



H2Mare-Projekt TransferWind

Wissenschaftlicher Austausch mit verwandten Projekten und
Konkretisierung der Zulassungsanforderungen an PtG-Anlagen

Sachbericht zum Verwendungsnachweis Teil II: Langfassung

Stand:	27.03.2026
Einreichungsdatum (TIB):	30.03.2026
Partnerin/Partner:	cruh21 GmbH
Autorin/Autor:	Verena Hertzsch, Dr. Ursula Prall
Fördertitel:	Verbundvorhaben H2Mare_VB3: TransferWind – H2Mare Forschungs-Transfer
Förderkennzeichen:	03HY303P
Laufzeit:	01.04.2021 – 31.12.2025
Disclaimer:	<i>Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin/beim Autor/den Autoren.</i>

Gefördert durch:

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	3
Abbildungsverzeichnis.....	4
Tabellenverzeichnis.....	5
I. Ausführliche Darstellung der durchgeführten Arbeiten und erzielten Ergebnisse im Vergleich zur ursprünglichen Vorhabensbeschreibung	6
I.1 Arbeitspaket 1.2: Wissenschaftlicher Austausch mit verwandten Projekten.....	6
I.2 Arbeitspaket 2.4: Konkretisierung der Zulassungsanforderungen an PtG-Anlagen	8
II. Verwendung der Zuwendung.....	17
II.1 Darstellung der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	17
II.2 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten.....	17
III. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse im Sinne des Verwertungsplans .	18
IV. Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens während der Laufzeit.....	18
Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen nach Nr. 5 der NKBF/NABF	19

Abkürzungsverzeichnis

AWZ	Ausschließliche Wirtschaftszone
BMFTR	Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt
BMWE	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BSH	Bundesamt für SeeSchifffahrt und Hydrographie
FEP	Flächenentwicklungsplan
PtG	Power to Gas
SEN	Sonstige Energiegewinnung
TPO	Technologieplattform Office

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Landkarte der Wasserstoffprojekte in Deutschland..... 7

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Gegenüberstellung von Meerwasseraufbereitung mit großer und geringer Ausbeute</i>	14
<i>Tabelle 2: Allgemein in Wasserentsalzungsanlagen eingesetzte Chemikalien</i>	14
<i>Tabelle 3: Gegenüberstellung Seewasserkühlystem und Subsea-Cooler</i>	16
<i>Tabelle 4: Erfolgte Veröffentlichungen</i>	19

I. Ausführliche Darstellung der durchgeführten Arbeiten und erzielten Ergebnisse im Vergleich zur ursprünglichen Vorhabensbeschreibung

Die durchgeführten Tätigkeiten umfassen gemäß Teilvorhabenbeschreibung die Bereiche Wissenschaftlicher Austausch mit verwandten Projekten und die Konkretisierung der Zulassungsanforderungen an PtG-Anlagen.

I.1 Arbeitspaket 1.2: Wissenschaftlicher Austausch mit verwandten Projekten

Arbeitspaket 1.2 hatte die übergeordnete Zielsetzung, einen intensiven fachlichen Austausch zwischen den Wasserstoff-Leitprojekten sowie anderen relevanten (inter-)nationalen Initiativen und Projekten anzuregen.

Die erste Projektliste, Meilenstein 1, wurde im 6. Projektmonat der Verbundleitung zur Verfügung gestellt. Der Wissenstransfer mit den Projekten TransHyDE Mukran, TransHyDE Helgoland und der AquaVentus Initiative wurde regelmäßig durchgeführt (Meilensteine 2, 3 und 4). Zusätzliche Formate zum Wissenstransfer, die durchgeführt wurden, waren bspw. die Regulatorik-Community ab Q3 2022, zwei Workshops zum Thema Regulatorik am 26.04.2023¹ und am 14.06.2023² und der 7-Minutes-Slam ab Q3 2024 bis Projektende. Die Wissensplattform wurde von Beginn an entwickelt und im Mai 2024 den Projektpartnern vorgestellt und freigeschaltet. Die Wissensplattform beinhaltet zum einen die Wissenslandkarte (Meilenstein 5), zum anderen wurde die Aufbereitung und das Schnittstellenmanagement aus den Meilensteinen 2, 3 und 4 durch sie unterstützt.

Die Wasserstoffleitprojekt-übergreifende Wissensplattform ist aufgebaut und etabliert worden. Sie ermöglicht die Zurverfügungstellung von fachlichen und technischen Inhalten für die Projektpartner zwischen H₂Mare und TransHyDE und dient der Wissensvernetzung. Sie vereint übersichtlich von den Projektpartnern erstellte Inhalte sowie die spezifische Marktexpertise durch cruh21 GmbH. Der durch Auswertung gewonnene Überblick über die Markt- und Projektlandschaft ist in den weiteren Wissensaustausch geflossen, sodass Schnittstellen bedient wurden.

Zum Aufbau der Plattform wurde ein Minimal Viable Product entwickelt und stetig ausgebaut. Es wurde ein passendes Back- und Front-End umgesetzt. Es wurde sich für eine Windows-Umgebung entschieden, ähnlich der IT-Infrastruktur, die von dem H₂Mare TPO bereitgestellt wird. Das Nutzermanagement erlaubt es, Datenräume innerhalb der Leitprojekte zur Verfügung zu stellen oder Datenräume mit den Nutzer:innen von TransHyDE zu teilen. Zur Einordnung der Inhalte wurde eine Verschlagwortung auf Basis der Forschungsinhalte der Leitprojekte erstellt. Über verlinkte Formulare ist es den Nutzer:innen kontinuierlich möglich, Inhalte für die Plattform einzureichen, die bei Bedarf in einem persönlichen Termin besprochen wurden. cruh21 GmbH hatte die Aufgabe der Pflege und der durchgängigen eigenständigen Erweiterung der Inhalte.

Die Plattform vereint Inhalte wie eine Projektliste, verknüpft mit einer interaktiver weltweiten Projektlandkarte als Wissenslandkarte, durch eine interaktive Webansicht eines Geoinformationssystems (Auszug siehe Abbildung 1). Zum Austausch zu TransHyDE Mukran und Helgoland wurden die Informationen zu diesen Projekten dargestellt. Weitere Inhalte sind beispielsweise: LNG2Hydrogen, H₂Mare Offshore Game, Normungsdatenbank TransHyDE NORM, Steckbriefe PtX-Offshore, Überblick der Wissenstransfer-Events des Projektpartners Stiftung OFFSHORE-WINDENERGIE.

¹ Workshoptitel: Regulatorische Bedarfe bei der Offshore-Wasserstoffherzeugung aus Sicht von Wissenschaft und Praxis

² Workshoptitel: Zulassungskriterien rund um die Anlage Safety, Emissionen und Co.

