



TransHyDE-Projekt Umsetzungsprojekt Helgoland

Verbundvorhaben TransHyDE_UP3: Teilvorhaben der Gemeinde Helgoland: Logistik und Infrastruktur auf Helgoland

Sachbericht zum Verwendungsnachweis Teil II: Langfassung

Stand:	13.11.2025
Einreichungsdatum (TIB):	17.11.2025
Partnerin/Partner:	Gemeinde Helgoland
Autorin/Autor:	Christoph Tewis
Fördertitel:	Verbundvorhaben TransHyDE_UP3: Teilvorhaben der Gemeinde Helgoland: Logistik und Infrastruktur auf Helgoland
Förderkennzeichen:	03HY208D
Disclaimer:	<i>Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin/beim Autor/den Autoren.</i>

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt



Finanziert von der
Europäischen Union
NextGenerationEU

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	6
I. Ursprüngliche Aufgabenstellung	7
I.1 Arbeitspakete AQPo	7
I.1.1 Arbeitspaket 5	9
I.1.2 Arbeitspaket 7	9
I.2 Zu erbringende Leistungen.....	9
I.2.1 Arbeitsschritt 7.1 Standortanalyse	10
I.2.1.1 Zur Verfügung stehende Flächen und Eigentumsverhältnisse	10
I.2.1.2 Kampfmittelverdachtsflächen	10
I.2.1.3 Bestehende Bebauung und Instandsetzungsbedarf.....	10
I.2.1.4 Untersuchungsvarianten und deren Bewertung	11
I.2.2 Arbeitsschritt 7.2 Kommunikationskonzept.....	11
II. Vormaliger Stand des Wissens	12
II.1 Die TransHyDE-Projekte als Teil der Nationalen Wasserstoffstrategie.....	13
II.2 Das TransHyDE-Projekt Helgoland	14
II.2.1 Leitlinien und Werte der Kommunikation	15
III. Ausführliche Darstellung der durchgeführten Arbeiten	15
III.1 Arbeitspaket 5: LOHC-Logistik auf Helgoland und dem Festland.....	15
III.1.1 Arbeitspaket 5.2: Optimierung der LOHC-Logistik	19
III.1.2 Arbeitspaket 5.3.b) Konzeptionierung der Umschlaglogistik, des Transports und der lokalen Speicherung von LH2 in Hamburg	19
III.1.3 Arbeitspaket 5.4.b): Optimierung der LH2-Transportkette für den Hinterlandverkehr mit Rücksicht auf Nutzeranforderungen	20
III.2 Arbeitspaket 7: Entwicklung zusätzlicher Infrastruktur und Suprastruktur auf Helgoland ..	20
III.2.1 Arbeitspaket 7.1: Standortanalyse für Anlagentechnik auf Helgoland für alle AQPo Phasen	20
III.2.2 Arbeitspaket 7.2: Entwicklung und Umsetzung eines wissenschaftlichen Kommunikationskonzeptes	31
IV. Wesentliche Ergebnisse	34
IV.1.1 Ergebnis der Standortanalyse.....	34
IV.1.2 Ergebnis: LOHC-Umschlag mit Containerschiffen	35

Gefördert durch:



V. Verwendung der Zuwendung.....	36
V.1 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	36
V.2 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten.....	37
VI. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse im Sinne des Verwertungsplans .	37
VII. Fortschritt des Projektumfelds während der Laufzeit.....	39
VIII. Erfolgte Veröffentlichungen	41
IX. Literaturverzeichnis.....	43

Abkürzungsverzeichnis

AQPo	AquaPortus (Teilprojekt der AquaVentus-Initiative)
AP	Arbeitspaket
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMKW	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BT-D	Benzyltoluol-Derivat (LOHC-Trägerstoff)
BT-H	Benzyltoluol-Hydriertes (LOHC-Trägerstoff)
BT-V	Benzyltoluol-Vollhydriertes (LOHC-Trägerstoff)
CAPEX	Capital Expenditure (Investitionskosten)
CTV	Crew Transfer Vessel
DOI	Digital Object Identifier
FuE	Forschung und Entwicklung
GH2	Gaseous Hydrogen (gasförmiger Wasserstoff)
H2	Wasserstoff
HHLA	Hamburger Hafen und Logistik AG
LH2	Liquid Hydrogen (Flüssigwasserstoff)
LNG	Liquefied Natural Gas
LOHC	Liquid Organic Hydrogen Carrier (flüssiger organischer Wasserstoffträger)
OPEX	Operational Expenditure (Betriebskosten)
RoRo	Roll-on/Roll-off (Schiffsumschlagverfahren über Rampen)
SNG	Synthetic Natural Gas (synthetisches Erdgas)
VBH	Versorgungsbetriebe Helgoland
WSV	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes

Gefördert durch:



Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Arbeitspakete</i>	8
<i>Abbildung 2: Offshore-Wasserstoffproduktion (Quelle: aquaventus.org)</i>	13
<i>Abbildung 3: Vorzugsvarianten für die Logistik am Helgolandkai (Links: Umschlag mittels Tanker, Rechts: Umschlag mittels Tankcontainer)</i>	17
<i>Abbildung 4: Untersuchte Fläche für Hydrieranlage, Logistikfläche etc. auf Helgoland</i>	21
<i>Abbildung 5: Untersuchte Flächen für Hydrieranlage, Logistikfläche etc. auf Helgoland</i>	22
<i>Abbildung 6: Schematische Darstellung der land- und seeseitigen Schnittstellen der Logistikvarianten (Ramboll)</i>	24
<i>Abbildung 7: Links: Jährliche Abnahmemenge an Wasserstoff durch CTVs vs. Wasserstoffangebot (durch AquaPrimus); Rechts: jährliche potenzielle Abnahmemengen der Passagierschiffe</i>	27
<i>Abbildung 8: Darstellung der erforderlichen Speicherkapazitäten zur Bedarfsdeckung der maritimen Betankung</i>	27
<i>Abbildung 9: Schematische Darstellung der erforderlichen Komponenten für eine Wasserstoffbetankung auf Helgoland</i>	28

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Übersicht und Kriterien für Flächenuntersuchung</i>	23
<i>Tabelle 2: Vergleich der Standortoptionen Vorhafen und VBH-Gelände</i>	35
<i>Tabelle 3: Vergleich Tankcontainer- vs. Tankschiff-Umschlag von LOHC</i>	36
<i>Tabelle 4: Nutzen und Verwertbarkeit der Projektergebnisse</i>	39
<i>Tabelle 5: Relevante Umfeldentwicklungen während der Projektlaufzeit</i>	40
<i>Tabelle 6: Übersicht Veröffentlichungen und Verwertungsaktivitäten</i>	42

I. Ursprüngliche Aufgabenstellung

Das Projekt AquaPortus bildet ein Teilprojekt innerhalb des Gesamtvorhabens AquaVentus und verfolgt den stufenweisen Ausbau der Hafenanlagen der Insel Helgoland zu einem zentralen Wasserstoff-Hub in der Nordsee. Ziel ist der Aufbau einer Infrastruktur für Flüssige Organische Wasserstoffträger (LOHC), die die Aufnahme und Weiterverarbeitung von mittels Offshore-Windenergie elektrolysiertem grünem Wasserstoff ermöglicht. Der Wasserstoff wird über eine Pipeline nach Helgoland transportiert und dort in einer LOHC-Anlage gespeichert. Bei der chemischen Bindung des Wasserstoffs entsteht Prozesswärme, die in das bestehende Wärmenetz eingespeist werden soll. Langfristig dient dies der Ablösung der bislang fossilen Wärmeversorgung der Insel und leistet einen Beitrag zur CO₂-neutralen Energieversorgung.

Das Umsetzungsprojekt Helgoland ist als Teil des Leitprojekts TransHyDE verortet und widmet sich konkreten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Speicherung und zum Transport von Wasserstoff in LOHC-Systemen. Die Arbeiten umfassen die Auslegung, Simulation und Bewertung unterschiedlicher Anwendungsfälle, die Entwicklung geeigneter Logistik- und Infrastrukturkonzepte sowie deren Umsetzung im Demonstratormaßstab. Neben der technischen Machbarkeit werden auch organisatorische und betriebliche Schnittstellen untersucht, um die Übertragbarkeit auf großskalige Anwendungen sicherzustellen. Damit leistet das Projekt einen Beitrag zum Nachweis, dass Transport und Nutzung von Wasserstoff in Form von LOHC nicht nur technisch, sondern auch wirtschaftlich realisierbar sind.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf materialtechnischen Fragestellungen, insbesondere im Hinblick auf Korrosions- und Bewuchsschutz der geplanten Pipeline, die den geologisch und ökologisch sensiblen Helgoländer Felssockel queren muss. Ergänzend finden Forschungsarbeiten zur Integration der LOHC-Prozesswärme in das Wärmenetz Helgolands statt. Durch diese sektorübergreifende Nutzung werden technologische Synergien erschlossen und wirtschaftliche Potenziale aufgezeigt.

Die Zielsetzung umfasst den Nachweis, dass eine vollständige Wertschöpfungskette – von der Elektrolyse auf See über Transport, Speicherung und Rückverstromung bis hin zur Wärmebereitstellung – technisch, organisatorisch und ökonomisch umsetzbar ist. Neben zentralen und dezentralen Verteilkonzepten werden auch potenzielle Direktanwendungen von LOHC analysiert. Durch die enge Abstimmung mit dem Parallelvorhaben Mukran im Rahmen von TransHyDE, mit dem Leitprojekt H2Mare sowie mit der Industrieinitiative AquaVentus wird eine inhaltliche Wissensvernetzung gewährleistet. Die im Projekt Helgoland erarbeiteten Konzepte sollen nach Projektende in großskaligen Umsetzungen zusammengeführt und in die Praxis überführt werden.

I.1 Arbeitspakete AQPo

Das Umsetzungsprojekt Helgoland ist auf vier Jahre angelegt und gliedert sich in acht Arbeitspakete (AP) mit jeweils spezifischen Unterarbeitspaketen. Diese decken das gesamte Spektrum von der Materialforschung über die Planung und Simulation von Hafen- und Pipelineinfrastrukturen bis hin zu Logistik-, Genehmigungs- und Wärmenutzungskonzepten ab. Ergänzend werden systemische Fragestellungen untersucht, die eine Einordnung der Ergebnisse in das Gesamtvorhaben TransHyDE und in die industriegetriebene Initiative AquaVentus ermöglichen. Damit werden sowohl eigenständige Forschungsarbeiten als auch die Integration von Ergebnissen aus den Leitprojekten gewährleistet.

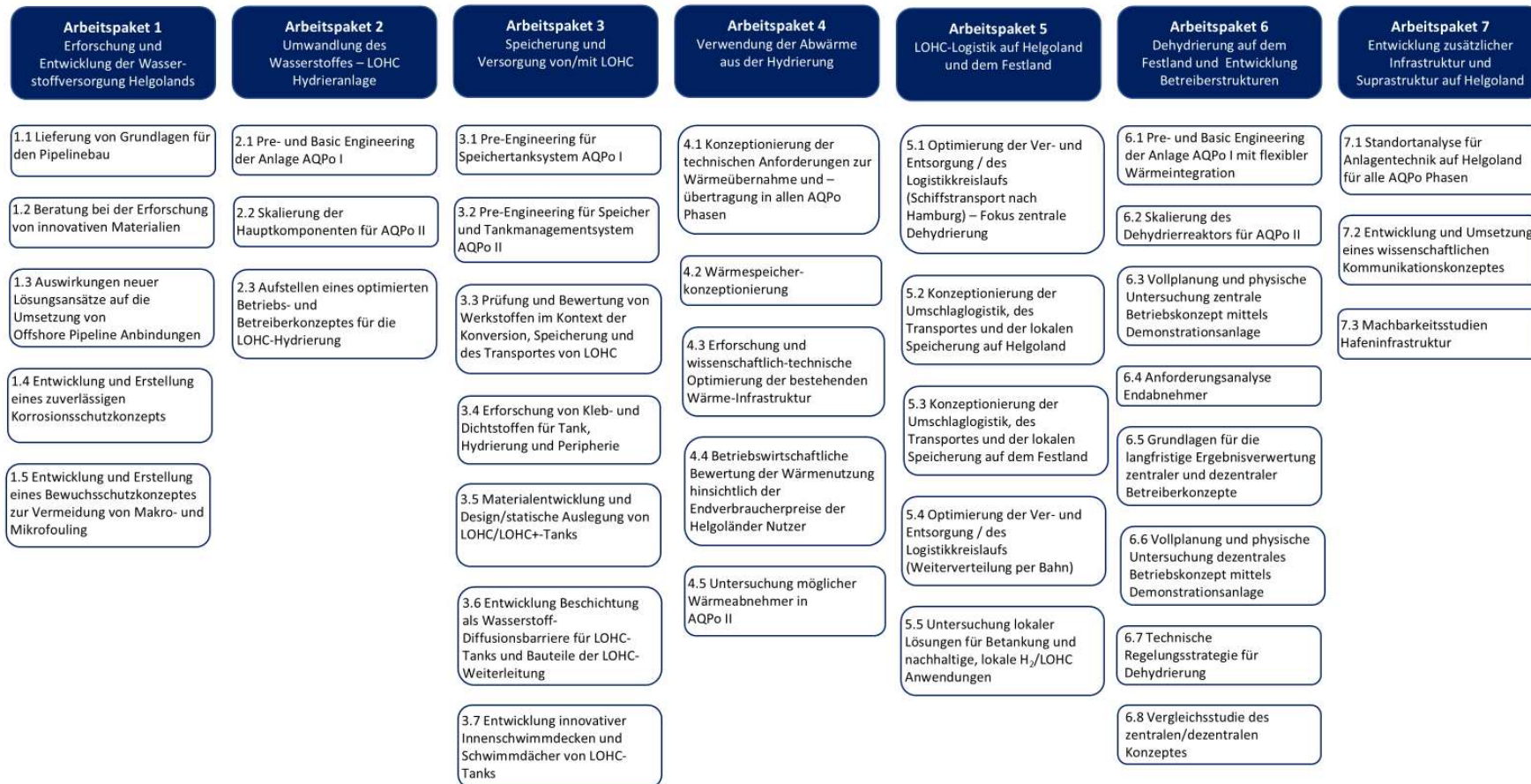


Abbildung 1: Arbeitspakete

I.1.1 Arbeitspaket 5

Im Rahmen des Arbeitspaket 5, Logistik auf Helgoland und auf dem Festland, erfolgt durch die Gemeinde Helgoland die Untersuchung lokaler Lösungen für die Betankung und nachhaltige, lokale H₂/LOHC Anwendungen auf Helgoland.

