 | 19 | 220 | 30 - 35 |
| **N-16.1** | 6,57 | 3.473 | 61 | 165 | 30 - 35 |
| **N-16.2** | 6,57 | 3.473 | 61 | 165 | 30 - 35 |
| **N-16.3** | 6,57 | 3.473 | 44 | 180 | 30 - 35 |
| **N-16.4** | 6,57 | 3.473 | 44 | 180 | 30 - 35 |
| **N-16.5** | 6,57 | 3.473 | 19 | 200 | 35 - 40 |
| **N-16.6** | 6,57 | 3.473 | 19 | 200 | 35 - 40 |
| **N-16.7** | 6,57 | 3.473 | 7 | 260 | 35 - 40 |
| **N-16.8** | 6,57 | 3.473 | 7 | 260 | 35 - 40 |
| **N-17.2** | 0 | 3.771 | 13 | 280 | 35 - 40 |
| **N-17.3** | 0 | 3.771 | 12 | 270 | 35 - 40 |
| **N-17.4** | 0 | 3.771 | 12 | 270 | 35 - 40 |
| **N-19.1** | 9,10 | 4.058 | 24 | 325 | 30 - 35 |
| **N-19.2** | 9,10 | 4.058 | 24 | 325 | 30 - 35 |
| **N-19.3** | 9,10 | 4.058 | 35 | 340 | 35 - 40 |
| **N-19.4** | 9,10 | 4.058 | 35 | 340 | 35 - 40 |
| **N-20.1** | 0 | 3.595 | 13 | 280 | 35 - 40 |



Confidential