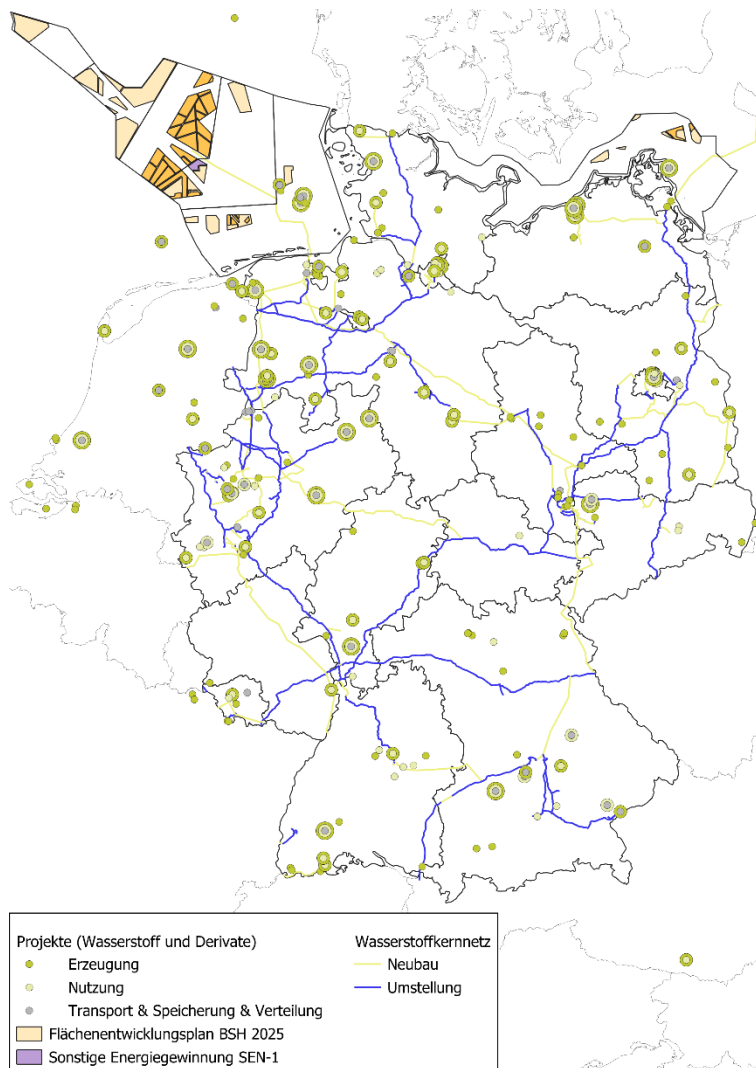


Abbildung 1: Landkarte der Wasserstoffprojekte in Deutschland

Über die Regulatorik-Community wurde ein Wasserstoffleitprojekt-übergreifender Austausch im Bereich Recht gefördert. Für das Projekt H₂Mare wurden im ersten Schritt durch eine Umfrage interessierte Partner in H₂Mare angesprochen, identifiziert und eingebunden. An der Regulatorik-Community waren aus H₂Mare 12 Projektpartner beteiligt. Arbeitsgruppen mit Themen entlang der Wasserstoffwertschöpfungskette wurden gemeinsam abgestimmt und bearbeitet. Die Regulatorik-Community wirkte so als eine Plattform für thematischen Austausch und die Erarbeitung von Policy Papers und Optimierungsvorschlägen für identifizierte Hemmnisse beim Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft. Projektpartner konnten Themenvorschläge einbringen. Des Weiteren wurden durch diese Plattform Projektpartner Wasserstoffleitprojekt-übergreifend miteinander bekannt.

Zwei Workshops organisiert durch cruh21 haben den Austausch zu rechtlichen Rahmenbedingungen für Offshore-PtX-Erzeugung ergänzt und konnten Expertisen der einzelnen Projektpartner untereinander kenntlich machen.

In dem ersten Workshop, mit Grußwort des BMFTR, eines Vortrags des BMWi, der TU-Berlin und Siemens Gamesa wurden regulatorische Bedarfe bei der Offshore-Wasserstoffherzeugung aus Sicht von Wissenschaft und Praxis erarbeitet. Die Bedarfe wurden einerseits in ausreichend Anreizen zur Initiierung von H₂-Offshore-Projekten (Förder- und Vermarktungsmechanismen, Flächenverfügbarkeit, Vorhandensein H₂-Transportinfrastruktur) gesehen. Andererseits wurden Bedarfe bzgl. der Zulassungsvoraussetzungen eines solchen Vorhabens herausgestellt. Des Weiteren wurden Bedarfe

entlang der Wertschöpfungskette identifiziert (übergeordnet, Erzeugung, Einspeisung, Transport und Vermarktung). Die Ergebnisse wurden den Teilnehmenden sowie den Ministerien zur Verfügung gestellt, sodass hier ein Wissensfluss sichergestellt wurde. Aufbauend auf den ersten Workshop wurden im zweiten Workshop die Voraussetzungen für die Vorhabenzulassung in den Fokus genommen. Als Ergebnis wurden insbesondere die Bereiche Abwärme, Abwasser und Sole identifiziert, auf die aus Sicht der Teilnehmenden ein besonderes Augenmerk gelegt werden muss.

Zu dem Thema Zulassung von PtX-Offshore-Plattformen wurde ein Ergebnisaustausch mit den Projekten Normungsroadmap Wasserstofftechnologien und dem Projekt Portal Green II etabliert. Zwischen den Projekten TransHyDE Mukran und TransHyDE Helgoland bestand ein durchgängig gepflegter Wissensaustausch auf Ebene der Projektmitarbeitenden des eigenen Unternehmens und der Projektleitung. Ergebnisse wurden auf der Wissensplattform dargestellt. Vor Etablierung der Wissensplattform wurden Schnittstellen und Wissensstränge über Excel-Listen, einer lokalen Wissenslandkarte und Übersichten auf digitalen Whiteboards ermittelt. So wurden die Projekte kontinuierlich über für sie relevante Informationen und Neuigkeiten aus den Projekten auf dem Laufenden gehalten. Der regelmäßige Austausch zwischen cruh21 für H₂Mare und der AquaVentus Initiative wurde auf Ebene der Geschäftsführung sichergestellt, wobei die Austausche keinem regelmäßigen Turnus folgten, jedoch auf inhaltlicher Ebene eine lückenlose Kontinuität gewährleistet wurde. Mit dem entwickelten Format 7-Minutes-Slam wurden vorhandene H₂Mare-Webinar- und Workshop-Formate erfolgreich ergänzt. Die Termine wurden bewusst in einem kurzen, niederschweligen, unterhaltenden Format zur Mittagspause gestaltet, bei denen die Vorträge genau 7-Minuten dauerten und in einem kreativen Format vorgetragen werden konnten. Das Interesse wurde bei beiden Terminen mit ca. 40 Teilnehmenden als hoch eingeschätzt. Den Personen, die ihre Ergebnisse teilen wollten, wurde in diesen Formaten eine Plattform geboten, sodass zwei Termine realisiert worden sind. Eingebunden waren die Projektpartner von TransHyDE Mukran, TransHyDE Helgoland und AquaVentus. Zwei weitere Termine wurde den Projektpartnern angeboten, konnte jedoch nicht mit Vorträgen gefüllt werden.