Grundsätzliches Ziel des Arbeitspaketes 5 ist es, in Zusammenarbeit mit dem Projektpartner HHLA, im Kontext der LOHC-Anwendungen wie dem Umschlag, der Speicherung und der Anwendung vor Ort, die logistischen Anforderungen und Umsetzungsstrategien auf Helgoland und dem Festland zu untersuchen und nachhaltige Lösungen zu entwickeln. Zudem sind die Flächenverfügbarkeiten auf Helgoland, insbesondere an den Kaikanten nur sehr gering und müssen im Rahmen einer multifunktionalen Nutzung als Umschlagsflächen für Menschen und Gütern entsprechend „vorsichtig“ betrachtet werden. Ergänzend zur logistischen Umsetzbarkeit wird in diesem Arbeitspaket untersucht welche maritimen Anwendungsmöglichkeiten, speziell für Helgoland, aus der Wasserstoff- oder LOHC-Betankung entwickelt werden können.

I.1.2 Arbeitspaket 7

In Arbeitspaket 7, Zusätzliche Infrastruktur und Suprastruktur auf Helgoland, erfolgt die Standortsuche für Anlagen und Anlagentechnik auf Helgoland sowie die die Untersuchung hinsichtlich Erweiterungsnotwendigkeiten (Skalierung) von Anlagen. Darüber hinaus erfolgt die Erarbeitung und Umsetzung von wissenschaftlichen Kommunikationsstrategien für das Umsetzungsprojekt Helgoland.

Eine grundlegende und aussagekräftige Flächenanalyse für die Wasserstoffinfrastruktur ist oberstes Ziel des Arbeitspakets 7. Zudem muss vor allem der Einfluss der Wasserstoffinfrastruktur (v.a. der Hydrieranlage) auf die Bevölkerung untersucht werden. Der Standort der jeweiligen Anlagen in der zwei AQPo Phasen hat daher einen großen Einfluss auf die Akzeptanz der neuen Energiequelle. Ergänzendes Ziel ist es daher im Hinblick auf die Akzeptanz des Gesamtvorhabens auf die bei der Helgoländer Bevölkerung grundlegende wissenschaftlichen Kommunikationsstrategien für das Umsetzungskonzept (Helgolandbezug) zu entwickeln und umzusetzen.

Mit dem Arbeitspaket 7.1. wird im Auftrag der Gemeinde Helgoland eine Standortanalyse zur Flächenbereitstellung durchgeführt, aus der sich geeignete Standorte für die erforderlichen Anlagen unter Berücksichtigung der heutigen Nutzung, der Eigentumsverhältnisse, der Anbindung an vorhandene Hafenanlagen sowie der Vorbelastung durch Kampfmittel ergeben und der spezifischen, bereits absehbareren Anforderungen durch den Bau und Betrieb einer LOHC Hydrieranlage.

Ziel des Forschungsprojekts ist die Erarbeitung einer reproduzierbaren und skalierbaren Blaupause für weltweite Standorte mit ähnlich herausfordernden Rahmenbedingungen. Eine Umsetzung auf Helgoland selbst ist nicht geplant.

Die Gemeinde Helgoland fungierte als lokaler Partner auf der Insel Helgoland und untersuchte sowie bewertete die LOHC-Logistik, die lokale Anwendung von LOHC und die mit dem LOHC-Anlagenbau erforderliche Infrastruktur.

I.2 Zu erbringende Leistungen

Die Gemeinde Helgoland hat sich mit dem Arbeitspaket 5 Teilvorhaben der Gemeinde Helgoland zu LOHC-Logistik auf Helgoland und auf dem Festland und der Zusätzliche Infrastruktur und Suprastruktur auf Helgoland Arbeitspaket 7 befasst.

1.2.1 Arbeitsschritt 7.1 Standortanalyse

Die bestehenden Hafenanlagen auf Helgoland sind für die geplante Nutzung des Wasserstoffs und dessen Derivaten in allen Projektphasen von AQPo nicht ausreichend dimensioniert. Im Rahmen des Arbeitspaketes 7.1 wurde mit einer Standortanalyse untersucht, welche an den bestehenden Hafenanlagen angrenzenden Flächen für die AquaPortus-Phasen besonders in Frage kommen. Hinsichtlich der Standortwahl war für beide Ausbauvarianten Umsetzungsvarianten zu erarbeiten.

Grundsätzlich kommen neben den Flächen des Vorhafens und des Südhafens auch andere Hafenbereiche der Insel Helgoland in Frage (z. B. NO-Hafen). Ziel der Studie ist eine vollumfängliche Bewertung aller zur Verfügung stehenden Flächen mit Wasseranschluss.

Im Einzelnen waren folgende Themen Untersuchungsgegenstand der Standortanalyse:

1.2.1.1 Zur Verfügung stehende Flächen und Eigentumsverhältnisse

Auf Grundlage der heutigen und der geplanten Nutzung sind im Bereich der Hafenanlagen Helgolands Freiflächen zu identifizieren, die für eine Aufnahme der Anlagentechnik in Frage kommen. Hierfür sind die verfügbaren Flächengrößen zu ermitteln

Anschließend erfolgt eine Erfassung der in Bezug auf die Hafenanlagen eigentumsrechtlichen Flächenzugehörigkeit. Die Hafenanlagen auf Helgoland sind zum Teil im Besitz und Betrieb der Gemeinde Helgoland, zum Teil aber im Besitz und Betrieb der Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes. Insofern sind die genannten Untersuchungen auch in Bezug auf die Eigentumsverhältnisse zu betrachten.

Ergebnis dieses Arbeitsschrittes ist ein Katalog mit den potenziell nutzbaren Flächen, deren Größen und Eigentumsverhältnisse.

1.2.1.2 Kampfmittelverdachtsflächen

Die hohe Belastung der Insel mit Kampfmitteln führt in jedem Projekt zum Erfordernis, umfangreiche Sondierungs- und Räumungsmaßnahmen auf Verdachtsflächen durchzuführen. Daher ist die Standortanalyse auch vor dem Hintergrund des vorliegenden Kampfmittelverdachts durchzuführen. Dabei ist davon auszugehen, dass die Unterlagen nur analog vorliegen und digitalisiert werden müssen. Für die vorher identifizierten Flächen sind weitere Maßnahmen zu planen und diesbezüglich ein Kostenrahmen festzulegen, welcher in die Gesamtbewertung der potenziell nutzbaren Flächen einfließt.

1.2.1.3 Bestehende Bebauung und Instandsetzungsbedarf

Der besondere Bedarf entsteht im Hinblick auf die bautechnischen Schnittstellen, die sich bspw. aus Bestandssicherungsarbeiten von Hochwasserschutzbauwerken oder anderen Bauwerken ergeben würden. Bewertet werden soll auch, wie und ob die Übernahme bestimmter Flächen, Wasserflächen, Bestandsbauwerke und damit auch Verantwortlichkeiten zweckmäßig ist und ob diese zwingend für die Zielerreichung der einzelnen Projektphasen notwendig sind.

Zu diesem Arbeitsschritt gehören zunächst die systematische Beschaffung und Erfassung vorhandener Unterlagen für die betroffenen Bestandsbauten und Bauteile. Dabei ist davon auszugehen, dass die Bauwerksunterlagen nur analog vorliegen und digitalisiert werden müssen. Sollte auf Grundlage der vorhandenen Bauwerksinspektionsakten festgestellt werden, dass weitere Inspektionen erforderlich sind, so sind diese durchzuführen. Die Anforderungen an die Dokumentation sind mit der Gemeinde Helgoland abzustimmen.

Auf Grundlage der vorliegenden oder neu zu erbringenden Bauwerksinspektionsergebnisse sind Instandhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen sowie Maßnahmen der Flächenertüchtigung festzulegen und mit der Gemeinde Helgoland abzustimmen. Dabei wird die zu erwartende Flächenbelastung aus der LOHC Anlage, den LOHC Tanks berücksichtigt, sowie die Fragestellung ob der Untergrund unterirdische LOHC Tanks erlaubt. Für die Maßnahmen ist ebenfalls ein Kostenrahmen festzulegen, welcher in die Gesamtbewertung der potenziell nutzbaren Flächen einfließt.

1.2.1.4 Untersuchungsvarianten und deren Bewertung

Aus den genannten Untersuchungen und den Erkenntnissen der anderen Arbeitspakete sollen abschließend verschiedene Umsetzungsvarianten für die Standortwahl und Flächennutzung erarbeitet und bewertet werden. Je Ausbauphase ist eine Umsetzungsvariante als Vorzugsvariante herauszuarbeiten.

Auch für die bereits im Jahr 2023 in Betrieb zu nehmende Demonstratoranlage ist im Zuge der Betrachtungen für die erste Ausbaustufe AQPo I ein geeigneter Standort zu erarbeiten. Die Flächen der ersten Ausbaustufe sollten möglichst erweiterbar sein, damit die Anlagenteile und die Infrastruktur für deren Erschließung mit dem Ausbau bis 2030 für die Projektphase AQPo II weiterhin genutzt werden können.

Wesentlich für diesen Arbeitsschritt sind die Flächenbedarfe, die sich als Ergebnis der Arbeitspakete 1-6 in Abhängigkeit der aussichtsreichsten Technologien ergeben werden. Die Variantenuntersuchung hat in diesem Zusammenhang u.a. folgende Elemente der Anlagentechnik zu berücksichtigen:

- Endpunkte der Wasserstoffpipeline mit Übergabestation
- Standorte Hydrieranlage
- Standorte LOHC-Speicherung
- Standorte Container-Lager für den Weitertransport
- Standorte Füllstationen LOHC und Tankmöglichkeiten H2
- Fackel zum Abblasen von H2 im Notfall
- Übergabestation ins Nahwärmenetz
- Bodenplatte (ggf. sind besondere Merkmale zum Transport, Lagerung und Verarbeitung von LOHC, z. B. hinsichtlich Wasserschutz, zu berücksichtigen)

Die Bewertung der Varianten erfolgt dabei nach noch festzulegenden Kriterien. Neben den in den Arbeitsschritten 3.1 bis 3.3 erarbeiteten Randbedingungen kommen beispielsweise hinzu: Skalierbarkeit, Anbindung einerseits an das Wegenetz und andererseits an die Hafenanlage mit Kaikante, die Speicherkapazität (ober- und unterirdisch), die Eignung des Untergrundes für unterirdische Tanks, Anforderungen aus genehmigungsrechtlichen Auflagen (z. B. Schallimmissionen) und des notwendigen Wasserschutzes bei Handhabung von BT-H und BT-D sowie der zeitliche Rahmen, Kosten, technische Machbarkeit und die Akzeptanz der Nutzer*innen und Anwohner*innen Helgolands. Letzteres Thema wird im Rahmen des Arbeitspakets 7.2 durch geeignete Beteiligungsformate adressiert.

1.2.2 Arbeitsschritt 7.2 Kommunikationskonzept

Im Rahmen des Projektes soll eine positive Resonanz hinsichtlich der Umsetzungen von AquaPortus I und II erzeugt werden. Ziel ist es alle Stakeholder vom Innovationsgedanken und dem Mehrwert von

grünem Wasserstoff auf Helgoland zu überzeugen und damit wesentliche Hürden bei der Umsetzung des Projektes zu beseitigen.

Dazu wird in einem ersten Schritt untersucht, welche Stakeholder das Projekt AquaPortus beinhaltet. Dabei werden nicht nur die Stakeholder betrachtet, die bei der physischen Umsetzung von Anlagen auf Helgoland zu berücksichtigen sind, sondern auch Stakeholder, die bereits im Rahmen der allgemeinen Willensbildung – zum Beispiel auch für dieses Forschungsvorhaben – auftreten. Für dieses Stakeholdermanagement wird ein professioneller Kommunikationsberater beauftragt, der die vorhandenen personellen Kräfte auf Helgoland (z. B. der Gemeindeverwaltung oder der Helgoland Tourismusservice) unterstützen wird.

In Zusammenarbeit mit dem Kommunikationsberater erfolgt die Ausarbeitung eines Kommunikationskonzeptes, welches spezielle innovative Elemente der „Bürgerbeteiligung“ enthalten soll. Denkbar ist beispielsweise die Einbindung von Bürgern in einen Projektbeirat, der wesentliche Punkte der Projektumsetzung beratend begleiten kann. Wesentliches Element des Kommunikationskonzeptes wird ein durchgehendes Informations- und Erwartungsmanagement sein, in dem regelmäßige Informationsveranstaltungen für die identifizierten (Helgoländer) Stakeholder durchgeführt werden.

Im Fokus dieses Konzeptes steht die Kommunikation auf der Insel mit dem Ziel, die Helgoländer:innen bei allen Entwicklungsschritten des Projektes gut zu informieren, aktiv zu begeistern, vor allem aber auch an der Transformation zur grünen, klimaneutralen Insel teilhaben zu lassen.

Insbesondere in der Startphase des Projektes ist es wichtig, durch umfassende Informationsmaßnahmen Vertrauen zu schaffen und einen Dialog zu initiieren, um gemeinsam Veränderungen zu bewirken. Klar verständliche Kernbotschaften sind dabei von zentraler Bedeutung. Sie werden in einem Workshop in Abstimmung mit den anderen AQV-Projekten und dem AQV-Förderverein entwickelt und formuliert.

Vor allem aber wird den Menschen auf der Insel zugehört, immer wieder mit ihnen gesprochen, sowie ihre Fragen, ihre Sorgen, aber auch ihre Wünsche und Hoffnungen ernst nehmen.

Grüner Wasserstoff muss in der Gesamtkommunikation der Insel eingebunden sein und verstanden werden als integraler Bestandteil einer Insel, die „atmet“ und auch in Zukunft noch „atmen“ möchte.

II. Vormaliger Stand des Wissens

Das Umsetzungsprojekt Helgoland wird als ein Umsetzungszenario des Leitprojektes TransHyDE konkrete Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten bezüglich der Speicherung und des Transports von Wasserstoff in LOHC (liquid organic hydrogen carrier) vornehmen. Dabei werden die Grundlagen für erste Pilot- und Insellösungen erarbeitet und im Demonstratormaßstab umgesetzt. Begleitend werden verschiedene Use Cases und Szenarien beleuchtet, verglichen und bewertet. Diese dienen der Erarbeitung einer konkreten Umsetzungsplanung für die großskalige Implementierung der Wasserstoffumwandlung, -speicherung und -verwertung sowohl auf Helgoland als auch am Festland sowie der Untersuchung großvolumiger, überregionaler Transportketten auf Basis von LOHC. Im Rahmen des Arbeitspaket 5, Logistik auf Helgoland und auf dem Festland, erfolgt durch die Gemeinde Helgoland die Untersuchung lokaler Lösungen für die Betankung und nachhaltige, lokale H₂/LOHC Anwendungen auf Helgoland. In Arbeitspaket 7, Zusätzliche Infrastruktur und Suprastruktur auf Helgoland, erfolgt die Standortsuche für Anlagen und Anlagentechnik auf Helgoland sowie die

Untersuchung hinsichtlich Erweiterungsnotwendigkeiten (Skalierung) von Anlagen. Darüber hinaus erfolgt die Erarbeitung und Umsetzung von wissenschaftlichen Kommunikationsstrategien für das Umsetzungsprojekt Helgoland.

Das Projekt „AquaPortus“

Die Initiative „AquaVentus“ plant pro Jahr bis zu eine Million Tonnen Grünen Wasserstoff aus Offshore-Windenergie in der Nordsee zu erzeugen. AquaPortus (AQPo) als eines der enthaltenen Leitprojekte forscht in dem Umsetzungsprojekt „TransHyDE Helgoland“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) nach innovativen Lösungen für den Transport, die Speicherung und die Verteilung des auf See produzierten Grünen Wasserstoffs. Gemeinsames Ziel der Projektpartner von AquaPortus ist der Aufbau einer Wasserstoff-Logistik, die von den Offshore-Windparks in der Nordsee über den Hafen Helgoland bis hin zu den Wasserstoffverbrauchern auf dem Festland führt. Dafür sollen Technologien für die Speicherung sowie den sicheren und flexiblen Transport von Grünem Wasserstoff in einer organischen Trägerflüssigkeit (Liquid Organic Hydrogen Carrier – LOHC) entwickelt werden. Die bei der Weiterverarbeitung des Wasserstoffs freigesetzte Abwärme soll zur Wärmeversorgung der Insel Helgoland dienen, um so die bisherige fossile Energieversorgung langfristig zu ersetzen und den damit zusammenhängenden CO₂-Ausstoß zu reduzieren.



Abbildung 2: Offshore-Wasserstoffproduktion (Quelle: aquaventus.org)

II.1 Die TransHyDE-Projekte als Teil der Nationalen Wasserstoffstrategie

Wasserstoff (H₂) in seiner Reinform ist farb- und geruchlos, flüchtig und hat eine niedrige Entflammbarkeitsgrenze. Ihn sicher zu speichern und zu transportieren ist bisher in Relation zu anderen Energieträgern wie z. B. Diesel besonders aufwendig und kostenintensiv.¹ Ein Großteil der Speicher- und Transporttechnologien steht noch am Anfang und muss in ihrer Bandbreite erforscht und entwickelt werden.

TransHyDE ist eines der drei Wasserstoff-Leitprojekte, die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert werden, und unterstützt die Ziele der Nationalen Wasserstoffstrategie, die 2020 von der Bundesregierung verabschiedet und 2023 fortgeschrieben wurde (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2023). Konkret betrachten die verschiedenen TransHyDE-Projekte den Transport von gasförmigem Wasserstoff in Pipelines und Hochdruckbehältern, den Transport von flüssigem Wasserstoff sowie den Transport von in Ammoniak oder LOHC chemisch gebundenem

¹ Energy Technology 2301042. <https://doi.org/10.1002/ente.202301042>

Gefördert durch:



Wasserstoff. Außerdem prüft TransHyDE, ob und wie LNG-Terminals auf wasserstoffbasierte Energieträger umgerüstet werden könnten

II.2 Das TransHyDE-Projekt Helgoland

In diesem Sachbericht wird das TransHyDE-Projekt Helgoland umfänglich in seinen verschiedenen technischen, wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Dimensionen betrachtet. Das Projekt untersucht seit 2021 modellhaft eine Wasserstoff-Lieferkette per Schiff zwischen Helgoland und Hamburg. Der Fokus liegt auf der LOHC-Technologie (Liquid Organic Hydrogen Carrier), mit der Wasserstoff sicher „verpackt“ und über lange Strecken transportiert werden kann. Bei LOHC handelt es sich um ölartige organische Trägerstoffe, in die Wasserstoff eingespeichert und nach dem Transport wieder ausgespeichert werden kann. Das Projekt setzt auf die innovative LOHC-Technologie des Unternehmens Hydrogenious LOHC Technologies aus Erlangen. Hydrogenious LOHC Technologies verwendet ausschließlich das LOHC Benzyltoluol (LOHC-BT).

Die Tewis Projektmanagement GmbH stellt die Projektleitung. Sie koordinierte die einzelnen Vorgänge und sorgte für einen kontinuierlichen Austausch aller Projektpartner. Durch den zielgerichteten Informationsfluss wurde ein effizienter Forschungsprozess sichergestellt. Ebenso wurde über diese Stelle das Fördermittelmanagement abgewickelt sowie die Öffentlichkeitsarbeit und die Schnittstellenkommunikation zwischen den Verbundprojekten.

Die cruh21 GmbH war für das verbundübergreifende Wissensmanagement zuständig und unterstützte die Schnittstellenkommunikation zwischen den Verbundprojekten. Im Folgenden werden die einzelnen Forschungs- und Entwicklungsfelder der Gemeinde Helgoland genauer erläutert.

Wesentliche Risiken und Herausforderungen waren:

Wesentliche Risiken bestand in der positiven Willensbildung bei der Bevölkerung und der politischen Vertreter als Entscheidungsträger. Diese sollten durch ein professionelles Kommunikations- und Erwartungsmanagement eingebunden und für die Umsetzung des Projektes begeistert werden. Zudem ist die Flächensituation auf Helgoland und die sich daraus ergebenden Einschränkungen zu berücksichtigen – sodass dieses Arbeitspaket einen wesentlichen Beitrag zur allgemeinen Umsetzungsentscheidung von AquaPortus liefern und daher auch als Abbruchkriterium definiert sind.

Wirtschaftliche Effekte resultieren aus Zuwachs an Arbeitsplätzen, ergänzenden FuE-Projekten sowie aus Dienstleistungen zur Verbreitung der Ergebnisse. Ein Beispiel ist die strategische Beratung bei der Planung und Realisierung energiepolitischer Maßnahmen auf Basis der Vorhabenergebnisse. Zu den wissenschaftlichen Erfolgsaussichten ist zu sagen, dass alle Resultate aus den anderen Verbundvorhaben in die Systemanalyse eingefügt werden und sie stehen damit zusammen mit den neuen Werkzeugen, die dort entwickelt werden, für weitere generische Anwendungen und Bewertungen zur Verfügung. Die Umsetzungsprojekte sind so aufgesetzt, dass sie selbst in einer späteren Förderperiode die Dimensionen von Komponenten des nationalen Systems erreichen und damit erste Verwerter der Ergebnisse sind. Aus Sicht der beteiligten Forschungsinstitute und Unternehmen ergibt sich für das hier geplante Projekt eine Vielzahl von Anknüpfungspunkten für eine wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit. So fließen die Ergebnisse direkt in weitere öffentliche und privatwirtschaftliche Forschungsvorhaben ein. Damit erweitern die beteiligten Partner nicht nur ihr Knowhow, sondern stärken auch ihre Wettbewerbsfähigkeit im FuE-Markt. Selbstredend gehören auch Publikationen in wissenschaftlichen Fachzeitschriften sowie die Erkenntnismultiplikation auf Konferenzen zur Grundaufgabe der beteiligten Forschungsinstitute.

II.2.1 Leitlinien und Werte der Kommunikation

AquaPortus mit seinem hohen Anteil an Forschungs- und Entwicklungsarbeit in dem Umsetzungsprojekt „TransHyDE Helgoland“, das vom BMBF mit bis zu 12,48 Millionen Euro gefördert wird, möchte sich in der Kommunikation orientieren an dem Grundsatzpapier des BMBF zur Wissenschaftskommunikation und den „Leitlinien zur guten Wissenschafts-PR“, die von „Wissenschaft im Dialog“ (WiD) gemeinsam mit dem Bundesverband Hochschulkommunikation herausgegeben wurden. Sieben Punkte sind bei allen Kommunikationsaktivitäten besonders wichtig:

1. Wir kommunizieren offen und transparent.
2. Wir verfolgen eine allgemeinverständliche, dialogorientierte Kommunikation, Wissensvermittlung und Partizipation.
3. Wir führen einen themen- und faktenbasierten Dialog mit allen gesellschaftlichen Gruppen und sind offen für Kritik.
4. Wir bringen uns aktiv in den öffentlichen Diskurs ein.
5. Wir kommunizieren nicht nur Ergebnisse, sondern auch die Prozesse und Methoden, um die Komplexität des Vorhabens bewusst zu machen und damit gleichzeitig das Vertrauen in unsere Arbeit zu stärken.
6. Wir ordnen unser Thema – sicherer Transport, Speicherung und Verteilung von auf See produziertem Grünem Wasserstoff – in gesellschaftlich relevante Zusammenhänge ein.
7. Wir bringen neue Erkenntnisse und Technologien in die Gesellschaft und leisten damit einen Beitrag für nachhaltige Entwicklung und Innovationsfähigkeit.

In der konkreten Arbeit wird die Kommunikation von AquaPortus eng mit der Inselkommunikation abgestimmt. Bei allen Aktivitäten zur Präsentation von „TransHyDE Helgoland“ werden die Regeln des BMBF zur Öffentlichkeitsarbeit der Wasserstoff-Leitprojekte beachtet und alle Maßnahmen frühzeitig über den Projektträger abgestimmt.

III. Ausführliche Darstellung der durchgeführten Arbeiten

III.1 Arbeitspaket 5: LOHC-Logistik auf Helgoland und dem Festland

Ausgehend von den Grundannahmen des Arbeitspakets 2 bzgl. einer 5t bzw. 12t-Hydrieranlage sind die logistischen Anforderungen auf Helgoland ein wesentlicher Baustein der Untersuchungen des AP 5.

Als Arbeitshypothesen wurden zwei Umschlagsorte und zwei Umschlagsszenarien für Helgoland erarbeitet.

- Umschlag im Vorhafen – am Helgolandkai (Logistik auf dem Südhafengelände)
- Umschlag am Nordostbohlwerk
- Transport des LOHC mit Containern
- Transport des LOHC mittels Tanker

Die Vor- und Nachteile dieser Varianten wurden erarbeitet, technisch und wirtschaftlich bewertet und für die Ausarbeitung der Vorzugsvariante verwendet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die LOHC-Logistik stark vom Standort der Hydrieranlage abhängig ist, sodass die APs 2, 4 und 5 optimal miteinander vernetzt sein müssen. Um alle Abhängigkeiten berücksichtigen zu können, wurde der Ansatz der Variantenbetrachtung gewählt.

Da sich eine Präferenz des Standortes der Hydrieranlage am Nordostbohlwerk abzeichnet, da dort Synergien mit der bereits bestehenden Infrastruktur der Versorgungsbetriebe bestehen, wurde eine weitere Option für die Logistik betrachtet, die die Hydrieranlage und den Umschlag örtlich trennt und die Möglichkeit bietet Produktion und Logistik in zwei unabhängigen Systemen zu betreiben. Dazu würde eine Rohrleitung zwischen den Tankspeichern an der Hydrieranlage (nordöstlich) und einer Abfüllstation für Tankcontainer bzw. eine Pumpstation für Tankschiffe im Vorhafen (südlich) verlegt.

Die LOHC-Logistik am Festland kann grundsätzlich sowohl containerisiert als auch mit Tankschiffen erfolgen. Hier wurde untersucht, welche LOHC-Menge im Gesamtkreislauf optimal ist (in Abhängigkeit von der Transportfrequenz), um hier ebenfalls Rückschlüsse auf die Vorzugsvariante ableiten zu können (unter anderem benötigte Größe der Puffertanks und der Transportschiffe).

Das Nordostbohlwerk wurde auf Grund der schlechten Verfügbarkeit (Wind und Welle) und auch wegen dem hohen Instandsetzungsaufwand für die weitere Variantenbetrachtung ausgeschlossen.

Unabhängig davon, welche Umsetzungsvariante für den LOHC-Transport (Frachter/Tankschiff) zum Einsatz kommt, ist auf dem Südhafengelände eine Logistikfläche erforderlich. Dies ist für die Tankschiff-Varianten exemplarisch einmal an der Dreiecksfläche dargestellt worden und für die Tankcontainervariante auf dem Gelände der WSV. Insbesondere letzteres dient lediglich als mögliche Darstellung einer Umsetzung und dient zum vorerst als „Option zur Abstimmungsvariante“ mit dem Eigentümer der Fläche, der WSV.

Die Logistikfläche beinhaltet für die Tankervariante folgende Bauteile:

- Ein Logistikspeicher LOHC+ (Größe noch offen, erster Ansatz ca. 400 -600m³)
- Ein Logistikspeicher LOHC- (Größe noch offen, erster Ansatz ca. 400 - 600m³)
- Beide Speicher sollten möglichst unterirdisch liegen
- Unterirdische Tankleitung zum Helgolandkai bzw. zur Übergabeeinheit
- Tankeinheit für LOHC+ und LOHC- Austausch und den mobilen Anschluss eines Tankschlauches (z. B. Schlauchtrommel mit Vor- und Rücklauf) an das Tankschiff

Auf der Logistikfläche für die Tankcontainer sind folgende Komponenten berücksichtigt:

- Tagesspeicher für LOHC+
- Tagesspeicher für LOHC-
- Betankungseinheit für Betankung von Containern aus Tagesspeicher (und umgekehrt)
- Befestigte Fläche für benötigte Container (erster Ansatz ca. 30-50 Container)
- Eingeäunte Fläche (ISPS-konform)
- Rangiermöglichkeiten für Reach-Stacker
- Zwischenlagerfläche für Container am Helgolandkai (WHG-Anforderungen?)

- Stellfläche für Gerät im seeseitigen Umschlag (z. B. Mobilkran)

Grundsätzlich ist der sogenannte Helgolandkai als Umschlagsfläche vorgesehen. Diese Anlage ist eine Multifunktionskaje, die verschiedene Nutzungen in sich abbildet. Dazu gehören unter anderem:

- Personenanlandung (z. B. MS Helgoland, Halunderjet)
- Frachturnschlag für die Inselversorgung (Stückgut, Container, Massengüter)
- Anlandung von Crew-Transfer-Vessel (CTV) der Offshore-Windparkbetreiber

Hierbei ist festzustellen, dass der Personenumschlag vorrangig, im Zeitraum 11 Uhr bis 17 Uhr stattfindet, die Anlandung der CTVs hauptsächlich in den Morgenstunden und Abendstunden, während der Frachturnschlag hauptsächlich in den Abendstunden stattfindet.