I.2 Arbeitspaket 2.4: Konkretisierung der Zulassungsanforderungen an PtG-Anlagen

Das Arbeitspaket 2.4 verfolgte die Zielsetzung, auf Basis der Aufbereitung des Status quo die zügige Weiterentwicklung des rechtlichen Rahmens für PtG-Anlagen offshore proaktiv zu befördern. Denn für die Entwickler und Betreiber solcher Anlagen ist es bereits in der Anlagen- und Projektentwicklung wichtig, die Anforderungen an die Zulassung der Anlagen zu kennen. Dies bezieht sich beispielsweise auf die konstruktiven Anforderungen und auf die Konkretisierung der Anforderungen des Umweltrechts in Auslegung und Betrieb. Hier waren Unsicherheiten zu verzeichnen, die die Technologieentwicklung und -realisierung hemmen, statt den groß-maßstäblichen Markthochlauf zu entzünden.

Das Ziel wurde laut Antrag in fünf Arbeitsschritten erarbeitet, deren Abschluss jeweils einen Meilenstein darstellt. Die Arbeitsschritte und Meilensteine waren:

- a) Eine Bestandsaufnahme der bisherigen Arbeiten und Ergebnisse aus den H₂Mare-Verbundprojekten im Bereich gesetzlicher Rahmen und Recht. Der Meilensteinbericht wurde im Dezember 2023 der Verbundkoordination übersandt.
- b) Eine erste Aufbereitung und Vorabprüfung der Zulassungsanforderungen auf „Lücken“ durch die zusammengestellten Ergebnisse aus (a) und Ergänzungen eigener Erkenntnisse. Mit diesen Arbeiten wurde das „regulatorische Delta“ bestimmt. Die Ergebnisse wurden laut Meilensteinplan in einem Bericht zusammengefasst. Ergebnisse des Berichts wurden den H₂Mare-Projektpartnern in einem Workshop vorgestellt und gemeinsam kritisch diskutiert (15.02.2024).

- c) Die Identifizierung und Ansprache der zuständigen Stellen und geeigneter Marktteilnehmer und Etablierung einer „task force“ mit dem Arbeitsziel, das „regulatorische Delta“ zu füllen. Der Meilenstein wurde in Q2 2024 erreicht.
- d) Die Initiierung der Ausarbeitung von Anforderungen an offshore Wasserstoff-Erzeugungsanlagen. Diese wurde durch Arbeitstreffen der „task force“ und den zuständigen Stellen erreicht. Die Dissemination der Ergebnisse wurde gemeinsam erarbeitet und nach Meilensteinplan vorgestellt.
- e) Das Monitoring, das die praktischen Auswirkungen der Arbeitsergebnisse bewertet sowie das Vorhaben beeinflussende Änderungen im gesetzlichen Rahmen verfolgt und die Auswirkungen bewertet³. Ergebnisse und Schlussfolgerungen wurden nach Meilensteinplan begleitend bis zum Projektende gezogen, in der Arbeit berücksichtigt und der präsentiert.

Untersuchung des rechtlichen Rahmens und der Verwaltungspraxis zur Bestimmung des „regulatorischen Deltas“

Die Untersuchung bezieht sich auf die Fläche SEN-1 aus dem Flächenentwicklungsplan (FEP) für Anlagen Sonstiger Energiegewinnung, zu denen insbesondere Elektrolyseure zur Wasserstoff-erzeugung, aber auch andere PtX-Anlagen gehören, die in der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) liegt.

Für die Bestandsaufnahme der bisherigen Arbeiten und Ergebnisse im Bereich gesetzlicher Rahmen und Recht aus den H₂Mare-Verbundprojekten, wurde den H₂Mare-Projektpartnern eine Anfrage zu ihren bisherigen Arbeiten versendet. Rücklauf kam vor allem von der Technischen Universität Berlin aus TransferWind, dem AP 2.1. Sie umfasste eine umfangreiche Übersicht von internationalen Übereinkommen, EU-Richtlinien und -Verordnungen, nationalen Gesetzen, technischen Regeln und Vorschriften der Berufsgenossenschaften.

Der bestehende rechtliche Rahmen wurde eingehend geprüft. Sonstige Energiegewinnungsanlagen sind in der AWZ gem. §§ 65, 66 WindSeeG planfeststellungsbedürftig. Zuständig für die Planfeststellung ist das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH). Die materiellen Anforderungen an die Planfeststellungsfähigkeit von solchen Anlagen ergeben sich aus § 69 Abs. 3 WindSeeG: Der Plan darf nur festgestellt werden, wenn die dort genannten Voraussetzungen erfüllt sind; überdies bedarf die Planfeststellung des Einvernehmens der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) des Bundes (§ 69 Abs. 10 WindSeeG). Des Weiteren unterliegt das Vorhaben der Abwägung durch die Planfeststellungsbehörde.

Es ist festzuhalten, dass die Zulassungsvoraussetzungen für die Anlagen damit auch vollständig und abschließend beschrieben sind. Es gibt auf Gesetzesebene keine Lücke. Allerdings sind diese Vorgaben so abstrakt bzw. unbestimmt, dass sie trotz der ersten Ausdifferenzierung in § 69 Abs. 3 WindSeeG für die Praxis keine eingängige Handreichung darstellen, sondern für eine bessere Planungs- und Investitionssicherheit konkretisiert werden sollten.

Daher wurde ergänzend anhand der Verwaltungspraxis des BSH geprüft, welche konkreten Maßstäbe angelegt werden. Somit wurden beurteilt, ob ein Vorhaben genehmigt werden kann oder ob es ein Ge- oder Verbot verletzt. Die Quellen sind die Planungsgrundsätze des Flächenentwicklungsplans und Genehmigungs- und Planfeststellungsbeschlüsse für Offshore-Windparks und für Netzanbindungssysteme. Es hat sich gezeigt, dass in für die Bau- und Rückbauphase die Verwaltungspraxis konkretisierende Regeln bietet, sodass die Zulassungsanforderungen definiert sind. Konkretisierungslücken hingegen konnten für die Betriebsphase im Hinblick auf den Schutz der Meeresumwelt identifiziert werden. Dies betrifft die Emissionen Abwärme aus den Kühlsystemen zur

³ Im Rahmen des Monitorings wurden der Gesetzentwurf zur Umsetzung der EU-Erneuerbaren-Richtlinie in den Bereichen Windenergie auf See, der neue Flächenentwicklungsplan 2025, der Stand der Ausschreibung der Fläche SEN-1 und die Projektlandschaft der Wasserstoff-Elektrolyse Offshore untersucht.

Anlagenkühlung, Sole aus der Wasserentsalzungsanlage zur Versorgung der Elektrolyseure mit Reinstwasser sowie Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff aus den Entspannungssystemen. Wobei als Schwerpunkt die Wärme aus dem Kühlsystem und die Sole aus der Wasseraufbereitung identifiziert wurden, da der Eintrag in die Wassersäule erfolgt. Darin – und nur darin – besteht das regulatorische Delta.