Im Hinblick auf die technischen/ logistischen Randbedingungen für den Umschlag müssen daher folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Darstellung von Abfertigungsfenstern für den LOHC Umschlag (Tanker bzw. Frachtschiff)
- Darstellung der Zyklen für einen „LOHC-Umlauf“, d.h. die Anzahl an Abfertigungen je Woche/Monat
- Parallelnutzungen am Helgolandkai während der Abfertigungen
- Anforderungen an den Umschlag, u.A. WHG-Konformität, Nutzlasten- und Flächenlasten
- Pumpleistung bei Einsatz eines Tankers
- Umschlagsleistung bei Einsatz eines LoLo Gerätes für den Containerumschlag

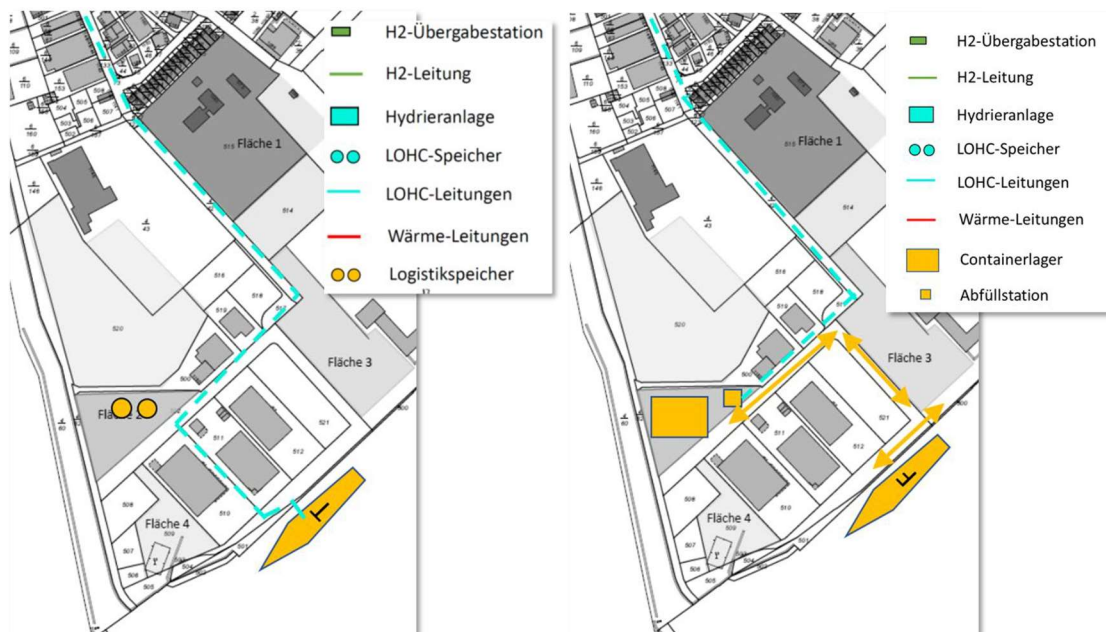


Abbildung 3: Vorzugsvarianten für die Logistik am Helgolandkai (Links: Umschlag mittels Tanker, Rechts: Umschlag mittels Tankcontainer)

Analog hierzu sind auch beide Logistikvarianten (Tankschiff und Container) in Hamburg denk- und umsetzbar.

Bei der Containervariante kann auf bestehende Containerinfrastruktur im Hamburger Hafen zurückgegriffen werden. Die CAPEX-Kosten für diesen Transport beschränken sich auf ein Minimum, während die OPEX-Kosten linear mit den Containermengen steigen. Die Logistik von der Kaikante bis zur Dehydrieranlage läuft analog zu regulären Warenströmen im Hafen ab.

Für einen Transport mittels Tankschiff muss erst neue Hafeninfrastuktur in Hamburg geschaffen werden. Dazu gehört die Ausweisung eines Tankschiffhafens, die Installation eines Jettys und für LOHC geeignete Tanklager. Die Logistik von der Kaikante zur Dehydrieranlage findet per Pipeline statt. Entsprechende LOHC+- und LOHC--Vorrattanks sind zwingend nötig. Die Investitionskosten sind entsprechend hoch, während die Betriebskosten insbesondere bei großen Mengen niedrig sind.

Auf Grund der zu erwartenden geringen LOHC-Mengen, welche Helgoland verlassen werden und den Hamburger Hafen erreichen werden, ist die Containervariante aus Hamburger Sicht wirtschaftlicher. Entsprechende Containerflächen sowie auch Flächen für die Dehydrieranlage sind im Hamburger Hafen denkbar.

Ein weiterer Arbeitsschritt dieses Arbeitspaketes 5 beschäftigt sich mit der Betankungsinfrastruktur auf Helgoland und der Untersuchung lokaler Lösungen für die Betankung von Schiffen mit Wasserstoff oder LOHC als Betriebsstoff. Im Jahr 2022 Quartal IV. wurde dazu eine erste Studie erarbeitet, welche die derzeitige Ist-Situation der vorhandenen Dieseltankstellen in den Helgoländer Häfen aufzeigt. Der Status Quo der Anlagengrößen mit Förder- und Speichermengen wurde zusammengetragen. Außerdem folgte ein erster Ausblick auf die Machbarkeit der Betankung mit Wasserstoff oder LOHC. Als Ergebnis wurde festgestellt, dass die derzeitige Infrastruktur für die Betankung mit Wasserstoff nicht anpassbar ist und neue Anlagen geschaffen werden müssten. Anders verhält es sich nach derzeitigem Stand bei der Betankung mit dem dieselähnlichen LOHC.

Die Ergebnisse der Studie zu Betankungsmöglichkeiten mit Wasserstoff und LOHC auf der Insel Helgoland wird unter AP 7 vorgestellt.

Als wesentliches Ergebnis wurde dabei festgestellt, dass eine konkrete Betankungsinfrastruktur auf Helgoland grundsätzlich möglich ist. Abhängig von den zur Verfügung stehenden H₂-Menge ist eine Betankung nicht nur für die auf Helgoland befindlichen CTVs möglich, sondern auch noch für weitere Schiffstypen, wie Passagierschiffe etc.

Es wurden Möglichkeiten des Wasserstofftransports auf dem Festland vergleichend untersucht und bewertet. Dabei spielt insbesondere die Flächenqualifizierung (Anforderungen an Gefahrgutflächen) an den Seehafen- und Hinterlandterminals eine Rolle, aber auch die nötige Qualifizierung der Mitarbeiter. Es wurden verschiedene Vorzugsvarianten erarbeitet, die von der Transportdistanz, der Transportmenge und der Anwendung beim Endnutzer abhängen.

Kommunikativ werden Möglichkeiten evaluiert, wie eine Transportkette von Helgoland nach Hamburg und darüber hinaus grafisch dargestellt werden kann.

Im Jahr 2023 im Quartal III. bis IV. wurde evaluiert, wie die Betreiberstruktur eines LOHC-Importterminals an einem anderen, als bisher untersuchten Standort im Hamburger Hafen aussehen kann. Dabei stand insbesondere im Fokus, ob es an einem andere Standort Markt Vorteile ("unfair advantages") gibt und wie eine Beteiligung der HHLA an diesem alternativen Standort aussehen kann. Gleichzeitig wurden typische Abnehmergruppen identifiziert, die für eine Belieferung mit LOHC in Frage kommen.

Auf Seiten der Kommunikation wurden Varianten diskutiert, wie eine Transportkette von Helgoland nach Hamburg und darüber hinaus grafisch dargestellt werden kann.

Im Quartal II. 2024 wurden insbesondere Logistikketten für die Verteilung von verschiedenen Derivaten (LH2, LOHC, DME, SNG, GH2, NH3) auch in Zusammenarbeit mit dem Projekt LNG2Hydrogen erarbeitet. Dabei wurde besonders Wert auf Möglichkeiten der Hochskalierung der Logistikketten gelegt. Im kleinen Maßstab sind bereits heute viele Möglichkeiten der Wasserstofflogistik machbar. Für größere Transportmengen sind für die meisten Derivate noch technische und/oder regulatorische Weiterentwicklungen notwendig.

Im Rahmen der Regulatorik-Community wurden im Quartal I von 2024 ausführliche Analysen für die vereinfachte Errichtung von Wasserstoffimportterminals und dem zugehörigen Hinterlandtransport diskutiert.

III.1.1 Arbeitspaket 5.2: Optimierung der LOHC-Logistik

Thema 1 - Klassifizierung von LOHC für den Schiffstransport

Im Jahr 2023 wurden erste Untersuchungen zu BT-H und BT-D beauftragt, um grundlegende Stoffdaten zu ermitteln, die im Rahmen der Klassifizierung benötigt werden. Die toxikologischen, ecotoxikologische und physikalischen Untersuchungen wurden bis Q1 2024 abgeschlossen. Die Resultate zeigen ähnliche Eigenschaften wie das Grundmaterial BT-V, jedoch weisen sie teilweise auf ein geringes Gefährdungspotenzial hin. Diese neuen Erkenntnisse wurden in den Sicherheitsdatenblättern von BT-H und BT-D aufgenommen. Gleichzeitig wurde im Rahmen der Analysen festgestellt, dass weitere stoffliche Untersuchung für BT-H und BT-D zur Erstellung eines GESAMP Gefahrenprofil, welches für die Grundlage zur Klassifizierung ist, notwendig sind. Dies betrifft insbesondere Untersuchungen zu den Auswirkungen von BT-H und BT-D auf die Meeresumwelt. Im Rahmen dessen wurde der Markt nach Unterstützung hinsichtlich der Studienauswahl und -durchführung untersucht und ein erster Vorschlag für die Auswahl von notwendigen Studien erarbeitet. Im nächsten Schritt soll der Vorschlag durch ein externes Beratungsunternehmen mit Erfahrung in der Klassifizierung geprüft werden und die entsprechend notwendigen zusätzlichen toxikologischen und ecotoxikologische Untersuchung eingeleitet werden. Danach ist der Erstellung eines GESAMP Hazard Profil geplant, um eine vorläufige Klassifizierung einzuleiten.

Innerhalb des Zeitraumes in 2024 im Quartal I. wurden insbesondere Logistikketten für die Verteilung von LH2 im Hamburger Hafen mit verschiedenen Transportmitteln untersucht und die Vernetzung mit den TransHyDe Projekten aus dem Bereich LH2, AppLHy!, Norm und Systemanalyse vorangetrieben. LNG2Hydrogen erarbeitet. Dabei wurde besonders Wert auf Möglichkeiten der Hochskalierung der Logistikketten gelegt. Im kleinen Maßstab sind bereits heute viele Möglichkeiten der Wasserstofflogistik machbar. Für größere Transportmengen sind für die meisten Derivate noch technische und/oder regulatorische Weiterentwicklungen notwendig.

III.1.2 Arbeitspaket 5.3.b) Konzeptionierung der Umschlaglogistik, des Transports und der lokalen Speicherung von LH2 in Hamburg

Im Quartal III. 2024 wurden die zu klärenden Punkte für die Konzeptionierung der Umschlagslogistik für ein LH2 Importterminal definiert. Dies beinhaltet spezifische Fragen im Bereich des Anlagenbaus aber auch logistische Variablen wie in Zukunft verfügbaren Schiffsgrößen und die damit korrelierende nötige Tankkapazität an Land sowie der Transportbehälter für den Hinterlandtransport (Kesselwagen vs. Container vs. Tankwagen), sowie der Modal Splits (Verhältnis zwischen Bahn, Straße, Binnenwasserstraße und Pipeline). Für die offenen Punkte sollen im Anschluss Beratungsunternehmen

adressiert werden, die das passende Leistungsportfolio aus Anlagenbau, Hafenbau und Logistik abbilden.

Für die Beauftragung eines Beratungsunternehmens wurde ein Anforderungskatalog und Fragestellung formuliert. Anschließend wurden die Angebote aus technischer und kaufmännischer Sicht beurteilt und verglichen, sowie Gespräche zur Klärung des Umfangs und die Auftragserteilung geführt.

Es wurden unterschiedliche Konzepte und Terminaldesigns miteinander verglichen. Zur Unterstützung der Ingenieurleistungen wurde ein Ingenieurbüro beauftragt. Die unterschiedlichen Vor- und Nachteile von möglichen Konzepten und Terminallayouts wurden miteinander verglichen und bzgl. Machbarkeit, Umschlagsmenge, Kosten etc. bewertet.

III.1.3 Arbeitspaket 5.4.b): Optimierung der LH2-Transportkette für den Hinterlandverkehr mit Rücksicht auf Nutzeranforderungen

Für das Design des LH2-Importterminals wurden verschiedene Transportszenarien ausgearbeitet und hinsichtlich ihrer Flächennutzung optimiert. Um die Entwicklung eines möglichst effizient genutzten Terminals zu gewährleisten war die Berücksichtigung unterschiedlicher Abnehmeranforderungen in Form von unterschiedlichen Transportmitteln in die Planung einzubeziehen.

Die spezifischen Anforderungen und Abnahmecharakteristiken der identifizierten potenziellen Nutzer wurden in Anforderungen an die Logistikkette für LH2 übertragen.

Im Rahmen des Projektes wurde fortgehend der Stand der Technik von möglichem Hinterlandtransport einer LH-2 Transportkette geprüft und unterschiedliche Technologien miteinander verglichen. Hierbei wurden Unterschiede in Bezug auf Handling, Volumen und Logistikanforderungen zwischen unterschiedlichen Gebindegrößen (Kesselwagen vs. Container) erarbeitet sowie verschiedene Konzepte für die Hinterlandlogistik miteinander verglichen. Auch die möglichen Anforderungen im Bezug auf Stickstoffnutzung für einen sicheren Transport mit geringen Boil-Off Verlusten wurden betrachtet.

III.2 Arbeitspaket 7: Entwicklung zusätzlicher Infrastruktur und Suprastruktur auf Helgoland

III.2.1 Arbeitspaket 7.1: Standortanalyse für Anlagentechnik auf Helgoland für alle AQPo Phasen

Im Rahmen einer hafentechnischen Machbarkeitsstudie wurde durch ein externes Ingenieurbüro erarbeitet, welche bautechnischen und logistischen Anforderungen in den einzelnen Projektphasen auf Helgoland erforderlich sind. Zudem wurde mit einer Standortanalyse untersucht, welche Flächen für eine Entwicklung grundsätzlich in Frage kommen und welcher Aufwand für eine entsprechende Ertüchtigung erforderlich wäre.

Fläche						
Grunddaten und Flächenbeschreibung	- Flurstück Nr. 515 (10.000m ²) im Besitz der Gemeinde Helgoland - Teilweise Bebauung vorhanden - Grünfläche ohne besondere Bedeutung - unterirdische Zisterne vorhanden (abgängig!) - Kampfmittelverdachtsfläche	- Flurstück Nr. 522 (3.800m ²) im Besitz der Gemeinde Helgoland - keine Bebauung vorhanden - kein Kampfmittelverdacht	- Flurstück Nr. 4/66 (6.000m ²) im Besitz des Bundes - keine Bebauung vorhanden - Kampfmittelverdachtsfläche	- Flurstück 509 (2.800m ²) im Besitz der Gemeinde, aber verpachtet an HC Hagemann - Bestandsgebäude: Betonmischanlage und Lagerhalle (1.000m ²) - gepflasterte Fläche	- Flurstück 503 (70.000m ²) im Besitz des Bundes - Wasserfläche - Kampfmittelverdachtsfläche - im NO- alter U-Bootbunker vorhanden	- Teilflurstück 1/27 (ca. 4.000m ²) im Besitz der VBH - Teilweise Bebauung vorhanden

Abbildung 4: Untersuchte Fläche für Hydrieranlage, Logistikfläche etc. auf Helgoland

Standortanalyse und Kostenüberschlag leisten eine umfassende Bewertung möglicher Standorte für Wasserstoffübergabestation, Hydrieranlage und LOHC-Speicher unter Berücksichtigung der für den Betrieb notwendigen verbindenden Leitungssysteme wie der anlandenden Wasserstoffpipeline, der LOHC-Leitung sowie indirekt auch einer Wärmeleitung zum Helgoländer Heizkraftwerk. Ihr Ziel ist die Ermittlung des am besten für das Projekt und dessen Umsetzung geeigneten Standorts. Positiv wirken hier eine allgemeine Konfliktarmut, technisch einfache Realisierbarkeit und eine minimale Beeinträchtigung des unmittelbaren und mittelbaren Einwirkungsbereiches sowie niedrige Kosten.

Die Standortanalyse umfasst die Untersuchung einzelner Standorte auf der Insel Helgoland hinsichtlich ihrer Eignung für den Bau und den Betrieb einer LOHC-Hydrieranlage und ihrer weiteren Prozessinfrastruktur. Hierfür wurde eine umfassende Standortsuche durchgeführt, als deren Endergebnis Flächen bzw. Flächenkombinationen zu insgesamt sechs Standortvarianten kombiniert werden konnten. Der weitere Untersuchungs- und Bewertungsprozess erfolgt mithilfe der vorab festgelegten Kategorien Flächenstruktur, Bebaubarkeit der Fläche, Erreichbarkeit der Fläche, vorhandene Infrastruktur, sowie Auswirkungen auf Umwelt, Natur und Landschaft. Die Bewertung liegen eine umfangreiche Desktopanalyse, Geländebegehungen und Begutachtungen der Flächen vor Ort sowie Gespräche mit Fach- und Ortskundigen zugrunde. Zudem werden Vorbelastungen der Flächen sowie die derzeitige Nutzung und Eigentümerverhältnisse berücksichtigt.

Der Kostenüberschlag wurde bewusst von der Standortanalyse abgegrenzt, um mit jener Teilmenge an Kriterien der Standortanalyse, denen eindeutige Investitionskosten (Capex) und teilweise auch Unterhaltskosten (Opex) zugewiesen werden können, mit finanziellen Realbeträgen evaluieren zu können. Standortanalyse und Kostenüberschlag werden schlussendlich aber in einer Synthese inhaltlich wieder zusammengeführt.

In der Standortanalyse werden sechs Standorte auf der Insel Helgoland näher untersucht, die hinsichtlich ihrer Lage und Größe theoretisch für das geplante Vorhaben in Frage kommen. Es handelt sich hierbei um die Flächen, die in Abbildung 5 unter Nennung ihrer Bezeichnung dargestellt sind. Die Standorte „Dreiecksfläche“, „Dreiecksfläche und Erweiterungsfläche Betonmischwerk“, „Zisternenfläche“ und „WSA-Fläche“ liegen allesamt im Süden Helgolands zwischen Vor- und Südhafen (sog. Südhafengelände lt. 8. Änderung des Flächennutzungsplans der Gemeinde Helgoland), die Standorte „VBH-Gelände mit Übergabestation“ und „VBH-Gelände mit Übergabe am Nordostbohlwerk“ demgegenüber im Nordosten der Insel und zu ihrem überwiegenden Teil auf dem Gelände der Versorgungsbetriebe Helgoland (VBH).

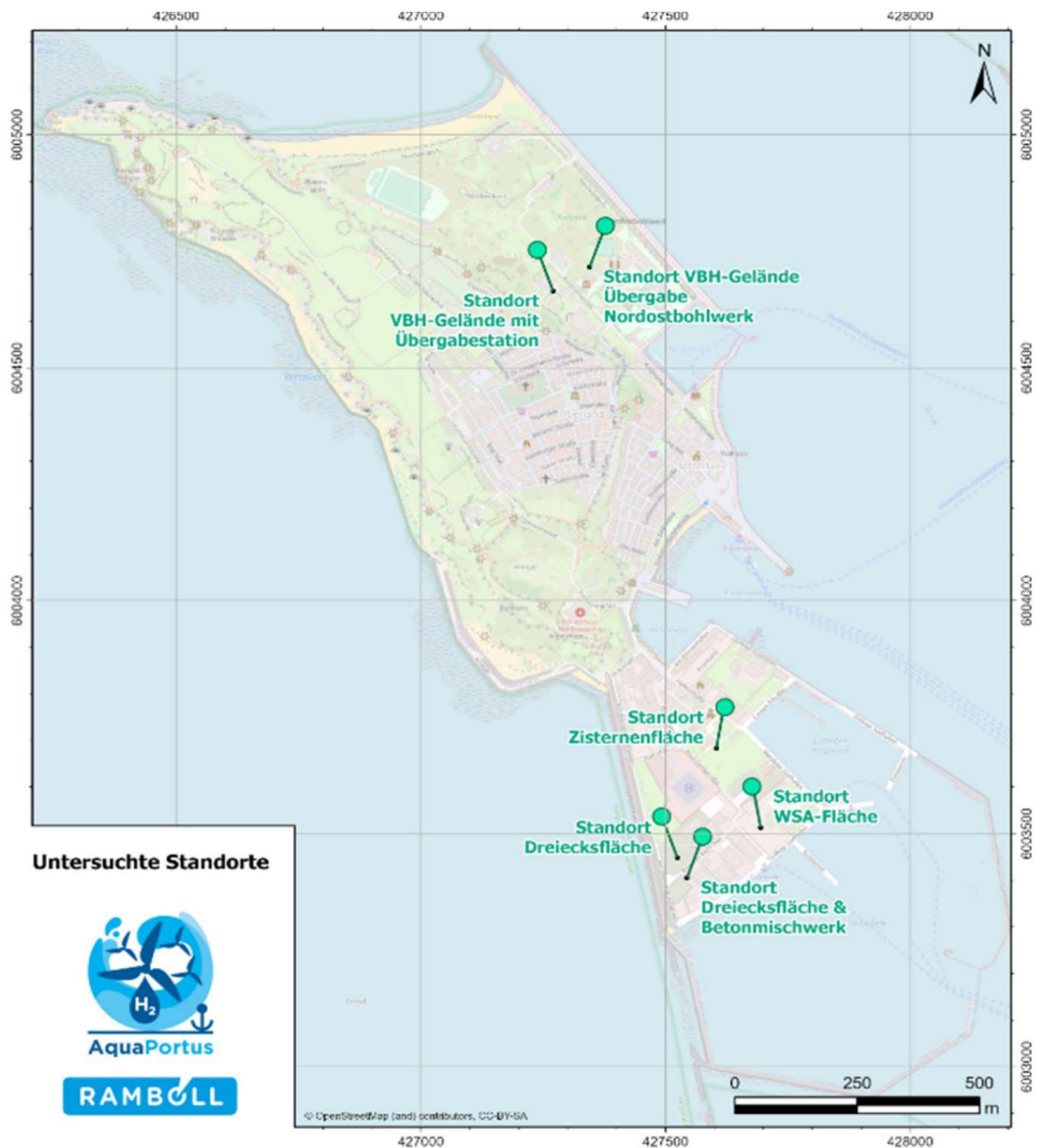


Abbildung 5: Untersuchte Flächen für Hydrieranlage, Logistikfläche etc. auf Helgoland

Die Bewertung der Flächen erfolgt mithilfe einiger zu Beginn der Analyse festgelegter Kriterien. Diese sind zunächst in zwei Gruppen einzuteilen:

„Muss-Kriterien“

Zu den „Muss-Kriterien“, also Parameter, die zwingend erfüllt sein müssen, zählen:

- eine ausreichende Flächengröße
- geklärte Eigentumsverhältnisse, die eine Verfügbarkeit der Fläche garantieren

- ein grundsätzlich geeigneter Baugrund

„Soll-Kriterien“

Betrachtet werden insgesamt 17 Kriterien, die sich in 6 Kategorien zusammenfassen lassen. Abhängig von der Bedeutung ihres Einflusses auf den Projektentscheidungsprozess fließen sie mit unterschiedlicher Gewichtung in die Flächenbewertung ein.

Tabelle 1: Übersicht und Kriterien für Flächenuntersuchung

Kategorie	Bewertungskriterium	Gewichtung
Flächenmerkmale	Größe	15 %
	Skalierbarkeit	5 %
	Eigentumsverhältnisse	10 %
Bebaubarkeit der Fläche	Baugrund	2 %
	Baufeldfreimachung	4 %
	Bestandsleitungen	2 %
	Kampfmittelverdacht	2 %
Infrastruktur	Wegenetz	5 %
	Wärmenetz	10 %
Erreichbarkeit	Länge der Wasserstoffpipeline	5 %
	Anbindung an Hafen	5 %
Sicherheit	Hochwasserschutz	5 %
	Weitere Schutzkriterien	5 %
Umwelt	Schutz von Natur und Landschaft	10 %
	Auswirkungen auf die Naherholung	5 %
	Landschaftsbild	5 %
	Städtebau/Denkmalschutz/kulturelle Einrichtungen/Wohnbebauung	5 %

Die Bewertung der Kriterien erfolgt mit Hilfe einer Dreierskala 1 – 3 – 5. Hierbei bedeutet die Vergabe einer 1 die vollumfängliche Erfüllung des Kriteriums, die Vergabe einer 3 eine bedingte Erfüllung, eine 5 wird vergeben, wenn das Soll-Kriterium nicht erfüllt ist oder zur Erfüllung ein erheblicher Aufwand notwendig ist.

Ergebnis der Standortanalyse ist die Einordnung der betrachteten sechs Flächenstandorte in ein Ranking mit sechs Plätzen. Die beste Platzierung (Platz 1) erhält die Fläche mit der besten Gesamtbewertung, auf dem letzten Platz (Platz 6) landet die Fläche mit der schlechtesten Gesamtbewertung.

Die ausführliche Dokumentation der Methodik sowie der Ergebnisse der Standortanalyse zur Flächenbereitstellung für den Aufbau einer LOHC-Infrastruktur auf der Insel Helgoland erfolgt in Form eines Berichtes inklusive detaillierter Bewertungstabelle, die eine Gesamtübersicht der Flächenbewertung liefert.

Die Standortanalyse zur Frage, welche landseitigen Flächen auf Helgoland für eine Umsetzung der Baumaßnahmen geeignet sind, konnte im Quartal II. 2022 abgeschlossen werden. Auf Grundlage der bereits vorgestellten Bewertungskriterien aus Q1/2022 stammend konnte durch ein externes Büro eine Vorzugsvariante entwickelt werden. Darauf aufbauend wurde die hafentechnische Machbarkeitsstudie weitergeführt und logistische und bauliche Anforderungen eines LOHC-Umschlags

auf der Insel definiert. Gegenüber der Standortanalyse wurde im Kern der räumliche Abschnitt zwischen LOHC-Logistikspeicher bzw. -Lager und der Kaikante als Übergabeschnittstelle zum Seeverkehr betrachtet und bewertet.

Analysiert wurden, wie schon im Rahmen von Arbeitspaket 5 vorgestellt, zwei Transportoptionen für das LOHC: die Optionen des Transports in Tankcontainern auf Containerschiffen und der Beförderung in Tankschiffen.

Für den Umschlag des LOHC über Tankschiffe wurden insgesamt drei Varianten über den Vorhafen sowie das Nord-Ost-Bohlwerk gewürdigt. Der Umschlag von LOHC-Tankcontainern wurde innerhalb von zwei Varianten über den Vorhafen abgebildet, welche sich im Wesentlichen durch die landseitige Logistikkette unterscheiden. Die Bewertung der Varianten erfolgte anhand eines gewichteten Kriterienkataloges sowie einer Ermittlung indikativer Investitions- und Betriebskosten durch das Gutachterteam.

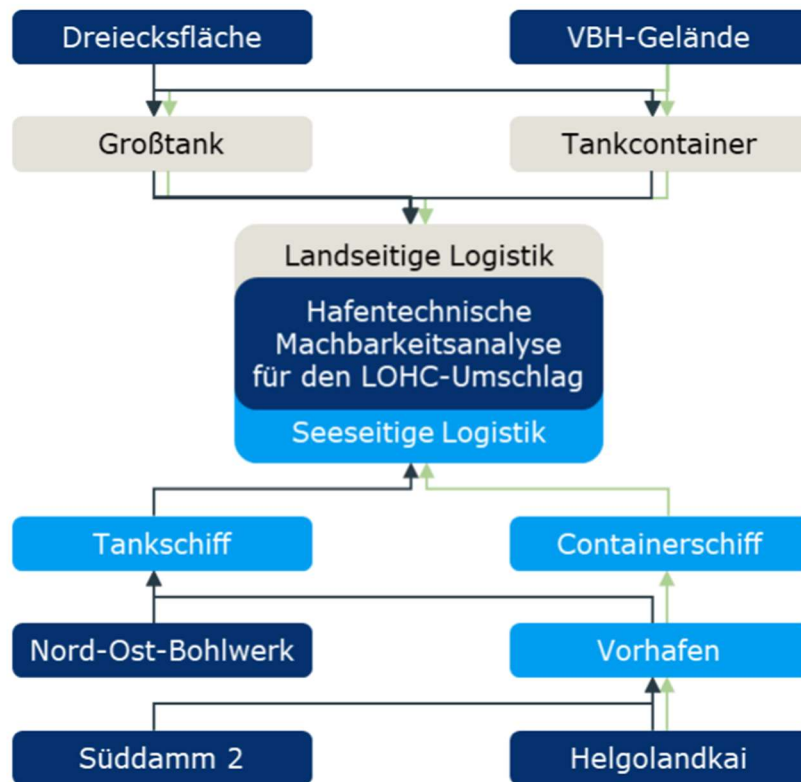


Abbildung 6: Schematische Darstellung der land- und seeseitigen Schnittstellen der Logistikvarianten (Ramboll)

Im Ergebnis zeigt sich, dass sowohl die Variante einer Tankschifflogistik am Nord-Ost-Bohlwerk als auch über einen als geeignet bewerteten neuen Fingerpier, genannt Süddamm 2, mit im Vergleich hohen Investitionskosten einhergehen würde. Die Kosten am Nord-Ost-Bohlwerk sind in großem Umfang das Ergebnis der exponierten Lage bzw. der nautischen Wetterbedingungen am Fahrwasser zwischen den Inseln sowie des schlechten Bauwerkszustands der Kaianlage. Hieraus ergibt sich die Anforderung der Errichtung einerseits einer Anlage zur Wellenberuhigung, andererseits einer Spundwandvorsetze über den gesamten Tankschiffliedplatz. Die Investitionskosten für den Süddamm 2 speisen sich im Wesentlichen aus den Kosten für die Errichtung der Fingerpier. Hohe Investitionskosten

korrespondieren gleichzeitig mit eher hohen periodischen Absetzungen für Abnutzung und in der Folge einer entsprechend hohen Betriebskostenbelastung.

Vergleichsweise hohe Betriebskosten werden auch für den Umschlag von LOHC in Tankcontainern über Containerschiffe erwartet. Dies begründet sich im Wesentlichen durch die jährlichen Absetzungen für die Abnutzung, Aufwendungen für Instandhaltung und Reparatur sowie den Betrieb der vorzuhaltenden Umschlaggeräte. Auch die landseitige Logistik ist für die Varianten mit Tankcontainer als herausfordernd zu bezeichnen. Abhängig vom Lagerstandort für die Tankcontainer sowie von der Entfernung und damit dem Transportweg zum Helgolandkai ist die Akzeptanzerwartung in der Öffentlichkeit und Wirtschaft ein potenzielles Ausschlusskriterium für die Tankcontainerlogistik.