Vermeidungs- und Minimierungsgebot und „unvermeidbare“ Emissionen

Mit dem allgemeinen Vermeidungs- und Minimierungsgebot wird sichergestellt, dass die Errichtung und der Betrieb von Offshore-Anlagen nicht zu einer Verschmutzung der Meeresumwelt im Sinne von § 69 Abs. 3 S. 1 Nr. 1 WindSeeG führt.⁴ Es gilt für sämtliche bei Bau und Betrieb von Offshore-Anlagen denkbaren Emissionen. Eine Relativierung erfolgt durch die Zulässigkeit „unvermeidbarer“ Emissionen. Dabei ist „unvermeidbar“ als eine Emission zu verstehen, die nur mit einem Aufwand vermieden werden könnte, der im Verhältnis zum Gewicht des Schutzerfolgs unverhältnismäßig wäre.

Planungsgrundsatz 7.1.5 des FEP 2025 enthält Vorgaben zur Emissionsminderung und -vermeidung⁵. Er statuiert die generelle Pflicht, Emissionen zu vermeiden oder, soweit sie unvermeidlich sind, zu vermindern (7.1.5 (a)). Dieser allgemeine Grundsatz wird noch nach konkreten Gegenständen⁶ weiter ausdifferenziert, das bedeutet, bestimmte Emissionen werden als „unvermeidbar“ beschreiben und sind daher zulässig.

Ergebnis der Prüfung: Sole

Auf das Einleiten von Sole wird im Planungsgrundsatz 7.1.5 des FEP 2025 nicht gesondert eingegangen. Daher wäre der Planungsgrundsatz „h) Das Einbringen und Einleiten von Abfällen in die Meeresumwelt ist verboten. Abfall ist an Land zu verbringen und dort nach den geltenden abfallrechtlichen Bestimmungen zu entsorgen.“ anzuwenden, da Sole als Abwasser eingeordnet wird. Es gilt also „zero emissions“ für die Sole.

Das BSH hat Sachverhalte vorgezeichnet, in denen Ausnahmen vom Grundsatz in Betracht kommen. Zu dem Planungsgrundsatz 7.1.5 (a) wird darauf eingegangen, dass in der Konsultation gefordert wurde, dass für die Sonstige Energiegewinnungsanlagen klargestellt werden solle, dass die Sole eine „unvermeidbare“ Emission sei. Die daher zulässigen Emissionen sollen bis zu einem noch festzulegenden allgemeingültigen oder im Einzelverfahren festzusetzenden Grenzwert bestimmt werden. Dies wurde im FEP (2025) nicht umgesetzt, da laut BSH noch zu viele Unsicherheiten bestehen. Die Wertung der Emission Sole wird daher, einschließlich entsprechender Vermeidungsmaßnahmen, im Zulassungs- und Vollzugsverfahren vorgenommen⁷.

Da im Fall der Sole kein verbindliches Fachrecht ersichtlich ist (bspw. Vorschriften aus der Schifffahrt sind für die Anlagen nicht verbindlich), kommt prinzipiell eine Abweichung von 7.1.5 des FEP 2025 in Betracht. Die Konkretisierung, die hier die Form eines absoluten Verbots hat, kann also aufgebrochen werden, ohne dass der Grundsatz zwingend angepasst werden muss.

Die „task force“ hat erarbeitet, dass es keine sinnvolle Umsetzung einer Offshore-Wasserstofferzeugungsanlage gibt, bei der die Sole nicht in die Wassersäule eingeleitet wird (siehe Abschnitt Technische Umsetzungsmöglichkeiten der Offshore-Wasserstofferzeugungsplattform als Stellschrauben für Emissionen). Mit dem FEP (2025) besteht daher weiterhin Planungsunsicherheit für die Projektentwickler und zukünftigen Betreiber im Anlagendesign.

Ergebnis der Prüfung: Kühlwasser

⁴ FEP (2025), Begründung zu Ziff. 7.1.5 (S. 77).

⁵ FEP (2025), Planungsgrundsatz 7.1.5, S.22.

⁶ Hervorhebungen von Verf.

⁷ FEP (2025), S.135

Planungsgrundsatz 7.1.5 (n) FEP (2025) konkretisiert das Verschmutzungsverbot in Hinblick auf Kühlsysteme/Wärmeeinträge. Zur Anlagenkühlung soll ein geschlossenes Kühlsystem eingesetzt werden, bei dem es nicht zu Kühlwassereinleitungen oder sonstigen stofflichen Einleitungen (Anti-Fouling-Mittel bzw. Biozide) in die Meeresumwelt kommt.

Das BSH hat Sachverhalte vorgezeichnet, in denen Ausnahmen vom Grundsatz in Betracht kommen. Es führt in der Begründung des Planungsgrundsatzes aus:⁸

„Zur Anlagenkühlung sind Seewasserkühlsysteme mit Einleitungen im regulären Betrieb nur in begründeten Ausnahmefällen zulässig. Dazu gehört auch der Fall, wenn die benötigte Kühlleistung mit geschlossenen Systemen oder Systemvarianten nachweislich nicht erreicht werden kann und auch keine geeigneten Alternativsysteme zur Verfügung stehen.

Antifouling-Mittel bzw. Biozide sind reaktive Substanzen und besitzen, abhängig von der Konzentration, abträgliche Auswirkungen auf die aquatische Umwelt. Um einer Verschmutzung der Meeresumwelt entgegenzuwirken ist der Einsatz von Antifouling-Mitteln bzw. Bioziden in Seewasserkühlsystemen durch eine bedarfsgerechte Behandlungsstrategie auf ein Mindestmaß zu begrenzen. Die Möglichkeit einer saisonalen Abschaltung der Zugabe von Antifouling Mitteln bzw. Bioziden, unter Beachtung der zu erwartenden Stärke des marinen Bewuchses, ist zu prüfen. Sofern Verfahren mit Chlorierungen vorgesehen sind, ist die Konzentration am Auslass, also bei Einleitung in die Meeresumwelt, zu überwachen und eine maximale Einleitkonzentration von 0,2 ppm Total Residual Oxidant (TRO) grundsätzlich einzuhalten. Eine Überwachung der Bewuchsstärke ist in Betracht zu ziehen. Der Einsatz von Antifouling-Mittel bzw. Bioziden bedarf vorab einer umfassenden umweltfachlichen Bewertung.“

In mindestens zwei⁹ Planfeststellungsbeschlüssen hat das BSH Seekühlwassersysteme zugelassen und zudem den zulässigen Wärmeeintrag klar benannt: Für die Konverterplattformen DolWin epsilon und BorWin epsilon wurde ein Wärmeeintrag von 10 K Temperaturunterschied als zulassungsfähig angesehen.¹⁰ Eine Konkretisierung des zulässigen Wärmeeintrags liegt damit zwar vor. Ob eine Übertragung von der Konverterplattform auf die Offshore-Elektrolyse sachgerecht ist, wäre aber in ökologischer Hinsicht noch zu diskutieren.

Mögliche Auswirkungen der Einträge von Sole und Wärme

Die grundsätzlichen möglichen Auswirkungen der Einträge von Sole und Wärme hat der H₂Mare-Projektpartner Stiftung OFFSHORE-WINDENERGIE wie folgt beschrieben:

„Die Salinität eines marinen Ökosystems ist ein wichtiger hydrographischer und ökologischer Treiber. Das Einbringen von Sole erhöhter Salzkonzentration stellt damit einen neuen Wirkfaktor im Ökosystem dar. Schon jetzt sind verschiedene hydrographische Wirkfaktoren auf die Meeresumwelt nicht vollends verstanden. Mit dem Einleiten von Sole würde man einem multivariablen System einen weiteren unverstandenen hydrographischen Wirkfaktor hinzufügen. Eine erhöhte Salzkonzentration muss aus Sicht des Naturschutzes untersucht werden. Wegen Unsicherheiten der Prognose ist daher der Vorsorgegrundsatz anzuwenden.“¹¹

Der Wärmeeintrag ist gemeinsam mit der Wirkung der erhöhten Salinität durch die Sole zu bewerten, da beide in enger Wechselwirkung stehen (Dichteveränderung des Wassers). Die Wassertemperatur hat außerdem einen signifikanten Einfluss auf die Besiedlungschancen von Organismen auf Strukturen und in Habitaten. Dadurch entsteht die konkrete Gefahr, dass sich an solchen Stellen durch die lokal

⁸ FEP (2025), S. 80.

⁹ Für andere Konverter, die ebenfalls ein offenes Kühlsystem haben werden, ergibt sich dies nicht aus den uns vorliegenden Unterlagen.

¹⁰ Vgl. BSH, Planfeststellungsbeschluss DolWin5 vom 22.03.2023, S. 88; BorWin5 vom 19.01.2024 S. 136.

¹¹ Dr. Matthias Wehkamp, Beitrag beim projektinternen Online-Workshop der AG Regulatorik „Die Zulassung von sonstigen Energiegewinnungsanlagen in der AWZ“ am 15.02.2024.

beschränkte Temperaturerhöhung neue und lokal atypische Benthosgemeinschaften etablieren könnten, ggf. auch Neobiota. Eine Bewertung, ob und in welchem Ausmaß die Etablierung neuer Biozöosen oder Neobiota Einfluss auf die heimischen Lebensgemeinschaften hat, ist nicht ganz einfach, da dies auch vielen noch unverstandenen Variablen unterliegt.¹² Daher ist auch hier das Vorsorgeprinzip anzuwenden.

Weitere konsultierte Akteure wiesen zusätzlich darauf hin, dass der Wärmeeintrag kritisch untersucht werden müsse. Bereits die Erwärmung der Nordsee durch den Klimawandel kann punktuell zu erhöhter Temperatur führen, in der es zur Ansiedlung von invasiven Arten kommen kann. Ein weiterer Wärmeeintrag erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass eine Temperaturschwelle überschritten wird und sich Trittstein-Habitate bilden können.

Grundsätzliche potenzielle Gefahren für die Meeresumwelt werden in dem Paper „Anticipating potential environmental risks of offshore hydrogen production powered by offshore wind farm“ des französischen Projekts OPHARM2 dargestellt.¹³

Eine tiefgehende Bewertung der Auswirkungen der Emissionen auf das Schutzgut Meeresumwelt konnte in dem Projekt H₂Mare nicht untersucht werden.

Zusammenarbeit in der „task force“

Die Ergebnisse wurden mit den H₂Mare-Partnern in einem Workshop diskutiert und validiert. Mit den H₂Mare-Projektpartnern Siemens Energy Siemens Gamesa, DVGW ebi und TU-Berlin wurde eine „Task Force“ gebildet. Weitere H₂Mare-Projektpartner wie die Stiftung OFFSHORE-WINDERNGIE, das Helmholtz-Zentrum Hereon, die DECHEMA und thyssenkrupp wurden zusätzlich hinzugezogen. So bestand die „task force“ aus einem interdisziplinären Team mit Marktteilnehmern aus dem privatwirtschaftlichen Bereich sowie forschenden Stellen. Im Projektverlauf wurden weitere externe Akteure hinzugezogen wie das Bundesamt für Naturschutz, das Helmholtz-Zentrum Hereon (nicht in H₂Mare involviertes Fachgebiet), die Versorgungsbetriebe Helgoland, Hersteller von Offshore-Kühlsystemen und das Projekt OPHARM2. Die Ergebnisse wurden regelmäßig bei den Verbundtreffen von TransferWind sowie einem Verbundtreffen von H₂Wind vorgestellt und besprochen.

Das BSH als zuständige Stelle zusammen mit dem Umweltbundesamt wurden kontaktiert und über das Forschungsvorhaben informiert. Die Notwendigkeit einer Auseinandersetzung mit den Zulassungsanforderungen wurde von den Behörden erkannt und es konnte ein regelmäßiger Austausch in vier Arbeitsterminen etabliert werden, in die die Task-Force inhaltlich eingebunden war. Der erste Termin diente dem Kennenlernen und es wurden die Ergebnisse der Prüfung des rechtlichen Rahmens vorgestellt (siehe oben). Der zweite Termin galt der Wissensvermittlung, der Konkretisierung der Zusammenarbeit und erlaubte es, ein Verständnis für Prozesse und Arbeitsweise der Behörden zu gewinnen. Der dritte Termin wurde dazu genutzt, offene Fragestellungen in den Bereichen Technologie, Ökologie und Recht zu sammeln. Die Antworten wurden anschließend mit den H₂Mare-Partnern ausgearbeitet und im vierten Termin vorgestellt. Fragen, die nicht im Rahmen des H₂Mare-Projekts beantwortet werden konnten, wurden als offene Fragen und Erkenntnisbedarf zusammengetragen.

Technische Umsetzungsmöglichkeiten der Offshore-Wasserstoffherstellungsplattform als Stellschrauben für Emissionen

¹² Dr. Matthias Wehkamp, Beitrag beim projektinternen Online-Workshop der AG Regulatorik „Die Zulassung von sonstigen Energiegewinnungsanlagen in der AWZ“ am 15.02.2024.

¹³ Dussauze, M., et al. (2026): Anticipating potential environmental risks of offshore hydrogen production powered by offshore wind farm. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 226, 116221. Elsevier. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.116221>

Bei der Auslegung und Wahl der technischen Systeme gibt es verschiedene Umsetzungsmöglichkeiten. Diese beeinflussen das Plattformdesign stark. Bspw. macht es einen großen Unterschied, ob ein Seewasserkühlsystem oder ein geschlossenes Kühlsystem verbaut ist. Genau das macht eine Konkretisierung der Zulassungsanforderungen vor dem Planfeststellungsverfahren für Entwickler so entscheidend.

Die Umsetzungsmöglichkeiten können aber auch als Stellschrauben für Emissionen betrachtet werden, da die Emissionen je nach Systemauslegung unterschiedlich ausfallen und somit die Umweltwirkung unterschiedlich ausfällt.

Im Folgenden werden die technischen Umsetzungsmöglichkeiten von Kühlsystemen und Wasseraufbereitungsanlagen aufgezeigt, welche Auswirkung auf die Emissionen sich ergeben und welcher Forschungsbedarf daraus identifiziert wurde.