Mit im Variantenvergleich geringen Investitions- und Betriebskosten geht der LOHC-Umschlag über Tankschiffe am Helgolandkai einher. Darüber hinaus weist diese Variante über alle betrachteten Kriterien und evaluierten Logistikvarianten die beste Gesamtbewertung auf. Eine Herausforderung blieben jedoch die bereits im Status quo stark verdichtete seeseitige Anlegerfrequentierung im gesamten Vorhafen mit gemeindeeigenen und nichtgemeindeeigenen Hafenanlagen bzw. das Erfordernis zur Abwägung und Regelung von Nutzungsbedarfen am Helgolandkai und darüber hinaus.

Eine zumindest theoretische Skalierung der LOHC-Umschlagmengen wäre am ehesten in den Logistikvarianten über Tankschiffe am Süddamm 2 sowie über das Nord-Ost-Bohlwerk gegeben. Zum einen wären beide Hafenanlagen nahezu frei von weiteren Nutzungen, eine Steigerung der Schiffsanläufe entsprechend möglich. Zum anderen bieten beide Varianten in einem gewissen Umfang die Möglichkeit zur Antizipation größerer Tankschiffe mit mehr Tiefgang und Ladungstankkapazität zum Transport von LOHC.

Die Studie knüpfte unmittelbar an die Ergebnisse der Standortanalyse u. a. der für die Anlandung von H2 und Gesteuerung von LOHC+ am besten geeignete Standorte auf Helgoland an. Im Ergebnis der hafentechnischen Machbarkeitsanalyse wurden logistische und bauliche Anforderungen eines LOHC-Umschlags definiert. Gegenüber der Standortanalyse wurde im Kern der Abschnitt zwischen LOHC-Speicher bzw. -Lager und der Kaikante als Übergabeschnittstelle zum Seeverkehr betrachtet und bewertet.

Analysiert wurden zwei Transportoptionen für das LOHC. Die beiden Optionen des Transports in Tankcontainern auf Containerschiffen und der Beförderung in Tankschiffen wurden darüber hinaus innerhalb verschiedener Logistikvarianten auf Helgoland abgebildet. Für den Umschlag des LOHC über Tankschiffe wurden insgesamt drei Varianten über den Vorhafen sowie das Nord-Ost-Bohlwerk gewürdigt. Der Umschlag von LOHC-Tankcontainern wurde innerhalb von zwei Varianten über den Vorhafen abgebildet, welche sich im Wesentlichen durch die landseitige Logistikkette unterscheiden. Die Bewertung der Varianten erfolgte anhand eines gewichteten Kriterienkataloges sowie einer Ermittlung indikativer Investitions- und Betriebskosten durch das Gutachterteam.

Es wurde festgelegt, dass die Möglichkeiten einer lokalen Erweiterung der Hafenanlagen noch weiter untersucht werden sollen. Eine fortführende Studie zur Erleichterung des Hafenumschlags durch einen weiteren Süddamm im Vorhafen wurde deshalb beauftragt.

Im Juni 2023 wurden außerdem die letzte Studie zur hafentechnischen Machbarkeit „Bau des Süddamm 2“ abgeschlossen. Auf Basis der beiden Vorgängerstudien wurde in dieser Studie die Umsetzbarkeit eines zweiten Süddamms in Helgoland Vorhafen bewertet. Dieser soll im Ergebnis der Studie als Fingerpier errichtet werden und die bereits heute stark verdichtete Anlegerfrequentierung am Helgolandkai entlasten.

Die Bewertung der verschiedenen Nutzungsvarianten für den neuen Süddamm 2 zeigt, dass sowohl für LOHC als auch für flüssige Ver- und Entsorgungsgüter ein Rohrleitungsanschluss die beste Option darstellt. Der Umschlag von Stückgut in Containern ist nur bedingt durch Spezialschiffe mit eigenem Ladegeschirr sinnvoll möglich, könnte aber alternativ über eine zusätzliche feste Rampenkonstruktion mit RoRo-Schiffen erfolgen. Die Nutzung für Personen-Transfer ist nur mit sicherem Zugang und zeitlicher Trennung der Betriebs- bzw. Umschlagarten möglich.

Das bautechnische Konzept für den RoRO-Anleger sieht die Ausführung als Rampe mit ballastiertem Schwimmponton vor. Optional lässt sich vor Kopf der Fingerpier eine Anlandebrücke für CTV als T-Anleger mit einer Länge von etwa 90 m ergänzen. Auch hier eignet sich eine schwimmende Pontonlösung.

Die Investitionskosten für die Fingerpier, die RoRo-Anlage und die Anlandebrücke sowie für Kampfmittelräumung und Nassbaggerarbeiten befinden sich entsprechend der überschlägigen Betrachtung in einem Rahmen zwischen 31,5 Mio. und 65,5 Mio. Euro.

Bunkerungsstudie

Die in Quartal 4, 2022 gestartete Betankungsstudie für Helgoland wurde abgeschlossen. Diese hat die Direktanwendung des Wasserstoffs (aus dem „Vorprojekt AquaPrimus“) untersucht und mögliche Umsetzungsvarianten auf Helgoland erarbeitet.

Grundsätzlich wurde dabei zunächst festgestellt, dass eine Betankung mit gasförmigem Wasserstoff gut zum Produktions- bzw. Nutzerprofil passen würde. Als potenzielle Nutzer kommen folgende Schiffstypen in Frage:

1. Crew Transfer Vessels (CTVs)
2. Bäderschiffe/Passagierschiffe
3. Sportboote und Forschungsschiffe

Die CTVs, dienen der Versorgung der umliegenden Windparks und werden auf Helgoland von verschiedenen Betreibern genutzt. Sie können als potenzielle maritime Hauptabnehmer bewertet werden, da für CTVs bereits Erstanwendungen der Wasserstoffbetankung in der Planung bzw. Konzeption sind. Bäderschiffe (Passagierfähren) sind durch den saisonalen Betrieb, vor allem im Sommer, eher als zukünftige Nutzer interessant, um saisonale Mehrmengen an Wasserstoff abzunehmen. Sportboote und Forschungsschiffe werden voraussichtlich andere nachhaltige Treibstoffe nutzen und spielen daher für die Anwendung auf Helgoland eine untergeordnete Rolle.

Gefördert durch:

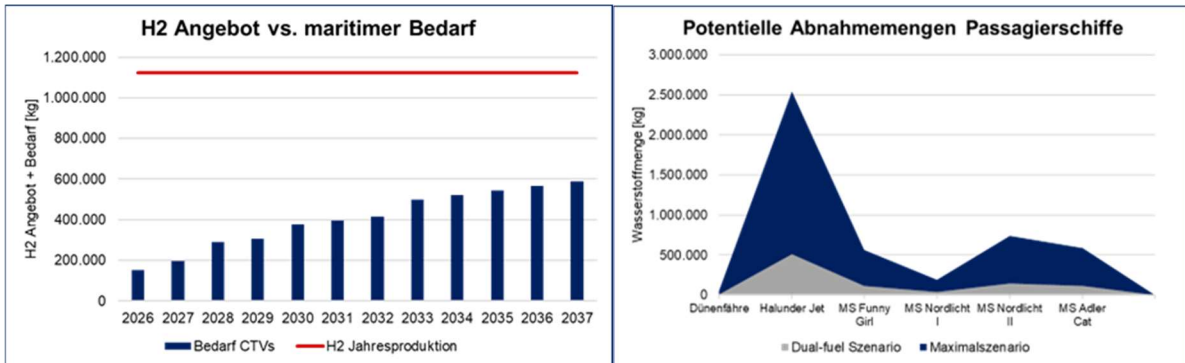


Abbildung 7: Links: Jährliche Abnahmemenge an Wasserstoff durch CTVs vs. Wasserstoffangebot (durch AquaPrimus); Rechts: jährliche potenzielle Abnahmemengen der Passagierschiffe

Abbildung 7 zeigt, dass allein durch die CTVs des Betreibers RWE auf Helgoland eine wesentliche Nachfrage an Wasserstoffbetankungsmöglichkeiten besteht. Der Hochlauf berücksichtigt dabei, dass zunächst mit 2 CTVs (Durchgehend im Sommer und im Winter) im Jahr 2026 gestartet wird und im Jahr 2034 ff dann maximal 6 CTVs mit Wasserstoff betrieben werden (3 Stück im Winter und 6 im Sommer). Die Bedarfe der Passagierschiffe zeigen, dass insbesondere die „großen“ Schiffe wie der Halunderjet die jährlich zur Verfügung stehenden Mengen an Wasserstoff um mehr als das doppelte überschreiten.

Im Rahmen der Projektstudie zur Betankung wurden auf Grund der zuvor dargestellten Sachverhalte die Anforderungen an die Betankungsinfrastruktur konkret für die CTVs ermittelt. Die Abnahmemengen für die Passagierschiffe sollen zunächst nur das mögliche weitere Potenzial auf der Insel Helgoland darstellen. Wesentliche Herausforderung bei der zur Verfügungstellung des Wasserstoffs für die Betankung ist die Synchronisation von Produktionsmenge und Nutzungsbedarfen. Durch die fluktuierende Produktion und das spezifische Betankungsprofil, speziell der CTVs, ist es zwingend erforderlich auf Helgoland auch Speichermöglichkeiten für gasförmigen Wasserstoff vorzusehen. In der nachfolgenden Darstellung wurde einmal herausgearbeitet, welche Speicherkapazitäten zur Bedarfsdeckung optimal wären. Im Ergebnis wäre ein Speichervolumen von 6–8 t als Minimallösung geeignet und eine Speichergröße ab 12 t als Optimallösung ableitbar.

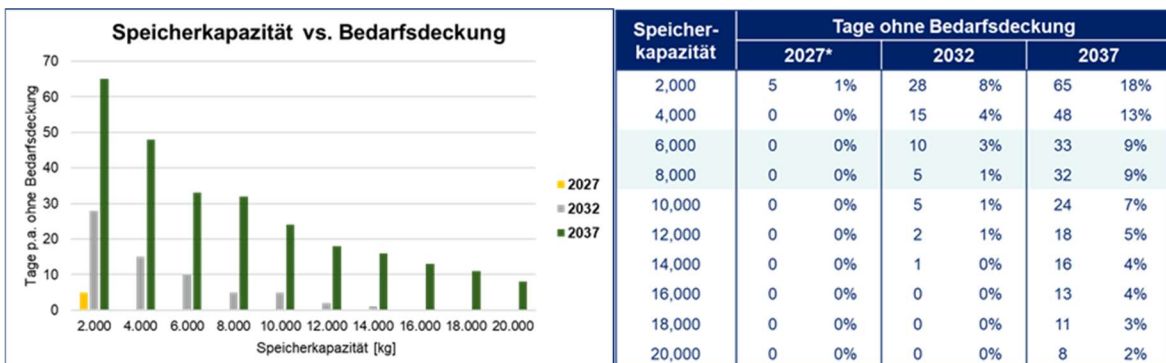


Abbildung 8: Darstellung der erforderlichen Speicherkapazitäten zur Bedarfsdeckung der maritimen Betankung

Im Ergebnis der Studie wurde auch erarbeitet, welche Komponenten für die Wasserstoffbetankung auf Helgoland erforderlich sind und wo diese potenziell angeordnet werden können. Die nachfolgende Abbildung stellt das Ergebnis schematisch dar:

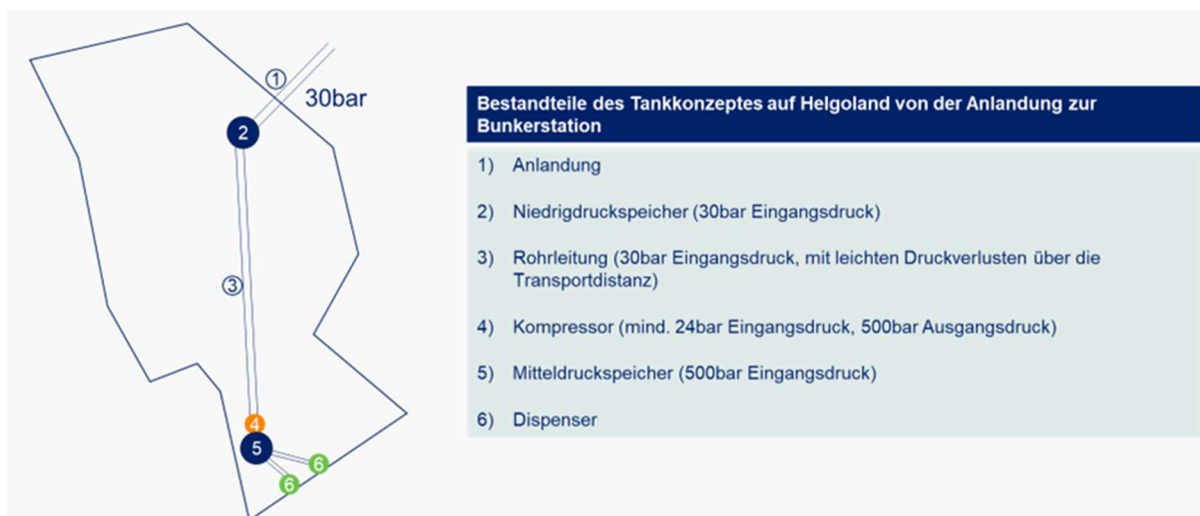


Abbildung 9: Schematische Darstellung der erforderlichen Komponenten für eine Wasserstoffbetankung auf Helgoland

Der Dispenser, oder die Zapfsäule, ist das letzte Element zur Betankung des Fahrzeugs. Es wird identisch zur aktuell stattfindenden Dieselbetankung möglichst nah an der Kaikante am Helgolandkai platziert (siehe auch Punkt 6 in Abbildung 5). Die vorhandene Distanz zwischen Kompressor und Dispenser von max. etwa 300 m ermöglicht die Nutzung des Kompressors auch für den Tankvorgang. Mit der bisher vorgesehen Kompressorleistung dauert es etwa 1,75 h, um ein Schiff mit 500 kg Speicherkapazität zu betanken. Inklusive Vorbereitung und Anschluss der Tankstutzen sollten also mindestens 2 Stunden pro Tankvorgang eingeplant werden. Sollen drei Schiffe gleichzeitig betankt werden, teilt sich die vorhandene Leistung des Kompressors auf. Es kann also nicht mehr mit 300 kg/h betankt werden, sondern es kommen lediglich 100 kg/h pro Schiff an. Damit verlängert sich die Betankung im parallelen Setup (mit einem Kompressor) auf 5 Stunden pro Schiff. Obwohl der Kompressor in der Lage ist, die Doppelfunktion des Komprimierens auf 500bar für die Speicherung und des Betankens erfüllen kann, wird empfohlen das System mit zwei Kompressoren zu planen. Auf diese Weise wird nicht nur Redundanz geschaffen, sondern es wird eine parallele Betankung von zwei Schiffen ohne Leistungsverluste ermöglicht oder es kann gleichzeitig betankt und der Mitteldruckspeicher nachgefüllt werden, um dauerhaft die maximale Kompressorleistung für die Betankung nutzen zu können.