Wasseraufbereitung:

Meerwasserentsalzung ist Stand der Technik. Das für die Elektrolyse notwendige Reinstwasser ist der Rohstoff für die Wasserstofferzeugung. Bei der offshore Wasserstofferzeugung wird das Reinstwasser über eine Meerwasserentsalzung und -aufbereitung gewonnen. Daher ist die entstehende Sole ist und damit die emittierte Salzfracht (Menge) grundsätzlich von dem Reinstwasserverbrauch der Elektrolyse abhängig und somit an die Menge des erzeugten Wasserstoffs gebunden.

Unvermeidbarkeiten:

Die Entstehung der Sole ist nicht vermeidbar. Auch der Auslass der Sole in die Wassersäule kann nicht verhindert werden, da die Alternativen nicht realistisch umsetzbar sind:

- Die Lagerung der Sole zum Abtransport: hätte einen großen Platzbedarf auf der Plattform und auch einen großen Bedarf an Transportschiffen und Logistik mit den verbundenen Umweltauswirkungen zur Folge
- Zero liquid discharge: Dies erfordert einen großen Flächen- oder großen Energiebedarf für die Verdampfung. Die Abwärme des Elektrolyseurs reicht nicht aus, um diesen zu decken. Das Salz müsste zur Weiterverwendung abtransportiert werden (siehe vorheriger Punkt)
- Die Praxis aus Wasserentsalzungsanlagen an Küsten unterstreicht dies. Dort wird die Sole ins Meer geleitet, auch in Anlagen in der Nordsee, bspw. in Großbritannien. Ähnliche Technologien werden für die Wasserenthärtung für Trinkwasser und Aufbereitung von Reinstwasser für Industrie in Deutschland verwendet.
- Nach aktuellem Wissensstand existiert kein Business Case für eine Weiterverwendung der Sole. Andere Verwendungen/Entsorgung/Recycling von Sole an Land werden noch erforscht und sind nicht in der groß-skaligen Anwendung (bspw. Brine Mining, ...)

Stellschrauben:

Eine Stellschraube besteht in der Wahl der Technologie. Weiterhin kann die Zusammensetzung und Dosierung der verwendeten Chemikalien angepasst werden (Tabelle 2). Diese können nach dem Stand der Technik für den Anwendungsfall ausgelegt auf den Standort der Anlage optimiert werden.

Eine bedeutende Stellschraube für die Konzentration und Zusammensetzung der Sole ist die Ausbeute der Wasseraufbereitung. Eine große Ausbeute bedeutet, dass aus dem entnommenen Meerwasser eine große Menge an Reinstwasser aufbereitet wird. Typische Mengenverhältnisse sind 30% Reinstwasser (die Ausbeute) und 60% Sole. Eine kleine Ausbeute bedeutet, dass aus dem entnommenen Meerwasser eine geringe Menge Reinstwasser aufbereitet wird, bspw. 3% Reinstwasser bei 97% Sole. Daraus ergibt sich verschiedene Vor- und Nachteile im Hinblick auf die Emissionen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Gegenüberstellung von Meerwasseraufbereitung mit großer und geringer Ausbeute

Große Ausbeute		Geringe Ausbeute	
Um die benötigte Menge an Reinstwasser zu gewinnen wird weniger Meerwasser entnommen und weniger Sole wird zurückgeleitet (kleinerer Volumenstrom)	+	Um die benötigte Menge an Reinstwasser zu gewinnen wird mehr Meerwasser entnommen und mehr Sole wird zurückgeleitet (größerer Volumenstrom)	-
Kleinere Anlagengröße	+	Große Wasseraufbereitungsanlage	-
Höhere Salzkonzentration in der Sole	-	Geringere Salzkonzentration in der Sole	+
Kleinere Vorbehandlung	+	Mehr Meerwasser muss vorbehandelt werden, größere Menge an eingesetzten Chemikalien	-
		Minimierung der Probleme bzgl. "Scaling" ¹⁴	+

Es zeigt sich, dass in der Auslegung der Technologie – selbstverständlich in gewissen Grenzen – Anpassungsmöglichkeiten bestehen. Offen bleibt die Frage, welche jeweilige Systemauslegung verträglicher für die Meeresumwelt ist. Genauer sind das die Punkte:

- Wie wird die Umweltwirkung der einzelnen Chemikalien bewertet? Welche Chemikalien sollten eher eingesetzt werden als andere?
- Welche Auswirkungen hat die Salinität in Zusammenschau mit Wärmeeintrag aus dem Kühlsystem und Strömungsverhältnissen auf die Meeresumwelt?
- Sind Systeme mit hoher oder niedriger Ausbeute positiver zu bewerten?
- Lassen sich die Begründungen für Grenzwerte vergleichbarer Anlagen auf zukünftige Anlagen übertragen in der Nordsee übertragen? (Beispielanlagen sind die Wasseraufbereitungsanlage in Helgoland und eine Reverse Osmose-Anlage in Hampshire UK)

Tabelle 2: Allgemein in Wasserentsalzungsanlagen eingesetzte Chemikalien¹⁵

Category	Typical chemicals	Dose	Purpose of use
Antiscalants	Polymeric substances such as polyphosphates, phosphonates and polycarbonic acids	2–5 mg/L	Increase of solubility of sparingly soluble salts such as CaSO ₄ and MgSO ₄ . Moreover, extra chemicals may be used to target specific species, such as silica, CaCO ₃ , BaSO ₄ , magnesium carbonate (MgCO ₃), strontium sulfate (SrSO ₄), silicon dioxide (SiO ₂) and ferric hydroxide [Fe(OH) ₃]
Coagulants	Ferric chloride (FeCl ₃), ferric sulfate [Fe ₂ (SO ₄) ₃] and polyelectrolytes	5–15 mg/L	To improve the removal of suspended solids
Flocculants	Cationic polymer	1–5 mg/L	To improve the removal of suspended solids
Strong acid/base	Sulfuric acid (H ₂ SO ₄) and hydrochloric acid (HCl)	40–50 mg/L	To adjust the pH
Oxidizing agents	Commonly, a form of chlorine such as sodium hypochlorite (NaOCl) and calcium hypochlorite [Ca(ClO) ₂]	1–5 mg/L for 30–120 min every 1–5 days	To prevent bacterial growth in the desalination plant
Reducing agents	Bisulfite (HSO ₃ ⁻)	2–4 times the dose of the oxidizing agent	To eliminate the impact of oxidizing agents on the membrane-based technologies

¹⁴ Scaling = Anlagerung von Partikeln an der Membran, was zu Verstopfung führt

¹⁵ Cooley et al. 2013; Voutchkov, 2017, Azerrad et al. 2019, Panagopoulos et al, 2019

Kühlsystem:

Kühlsysteme offshore sind Stand der Technik in HGÜ-Plattformen, FSPO und O&G-Plattformen. Bei der offshore Elektrolyse ergibt sich die Abwärme aus den einzelnen Teilsystemen und lässt sich nicht verhindern. Der größte Anteil ergibt sich aus dem Elektrolyseur selbst. Die Abwärme entspricht etwa 30% der Elektrolyseleistung.

Unvermeidbarkeiten:

Die Abwärme hängt von der Elektrolysetechnologie ab (hier PEM-Elektrolyse) und dem Betriebspunkt des Elektrolyseurs. Der gewählte Betriebspunkt beeinflusst die Effizienz des Elektrolyseurs, wobei die Temperatur einen Einfluss auf den Wirkungsgrad hat. Dabei sind folgende Wechselwirkungen von Bedeutung:

- Eine höhere Stromdichte führt zu einer größeren Wasserstoffproduktion (und damit zu geringeren spezifischen Kosten pro Kilogramm H₂), jedoch gleichzeitig zu einem sinkenden Wirkungsgrad. Es ist daher wichtig, ein Optimum zwischen hoher Effizienz und niedrigen spezifischen Kosten pro Kilogramm H₂ anzustreben.
- Höhere Temperaturen führen zu einem höheren Wirkungsgrad, aber sie beeinflussen die Alterung der Elektrolysezellen negativ und reduzieren somit die Lebensdauer des Elektrolyseurs. Eine Optimierung zwischen Effizienz und Lebensdauer ist daher erforderlich.
- Die Abwärme ist daher abhängig vom gewählten Betriebspunkt des Elektrolyseurs, und wird so gewählt, dass ein wirtschaftlicher Betrieb ermöglicht wird (Optimierung zwischen Effizienz (Produzierte Wasserstoffmenge) und Lebensdauer).
- Daher sollte die Wahl des Betriebspunktes nicht als Stellschraube für die Emissionen betrachtet werden.

Die Wärme kann grundsätzlich in die Luft und in die Wassersäule abgegeben werden. Allerdings stellt die Luftkühlung aufgrund des zur Verfügung stehenden Platzes auf der Offshore Plattform keine Option dar. Die Abgabe in die Wassersäule wird also als nicht vermeidbar bewertet.

Stellschrauben:

Grundsätzlich kann die Wärme/Abwärme in anderen Prozessen auf der Plattform genutzt werden. Beispielsweise wurde eine Kopplung mit der Meerwasseraufbereitung untersucht. Aufgrund einer steigenden Komplexität bei der Systemauslegung wurde dies in dem Entwurf in H₂Mare nicht weiterverfolgt. Eine weitere Stellschraube ist die Wahl des Kühlsystems, also ob ein offener Kühlkreislauf oder ein geschlossener Kühlkreislauf mit einem Subsea-Cooler verwendet wird. Jede Technologie wirkt potenziell anders auf die Umwelt (Tabelle 3) und ist somit eine Stellschraube für die Emissionen.

Tabelle 3: Gegenüberstellung Seewasserkühlsystem und Subsea-Cooler

Seewasserkühlsystem		Subsea-Cooler	
Meerwasser wird über Pumpen zum Kühlen durch den Sekundärkreislauf gepumpt und wird mit Wärmelast bspw. über eine Einzelstrahl- oder eine Diffusorleitung zurückgeleitet.		Abgabe der Wärme an die Wassersäule über einen Unterwasser-Wärmetauscher „Subsea-Cooler“.	
Offener Kühlkreislauf	–	Geschlossener Kühlkreislauf	+
Großer Volumenstrom bei gewünschten niedrigen Temperaturunterschieden	–	Große Struktur bei gewünschten niedrigen Temperaturunterschieden	–
Gestaltungsmöglichkeit, dass möglichst wenig erwärmte Strukturen in die Wassersäule ragen. Anpassungsmöglichkeiten des Auslasses zur günstigen Verteilung der Wärme in der Wassersäule	+	Feste Struktur mit höherer Temperatur als umgebende Wassersäule kann potenziell ein künstliches Riff darstellen → Potenzielle Ansiedlung Organismen	–
Antifoulingmittel (bspw. Natriumhypochlorit)	–	Coating des Subsea-Coolers bzw. Rohrwärmetauschers	–

Auch bei den Kühlsystemen zeigt sich, dass es gewisse Stellschrauben für die Emissionen gibt. Zur Bewertung der Systemauslegung ergeben sich die Fragen:

- Werden Subsea-Cooler als Verbesserung ggü. offenen Systemen angesehen?
- Welche Anforderungen sollten für Subsea-Cooler-Standorte (bspw. am Meeresboden/Sediment) gelten?
- Ist ein Temperatureintrag von 10 K, wie in den Zulassungen der Konverterplattformen enthalten, auf die Wasserstoffelektrolyse offshore übertragbar?
- Wie weit reicht die „Wärmeschlepe“? Wie entwickeln sich die Temperaturunterschiede in welchem Abstand zur Quelle? – Dies wurde in dem H₂Mare Verbundprojekt H₂Wind von dem Projektpartner Siemens Energy erarbeitet. Auch die Forschung des Helmholtz-Zentrum Hereon gibt Aufschluss¹⁶.

Fazit

Die Prüfung hat ergeben, dass Offshore Wasserstoffherstellungsanlagen in der AWZ grundsätzlich genehmigt werden können. Die konkreten Bedarfe der Konkretisierung wurden herausgearbeitet. Die Wichtigkeit und Notwendigkeit einer Konkretisierung von Zulassungsanforderungen konnten verdeutlicht werden. Für die Entwicklung der Anlage ist es von Vorteil, wenn bereits vor dem Planfeststellungsverfahren für die Emissionen konkrete Grenzwerte festgelegt werden, die technisch umsetzbar sind.

Bei den Behörden wurde dafür ein Problembewusstsein geschaffen. Mit den identifizierten Stellschrauben wurde außerdem ein technischer Lösungsraum aufgezeigt, wie die Emissionen mit möglichst geringem Eingriff in die Meeresumwelt von der Plattform abgeleitet werden können. Dies stellt eine Grundlage für mögliche Grenzwerte dar. Der nächste Schritt, die Bewertung des technischen Lösungsraums und der Emissionen konnte trotz weltweiten Praxisbeispielen, bspw. bzgl. der

¹⁶ Christiansen, N., Daewel, U., Krings, L., Schrum, C. (2025): Offshore hydrogen production leaves a local hydrographic footprint on stratification in the North Sea. *npj Ocean Sustain* 4, 19 (2025). <https://doi.org/10.1038/s44183-025-00121-w>

Meerwasseraufbereitung¹⁷ in dem Projekt nicht realisiert werden. Zum einen, weil es wenige Forschungsarbeiten gibt, die sich konkret auf den Raum Nordsee beziehen und die Übertragbarkeit geprüft werden muss. Zum anderen, weil das Thema in dem Projekt H₂Mare so nicht abgedeckt war.

Im Anschluss an das Forschungsvorhaben ergeben sich zwei Möglichkeiten:

Ergänzend zu Laborversuchen und Modellierungen, werden in Begleitforschung zu einem Demonstratorprojekt die Auswirkungen auf die Meeresumwelt und die Übertragbarkeit auf den Großmaßstab untersucht. Daraus werden Handlungsempfehlungen für groß-skalige Projekte entwickelt. Wenn möglich werden daraus gültige Grenzwerte für die Emissionen ausgearbeitet.