Die wesentlichen Komponenten der Wasserstoffbetankung wurden bereits in Abbildung 9 vorgestellt. Nachfolgend erfolgt noch einmal eine genauere technische Spezifikation, soweit möglich:

Komponente	Technische Daten
H ₂ Niederdruck-Speichertank	Pufferspeicher zum Ausgleich von saisonalen Produktions- und Bedarfsschwankungen, relativ niedrige Speicherdichte, dafür geringere Sicherheitsanforderungen (Ansatz 3 t Speichervolumen) auf dem Gelände der VBH
Rohrleitungen	Transport des Wasserstoffs vom Zwischenspeicher am Anlandepunkt zum Ort des Bedarfs (Kai), möglichst niedrige Druckstufe, um Sicherheitsrisiken gering zu halten
Kompressor	Veränderung der Druckniveaus des Wasserstoffs (Verdichtung), Übergang von Niederdruck- in Mitteldruckspeicher und Beschleunigung Betankungsvorgang. Ansatz 500 bar, 2 Stück im System – Größe ca. 2-Fuß-Container
Mitteldruckspeicher	Zwischenspeicherung des Wasserstoffs vor Übergang in Fahrzeug (hier Schiff), um entweder ein Überströmen durch Druckausgleich oder ein schnelles Drücken in den Dispenser zu ermöglichen. Eine indikative Dimensionierung der Tanks geht bei 30 bar Eingangsdruck von 300 kg Wasserstoff pro Zylinder aus, sofern serienmäßige Tanks genutzt werden sollen. 2,4 t Wasserstoff würden damit in 8 Zylindern à 15 m ³ gespeichert. Dieses Volumen wird durch eine Höhe von 21 m und einem Durchmesser von 3 m erreicht. 2,4 t Speicherkapazität hätten damit einen Platzbedarf von etwa 21 x 24 m ² .
Ventilinsel/Schaltschrank	Steuerelement der Tankstelle/Bunkerstation (es gibt bereits 3 Abgabestellen am Helgolandkai). Diese sollen umgerüstet bzw. erweitert werden.
Dispenser (Zapfsäule), inkl. Schläuche	Angedockt an bestehende Abgabestellen an Helgolandkai. Flexible Schläuche, um nach Betankungsvorgang den Helgolandkai wieder frei zu haben.

Die Wasserstoffproduktion und Abnahme auf Helgoland unterliegen gegenläufigen saisonalen Schwankungen. Das Bunkersystem sollte eine Speicherkapazität von 6–8 t vorsehen, um 98 % der CTV-Bedarfe decken zu können. Das langfristige maritime Abnahmepotenzial übersteigt die Produktionskapazitäten deutlich. Der signifikant höhere Bedarf im Sommer spricht jedoch gegen eine Auslegung der Speicherkapazitäten auf den zusätzlichen Passagierverkehr.

Das entwickelte System besteht aus einem Niederdruckspeicher, einem Mitteldruckspeicher, zwei Kompressoren und drei Zapfsäulen. Damit wird eine Betankungszeit von etwa 2 Stunden für 2 x 500 kg Wasserstoff ermöglicht. Die signifikant längeren Betankungszeiten gegenüber Diesel können nicht ohne Anpassungen im Betriebsablauf der CTVs realisiert werden. Es müssen neue Betriebskonzepte

entwickelt werden, um die Machbarkeit einer Betankung mit Wasserstoff für diesen Schiffstyp zu bewerten. Es sollte u.a. geprüft werden, ob unterschiedliche Betankungszeiträume (z. B. vor der Schicht) möglich sind, da eine Parallelbetankung von mehr als zwei Schiffen zu weiteren Einschränkungen führt.

Im dritten Quartal 2023 wurde eine weitere Studie mit dem Titel „Machbarkeitsstudie für den Bau des Süddamm 2 auf Helgoland“ in Kooperation mit der Ramboll Deutschland GmbH erstellt. Sie baut auf der 2022 fertiggestellten hafentechnischen Machbarkeitsstudie für den LOHC-Umschlag auf Helgoland auf.

Nach ersten Untersuchungen in der Vorgängerstudie zu den logistischen und baulichen Anforderungen eines LOHC-Umschlags auf Helgoland sowie zu möglichen Transport- und Logistikvarianten wurde in der neuen Studie die Umsetzbarkeit eines zweiten Süddamms im Helgoländer Vorhafen bewertet. Hier wird der Süddamm 2 als Fingerpier konzipiert und soll die bereits heute stark verdichtete Anlegerfrequenz am Helgolandkai entlasten.

Zunächst wurde ein Logistikkonzept erarbeitet, das neben dem LOHC-Umschlag auch weitere Nutzungsvarianten zur Deckung des aktuellen Umschlag-Bedarfs der Insel qualitativ berücksichtigt. Nach Ableitung der notwendigen Infra- und Suprastruktur wurden bautechnische Konzepte für den Süddamm 2 und optionale Erweiterungen erarbeitet. Die Ergebnisse dienen der Veranschaulichung der potenziellen umschlagseitigen Möglichkeiten. Sie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Die Bewertung der verschiedenen Nutzungsvarianten für den neuen Süddamm 2 zeigt, dass sowohl für LOHC als auch für flüssige Ver- und Entsorgungsgüter ein Rohrleitungsanschluss die beste Option darstellt. Der Umschlag von Stückgut in Containern ist nur bedingt durch Spezialschiffe mit eigenem Ladegeschirr sinnvoll möglich, könnte aber alternativ über eine zusätzliche feste Rampenkonstruktion mit RoRo-Schiffen erfolgen. Die Nutzung für Personen-Transfer ist nur mit sicherem Zugang und zeitlicher Trennung der Betriebs- bzw. Umschlagarten möglich.

Hinsichtlich eines Umschlagkonzeptes mit maximaler Flexibilität konnte eine geeignete Lage des Süddamm 2 erarbeitet werden. Seine Länge sollte eine an der Pierwurzel angeordnete RoRo-Anlage für den Umschlag mit Versorgungsgütern für die Insel berücksichtigen. Eine gleichzeitige Nutzung durch das Tankschiff und das RoRo-Schiff ist nicht erforderlich. Unter Berücksichtigung eines Produktentankers von bis zu 100 m Länge ergeben sich Abmessungen des Süddamm 2 von 190 m x 10 m. Als bautechnische Vorzugsvariante wurde eine Schwimmkastenkonstruktion erarbeitet.

Das bautechnische Konzept für den RoRo-Anleger sieht die Ausführung als Rampe mit ballastiertem Schwimmponton vor. Die Abmessungen betragen etwa 80 m x 20 m. Optional lässt sich vor Kopf der Fingerpier mit einer Anlandebrücke für CTVs als T-Anleger mit einer Länge von etwa 90 m ergänzen. Auch hierfür eignet sich eine schwimmende Pontonlösung.

Die Investitionskosten für die Fingerpier, die RoRo-Anlage und die Anlandebrücke sowie für Kampfmittelräumung und Nassbaggerarbeiten befinden sich entsprechend der überschlägigen Betrachtung in einem Rahmen zwischen 31,5 Mio. und 65,5 Mio. Euro. Die genehmigungstechnischen Zusammenhänge für die Realisierung des Vorhabens wurden im Abschlussbericht ebenfalls zusammengefasst.

Mit den Ergebnissen der Studie sind nun konkrete Ableitungen auf andere Standorte der LOHC-Infrastruktur möglich, da nun Aufwand und Kosten für die Herstellung und den Betrieb einer solchen Anlage bekannt sind.

III.2.2 Arbeitspaket 7.2: Entwicklung und Umsetzung eines wissenschaftlichen Kommunikationskonzeptes

Im Rahmen des Arbeitspakets 7 wurde ein Kommunikationskonzept erarbeitet. In diesem sind innovative Elemente u. a. der Bürgerbeteiligung und des allgemeinen Stakeholdermanagements enthalten. Zudem wurden Leitlinien und Werte der Kommunikation erarbeitet, die bei einem Forschungs- und Entwicklungsprojekt wie diesem enorm wichtig sind. Darüber hinaus wurden Zielgruppen definiert und Kommunikationskanäle dargestellt, die sowohl für das TransHyDE-Umsetzungsprojekt Helgoland, also auch für das Projekt AquaPortus Anwendung finden sollen. Als erster Baustein wurde auf Helgoland eine Umfrage zum Thema Wasserstoff initiiert, mit dem Ziel den Wissensstand und auch die Einstellung zum Projekt unter den Helgoländer:innen zu ermitteln. Die Ergebnisse der Umfrage sollen unter anderem dazu dienen, den avisierten Wissenstransfer des Projektes auf die lokale Bevölkerung zu untersuchen bzw. nachzuweisen und entsprechend Kommunikationsmaßnahmen zu entwickeln und zielgruppengerecht anzupassen.

Neben der unmittelbaren Kommunikation im TransHyDE Umsetzungsprojekt Helgoland wurden übergeordnete Key Messages erarbeitet, die das Projekt im Kontext der AquaVentus Vision und damit auch der Leitprojekte einordnet:

1. AquaPortus bildet das grüne Herzstück der AquaVentus-Projektfamilie.
2. Als eines der Kernprojekte unterstützt AquaPortus die Gesamtvision von AquaVentus und leistet damit einen Beitrag zur Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie der Bundesregierung.
3. Das Projekt vernetzt Industrie- und Forschungspartner mit der Inselverwaltung sowie den Versorgungsbetrieben Helgoland, um sichere und praktikable Lösungen für Speicherung, Transport und Verteilung von grünem Wasserstoff über große Distanzen zu entwickeln.
4. Durch den Einsatz flüssiger organischer Wasserstoffträger (LOHC) werden die Vorteile einer innovativen Technologie genutzt, die den Transport von hochreinem grünem Wasserstoff über See- und Landwege ermöglicht. Auf diese Weise kann eine sichere und flexible Transportkette vom Offshore-Bereich bei Helgoland über die Insel- und Festlandhäfen bis hin zu den Verbrauchszentren in Deutschland und Europa etabliert werden. Mit dem Hamburger Hafen als Partner entsteht dabei ein erster zentraler Umschlagpunkt.
5. AquaPortus schafft die Grundlage für erste Pilot- und Inzellösungen mit LOHC-Technologie. Ziel ist die Ausarbeitung eines konkreten Plans für die großskalige Implementierung von Umwandlungs-, Speicher- und Nutzungskonzepten auf Helgoland und dem Festland sowie die Untersuchung großvolumiger, überregionaler Transportketten.
6. Das Projekt ermöglicht die Umstellung der Wärmeversorgung Helgolands von fossilen Brennstoffen auf CO₂-neutrale Prozesswärme aus LOHC-Anlagen.
7. Mit LOHC-gebundenem grünem Wasserstoff wird eine zusätzliche und unabhängige Quelle im zukünftigen Energiemix erschlossen. Ziel ist es, diesen Wasserstoff nahezu flächendeckend bereitzustellen – unabhängig von Pipelineanschlüssen und ergänzend zu bestehenden Wasserstoffquellen.

8. Da hier technologische Entwicklungen erstmals praktisch umgesetzt werden, eröffnet AquaPortus den Projektpartnern die Möglichkeit, wertvolle Praxiserfahrungen im Umgang mit grünem Wasserstoff und LOHC-Technologien zu sammeln. Helgoland eignet sich aufgrund seiner Lage und Bedingungen als einzigartiges Reallabor, dessen erprobte Technologien international übertragbar sind.
9. Die im Rahmen von AquaPortus durchgeführten Forschungsarbeiten schaffen eine belastbare Grundlage für die weitere Entwicklung. Die erarbeiteten Lösungen dienen als Blaupausen für andere Inseln, Häfen und Verbraucher entlang der Wasserstoff-Wertschöpfungskette und eröffnen einen Weg in eine klimaneutrale Zukunft.
10. Das Projekt knüpft an die historische Rolle Helgolands als Innovationsstandort an. Es wird hervorgehoben, dass die visionäre Idee einer Offshore-Erzeugung von grünem Wasserstoff in der Nordsee auf Helgoland entstanden ist und die Insel seit Jahrhunderten Impulse für gesellschaftliche und technologische Entwicklungen gegeben hat.
11. AquaPortus bekennt sich zu einer generationenübergreifenden Verantwortung und entwickelt Maßnahmen, um junge Menschen mit dem Thema vertraut zu machen, ihnen Zukunftsperspektiven aufzuzeigen und sie in den Innovationsprozess einzubinden.

Mit der Kommunikation von AquaPortus möchten wir alle relevanten Gruppen der Gesellschaft erreichen. Wir richten uns sowohl an die breite Bevölkerung als auch an die Entscheidungsträger aus Politik, Wirtschaft, Bildung und Forschung. Es ist uns wichtig, entlang der gesamten Bildungskette zu kommunizieren und eine Reihe von Angeboten für die nächste Generation zu entwickeln, um junge Menschen für das Thema Wasserstoff zu begeistern und ihnen u.a. auch neue Wege in die Berufswelt aufzuzeigen. Ein großes Anliegen ist es uns zudem, gerade älteren Menschen neue Technologien zu erklären, auch um die Akzeptanz für Veränderungen der gewohnten Lebenswelt auf der Insel zu erhöhen. Die Generationen möchten wir bei verschiedenen Veranstaltungen in einen Dialog bringen, um gemeinsam von und miteinander zu lernen. Dafür wird ein crossmedialer Ansatz verfolgt, für den unterschiedliche Kommunikationskanäle und Maßnahmen genutzt werden sollen.

Als entsprechende Kommunikationskanäle bieten sich dabei folgende an: Internetseiten, Internetseite der Gemeinde Helgoland, Internetseiten der Projektpartner:innen, Social Media Plattformen

Die AQP-Internetseite als digitale Heimat des Fördervereins und der Projekte bietet zurzeit eine Grundinformation sowie eine Animation der AQP-Vision und ein Video mit Kurzstatements. Pressemeldungen und Positionspapiere werden zum Download angeboten. Der Vorstand des Fördervereins und Ansprechpartner sind benannt. Bisher hat die Seite noch eher eine starke Industrieanmutung. Ein Relaunch der AQP-Seite wird diskutiert. Hier sollte AquaPortus in der Vernetzung mit den anderen AQP-Projekten gut sichtbar präsent sein.

Folgende grundlegende Segmente und Elemente werden für die Überarbeitung und die Neugestaltung in einem ersten Schritt empfohlen:

- Media Lounge
- Bleiben Sie informiert!
- Dialog-Button

Gefördert durch:



- Save the Date-Button
- „AquaVentus in den Medien“ und „AquaVentus unterwegs“
- „Zur Sache“ oder „Im Fokus“ oder „Zwischenruf“
- Wir sind AquaVentus!
- Wasserstoff-Wissen

Langfristiges Ziel: Die Vision und die Inhalte des AQV-Vereins und der Projekte bergen das Potential, die Internetseite zum News-Portal in der Wasserstoff-Welt auszubauen, mit der besonderen Expertise für Produktion von Grünem Wasserstoff auf See sowie für Hafeninfrastuktur, Transport, Speicherung, innovativen Anwendungen im maritimen Sektor und Forschung.