Es werden vor der Ausschreibung der Fläche SEN-1 keine Grenzwerte gebildet/auf Basis von Forschungsprojekten festgelegt. Die Entwickler entwickeln die Anlage nach bestem Gewissen und Kenntnisstand, führen eigene Untersuchungen durch und wird im Zulassungsverfahren entschieden.

Für beide Möglichkeiten bieten die rechtlichen und technischen Analysen des Projektes eine solide Grundlage.

II. Verwendung der Zuwendung

II.1 Darstellung der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Im Rahmen des Vorhabens wurden ausschließlich Personalkosten und Reisekosten geltend gemacht. Die eingesetzten Mittel dienen der Finanzierung von projektbezogenem wissenschaftlichem Personal zur Durchführung der oben beschriebenen Aufgaben.

Weitere Kostenpositionen wie Investitionen oder Sachmittel wurden im Rahmen dieses Vorhabens nicht in Anspruch genommen. Die vorgesehenen Kosten für Raummiete und Catering für Workshops in Präsenz wurden nicht in Anspruch genommen.

II.2 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Die Durchführung der Projektarbeiten im Rahmen von H₂Mare war ohne die bereitgestellte Förderung nicht realisierbar. Die Zuwendung ermöglichte insbesondere eine Initiierung der Weiterentwicklung der Zulassungsanforderungen für die Wasserstoffherzeugungsanlagen offshore und den stetigen Wissensaustausch zwischen den Wasserstoff-Leitprojekten, insbesondere TransHyDE Mukran und TransHyDE Helgoland und externen Projekten. Der Ressourceneinsatz orientierte sich strikt an den im Antrag definierten Aufgaben und wurde effizient und zielgerichtet verwendet. Die eingesetzten Mittel dienen ausschließlich der Erreichung der Projektziele und wurden im vorgesehenen Umfang und Zeitrahmen abgerufen. Insgesamt war die Förderung notwendig, um die vorgesehenen Arbeiten ordnungsgemäß umzusetzen.

¹⁷ New data set on desalination plants (2022). <https://emodnet.ec.europa.eu/en/human-activities>, Gespräch mit dem Betreiber der Meerwasserentsalzungsanlage auf Helgoland sowie Grenzwerte einer RO-Anlage in Hampshire UK

III. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse im Sinne des Verwertungsplans

Die Ergebnisse des Projekts werden gezielt für die praktische Umsetzung bei Entwicklung und Aufbau der Entwicklung von Offshore-Wasserstoffherzeugungsanlagen nutzbar gemacht und können somit in die Planungen von Offshore-Vorhaben durch Projektentwickler einfließen. Die Arbeiten zu den Zulassungsanforderungen der PtG-Anlagen können durch den Austausch mit den zuständigen Behörden in die Ausarbeitung von Konkretisierungen der Zulassungsanforderungen für Offshore-Wasserstoffherzeugungsanlagen fließen. Der abgestimmt identifizierte Forschungsbedarf bietet eine Orientierung, was in möglichen Demonstrationsprojekten begleitend untersucht werden sollte.

Durch den geförderten Wissensaustausch und dem vereinfachten Zugang von Informationen wurde die Zusammenarbeit der Projektpartner verbessert und nachhaltige Geschäftsbeziehungen konnten entstehen, die bei einer entstehenden Wasserstoffwirtschaft, wo Vorhaben häufig im Partnerverbund realisiert werden, von großer Bedeutung sind.

IV. Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens während der Laufzeit

Auf europäischer Ebene untersucht das Projekt OPHARM2 verschiedenste Aspekte der Machbarkeit für Offshore-Wasserstoffherzeugung in Frankreich, darunter auch die Umweltauswirkungen der Wasserstoffproduktion offshore. Weitere europäische Projekte zu der Wasserstoffherzeugung offshore sind die Projekte: HOPE Project, PosHydon, ERM Doplphyn, H2Verde, H2PD/H2Sea. Die von den Niederlanden geplanten Projekte zur Wasserstoffherzeugung wurden am 16. September 2025 pausiert. Neue Pläne zur Wasserstoffherzeugung werden im Nationaal plan energiesysteem (NPE) 2026 veröffentlicht.

Während der Projektlaufzeit wurde in Bezug auf die Konkretisierung der Zulassungsanforderungen an PtG-Anlagen weder auf nationaler noch auf europäischer Ebene ein vergleichbares Forschungsvorhaben bekannt. Die Projekte Normungsroadmap Wasserstofftechnologien und TransHyDE Norm haben den Fokus auf technische Normen und Richtlinien gelegt. Das Projekt Portal Green II, welches Leitfäden zu Bau, Betrieb und Genehmigung von H₂-Netzinfrastrukturen und PtG-Anlagen erarbeitet hat, wobei nicht auf Offshore-Erzeugungsanlagen eingegangen wird.

Während des Projektes sind Projektkarten, Projektlisten und Übersichten zu Wasserstoffprojekten verschiedener Akteure entstanden (bspw. Wasserstoff-Kompass oder Hydrogen Production Projects Interactive Map der IEA). Diese wurden auf der Wissensplattform gesammelt und verlinkt.

Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen nach Nr. 5 der NKBF/NABF

Tabelle 4: Erfolgte Veröffentlichungen

Datum	Art der Veröffentlichung	Titel	Autoren
11.08.2022	Newsbeitrag, Erneuerbare Energien Hamburg Clusteragentur GmbH (EEHH)	cruh21 treibt im Leitprojekt H ₂ Mare die Offshore-Elektrolyse mit voran	Benita Stalman, Dr. Stefan Walefeld
17.03.2023	Vortrag, 2. Wissenstransfererevent zum Thema Umwelteinflüsse auf See der Stiftung OFFSHORE-WINDENERGIE	Die Entwicklung des Rechtsrahmens: Wo stehen wir und was gibt es zu tun?	Dr. Ursula Prall
12.06.2023	Podiumsdiskussion, H ₂ Mare Konferenz, Frankfurt	H ₂ Mare Panel Discussion	Dr. Ursula Prall
05.06.2024	Podiumsdiskussion, Woche der Umwelt, Fachforum, Berlin, Schloss Bellevue	Fachforum „Meer kann mehr: Grüner Wasserstoff „made“ auf offener See“	Dr. Ursula Prall
07.06.2024	Vortrag, H ₂ Mare Konferenz, Berlin	Planning approval of “other energy production facilities” in the EEZ - Review of the relevant regulations and the way forward	Verena Hertzsch
21.06.2024	Vortrag, Wasserchemisches und Wassertechnologisches Kolloquium, KIT-Fakultät für Chemieingenieurwesen und Verfahrenstechnik	„... may I?“ The prerequisites of approval for offshore PtX installations in the German EEZ	Dr. Ursula Prall, Verena Hertzsch
25.06.2025	Vortrag, Wasserstoff Regionalkonferenz Nord – Standortvorteil Norddeutschland	Offshore Wasserstoffherzeugung	Dr. Ursula Prall
25.09.2025	Vortrag, H ₂ Mare-Abschlusskonferenz	Regulatorik: Zulassungsanforderungen für Offshore-Elektrolyseure	Verena Hertzsch