Um ein hohes Maß an Akzeptanz für das Projekt zu erzielen, wird AquaPortus die Inselbevölkerung mit einer Reihe von Maßnahmen umfassend über alle Aktivitäten zum Thema Grüner Wasserstoff informieren und entsprechend bei den anstehenden Entwicklungsschritten „mitnehmen“. Die in einer ersten Analyse identifizierten Stakeholder aus Politik, Wirtschaft, Genehmigungsbehörden, Bildung und Forschung, Naturschutz, Tourismus, Vereinen und Institutionen auf der Insel werden aktiv angesprochen. Dafür ist es aber auch wichtig, zu ermitteln, was die Menschen auf Helgoland bisher über Wasserstoff und die AQV-Initiative wissen und welche Fragen sie haben.

AquaPortus wird mit seinen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Themenfeld Speicherung, Transport und Verteilung von Grünem Wasserstoff vielfältige Erkenntnisse hervorbringen, aus denen Wissen für die Gesellschaft wächst. Deswegen wird der Wissenstransfer in Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft als ein Kernelement und Querschnittsaufgabe des Projektes aufgefasst. Über die oben aufgeführte konkrete Kommunikation auf der Insel hinaus wird AquaPortus mit seiner Expertise im Zusammenspiel mit den AQV-Projekten und dem AQV-Förderverein für den Dialog zwischen Industrie, Politik, Forschung und Gesellschaft eintreten, mit dem Ziel themenorientiert und faktenbasierte Dialoge zu führen und Plattformen für den Wissensaustausch zu etablieren. Wir möchten Wissen wirksam machen und folgen in diesem Transferverständnis der Hightech-Strategie 2025, mit der die Bundesregierung einen Rahmen geschaffen hat, um innovative Formen der Zusammenarbeit zu fördern und mehr Menschen in das Innovationsgeschehen einzubeziehen.

Die Öffentlichkeitsarbeit und damit der Wissenstransfer von AquaPortus erfolgt dabei auf mehreren Handlungsfeldern und soll die Sichtbarkeit des Projektes nachhaltig erhöhen, durch: Sichtbarkeit in den Medien, Sichtbarkeit durch Teilnahme an externen Veranstaltungen, Sichtbarkeit durch Präsenz an realen Orten und Wissenstransfer in die nächste Generation.

Eine gut organisierte, interne Kommunikation zwischen den Projektpartner:innen in AquaPortus sowie die Kommunikation mit den weiteren AQV-Projekten und dem AQV-Förderverein ist die Grundlage für eine gut funktionierende Kommunikation nach außen.

Durch das außerordentlich gute Projektmanagement in AquaPortus läuft der Informationsfluss innerhalb des Projektes ausgezeichnet. Die gemeinsame Arbeit ist geprägt von Schnelligkeit, gegenseitigem Verständnis und Vertrauen. Im nächsten Schritt werden die Kommunikationsteams der AquaPortus Projektpartner:innen in einem Arbeitskreis vernetzt, um Synergien in der Kommunikation nach außen zu nutzen.

In der erweiterten, internen Kommunikation mit dem Aqv-Förderverein und den Aqv-Projekten wird auf der Ebene der Kommunikationsteams eine gute Arbeitsebene entwickelt, mit dem Ziel konkrete Kommunikationsmaßnahmen auch Projekt übergreifend effizient umzusetzen.

IV. Wesentliche Ergebnisse

IV.1.1 Ergebnis der Standortanalyse

Die Standortanalyse hatte zum Ziel, die Eignung unterschiedlicher Flächen auf Helgoland für den Aufbau einer Hydrieranlage sowie einer LOHC-Infrastruktur zu bewerten. In die Gesamtbewertung flossen sowohl technische und logistische Kriterien als auch Aspekte der Energieintegration und der Flächenverfügbarkeit ein.

Besonders zwei Standorte erwiesen sich als vorteilhaft: der Vorhafen und das Gelände der Versorgungsbetriebe Helgoland (VBH). Beide Standorte bieten grundsätzlich geeignete Rahmenbedingungen, unterscheiden sich jedoch deutlich hinsichtlich logistischer Effizienz und energiewirtschaftlicher Synergien.

Vorhafen:

- Vorteilhaft aufgrund der direkten nautischen Anbindung und der guten Erreichbarkeit für Tankschiffe.
- Kurze Wege für den Umschlag von LOHC, wodurch Transportkosten und Zeitaufwand reduziert werden.
- Eignung für eine integrierte Hafenlogistik mit vergleichsweise geringen Eingriffen in die bestehende Infrastruktur.
- Nachteil: Prozessabwärme könnte nicht unmittelbar in das Inselwärmenetz eingespeist werden.

VBH-Gelände:

- Vorteilhaft aufgrund der unmittelbaren Nähe zum Fernwärmenetz der Insel, sodass die Abwärme der Hydrieranlage direkt zur CO₂-neutralen Wärmeversorgung genutzt werden könnte.
- Lage nahe der Pipelineanlandung reduziert den Bedarf an zusätzlichen Wasserstoffleitungen auf der Insel.
- Logistische Nachteile durch erforderliche Transporte zwischen Hafenanlagen und dem VBH-Standort.
- Eingeschränkte Flächenverfügbarkeit für mögliche Skalierungen.

Eine ergänzende hafentechnische Machbarkeitsstudie sowie eine Logistikbewertung bestätigten, dass aus nautischer und logistischer Sicht der Vorhafen der günstigste Standort für Umschlag und Weitertransport ist. Das VBH-Gelände weist hingegen klare Vorteile bei der energetischen Nutzung der

Prozessabwärme auf. Somit hängt die finale Standortentscheidung maßgeblich von der Gewichtung zwischen logistischer Effizienz und energetischer Integration ab.

Tabelle 2: Vergleich der Standortoptionen Vorhafen und VBH-Gelände

Kriterium	Vorhafen	VBH-Gelände
Nautische Bedingungen	Direkt für Tankschiffe geeignet	Keine direkte Hafenanbindung
Logistik	Sehr gute Umschlagsbedingungen	Zusätzliche Transporte notwendig
Abwärmenutzung	Keine direkte Einspeisung möglich	Direkte Integration ins Fernwärmenetz
Nähe Pipelineanlandung	Zusätzliche Leitung erforderlich	Vorteilhaft (kurze Leitung)
Skalierbarkeit	Eingeschränkt durch Hafenfläche	Eingeschränkt durch Flächenverfügbarkeit
Gesamtbewertung	Logistisch günstigster Standort	Energetisch vorteilhafter Standort

Insgesamt wurde deutlich, dass eine rein logistische Betrachtung den Vorhafen favorisiert, während aus Sicht einer nachhaltigen Wärmeeinbindung das VBH-Gelände von Vorteil ist. Für die endgültige Auswahl sind daher strategische Priorisierungen zwischen Wirtschaftlichkeit, Energieintegration und Flächenpotenzial erforderlich.

IV.1.2 Ergebnis: LOHC-Umschlag mit Containerschiffen

Im Rahmen der Untersuchung logistischer Varianten wurde auch der Umschlag von LOHC in Tankcontainern über Containerschiffe analysiert. Dabei zeigten sich deutliche Nachteile gegenüber dem klassischen Umschlag per Tankschiff.

Die Betriebskosten für den Containerumschlag liegen bei rund 150 % der Tankschiff-Variante. Hauptursachen sind höhere jährliche Absetzungen für Container, erhöhte Aufwendungen für Instandhaltung und Reparaturen sowie zusätzliche Kosten für Umschlaggeräte und deren Betrieb.

Darüber hinaus weist die Containerlogistik erhebliche Nachteile auf:

- Hoher Flächenbedarf für Befüllung, Zwischenlagerung und Handling.
- Zusätzliche Belastung durch landseitige Transporte, abhängig vom Lagerstandort der Container und der Entfernung zum Helgolandkai.
- Risiko mangelnder Akzeptanz bei Öffentlichkeit und Wirtschaft aufgrund von Verkehrs- und Flächenkonflikten.
- Komplexere Betriebsabläufe mit erhöhtem personellen und organisatorischen Aufwand.

Tabelle 3: Vergleich Tankcontainer- vs. Tankschiff-Umschlag von LOHC

Kriterium	Tankschiff	Tankcontainer
Betriebskosten	Referenz (100 %)	ca. 150 % der Tankschiffkosten
Instandhaltung	Gering	Hoch (Container + Umschlaggeräte)
Flächenbedarf	Gering (Kaianlage)	Hoch (Lagerung + Handling)
Logistik	Direktumschlag im Hafen möglich	Zusätzliche Transporte erforderlich
Akzeptanzpotenzial	Hoch	Eingeschränkt
Gesamtbewertung	Wirtschaftlich und logistisch vorteilhaft	Kostenintensiv, mit Akzeptanzrisiken

Auf Grundlage dieser Bewertung ist die Variante „LOHC-Umschlag mit Containerschiffen“ nur eingeschränkt geeignet. Für eine langfristig tragfähige Lösung erscheint die Nutzung von Tankschiffen als Standardoption vorzuziehen.

V. Verwendung der Zuwendung

V.1 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die Fördermittel wurden entsprechend den Zuwendungsbedingungen zielgerichtet eingesetzt. Der Schwerpunkt lag auf der Beauftragung von externen Gutachten und Studien, die unabhängige fachliche Expertise in die Projektarbeit einbrachten und die Ergebnisse inhaltlich absicherten. Dadurch konnten sowohl planerische als auch technische Grundlagen geschaffen werden, die für den späteren Transfer der Ergebnisse in eine großskalige Umsetzung erforderlich sind. Die Mittelverwendung entsprach dem genehmigten Finanzierungsplan und leistete einen unmittelbaren Beitrag zur Zielerreichung des Verbundvorhabens TransHyDE. Die Ausgaben erfolgten überwiegend in der Ausgabengruppe 0835 „Vergabe von Aufträgen“.

Beauftragte Leistungen im Überblick:

Kommunikationsberatung (Stephanie von Neuhoff)

Visualisierung (Jakob Martens Studios)

Standortanalyse (Ramboll Deutschland GmbH)

Gutachterleistung Betankung (Rickmers Tankbetriebe)

Bunkerstation (Hamburg Port Consult)

Der größte Anteil der finanziellen Mittel floss in die Erstellung von Studien und Gutachten, insbesondere in Standortanalysen und die Entwicklung von Konzepten zur Hafen- und Infrastrukturplanung für LOHC-Systeme sowie deren Modellierung. Um die wissenschaftliche Tiefe und

praktische Umsetzbarkeit zu gewährleisten, wurden mehrere externe Expertisen in Auftrag gegeben, darunter Flächen- und Standortbewertungen durch Ramboll (2022, 2023) sowie die Analyse der Betankungsinfrastruktur durch die Jörn Rickmers Bootstankstelle GmbH (2023). Diese Arbeiten ergänzten die internen Untersuchungen und erhöhten die Robustheit der Ergebnisse.

Insgesamt wurde sichergestellt, dass die Fördermittel effizient und ausschließlich für unmittelbar projektbezogene Tätigkeiten eingesetzt wurden.

V.2 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Die im Projekt durchgeführten Arbeiten waren notwendig, um die im Förderantrag definierten wissenschaftlichen und technologischen Ziele zu erreichen. Sie bildeten die Grundlage für die Entwicklung einer nachhaltigen Wasserstoffversorgung auf Basis von LOHC-Technologien.

- Die Standortanalysen belegten, dass eine differenzierte Bewertung potenzieller Flächen erforderlich ist, da logistische, bauliche und energiewirtschaftliche Aspekte in unterschiedlichen Gewichtungen berücksichtigt werden müssen (Ramboll 2022, 2023).
- Die Untersuchung der Bunkerinfrastruktur zeigte, dass eine Integration von gasförmigem Wasserstoff in die bestehende Struktur technisch und regulatorisch nicht realisierbar ist, während LOHC mit vergleichsweise geringem Anpassungsaufwand eingebunden werden kann (Rickmers 2023).
- Die Machbarkeitsstudie zur Wärmeeinbindung wies die technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit einer Einspeisung von Prozessabwärme in das Fernwärmenetz Helgolands nach. Damit konnte ein sektorenübergreifender Beitrag zur Dekarbonisierung der Insel demonstriert werden (INP 2023).
- Die Werkstoffuntersuchungen und Simulationen leisteten einen wesentlichen Beitrag zur Absicherung der Betriebssicherheit und zur Auslegung der technischen Komponenten.

Diese Ergebnisse zeigen, dass die eingesetzten Mittel nicht nur notwendig waren, sondern auch in einem angemessenen Verhältnis zum Erkenntnisgewinn und zu den förderpolitischen Zielsetzungen standen. Die Ausgaben konzentrierten sich auf wissenschaftlich und technisch relevante Fragestellungen, deren Bearbeitung einen unmittelbaren Beitrag zur Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie leistet.

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

Die im Projekt erzielten Ergebnisse besitzen eine hohe Relevanz für die zukünftige Entwicklung der Wasserstoffwirtschaft in Deutschland und Europa. Sie liefern wissenschaftlich fundierte und praxisorientierte Grundlagen für den Aufbau von Umschlags- und Transportlösungen für Wasserstoff in Form von Liquid Organic Hydrogen Carriers (LOHC). Helgoland übernimmt dabei die Rolle eines Modellstandorts, an dem technische, logistische und regulatorische Fragestellungen exemplarisch untersucht wurden.

Die Erkenntnisse sind nicht nur auf die Insel selbst beschränkt, sondern weisen eine hohe Übertragbarkeit auf andere Hafen- und Küstenstandorte auf. Insbesondere kleinere Häfen mit begrenzter Flächenverfügbarkeit und bestehender Infrastruktur können von den erarbeiteten

Gefördert durch:



Konzepten profitieren. Damit leisten die Ergebnisse einen unmittelbaren Beitrag zur Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie sowie zur Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands im Bereich innovativer Energieträger.

Ein wesentlicher Mehrwert des Projekts liegt in der vergleichenden Bewertung logistischer und baulicher Varianten, die eine belastbare Entscheidungsgrundlage für künftige Investitionen schafft. Die Analyse zeigte unter anderem, dass Rohrleitungsverbindungen in Kombination mit modularen Hafentlösungen – etwa am Beispiel Süddamm 2 – einen besonders effizienten und sicheren Betrieb ermöglichen.

Kernaussagen des Verwertungsplans:

- Helgoland dient als Pilot- und Modellstandort für LOHC-basierte Wasserstofflogistik.
- Die Ergebnisse sind auf andere Hafen- und Küstenstandorte übertragbar.
- Variantenvergleiche ermöglichen tragfähige Entscheidungen für künftige Infrastrukturprojekte.
- Öffentliche Institutionen, Projektentwickler und Hafenbetreiber können die Erkenntnisse nutzen, um eigene Planungen zu beschleunigen und Risiken zu reduzieren.
- Durch die Einbindung von Prozessabwärme in das lokale Energiesystem werden sektorübergreifende Synergien demonstriert, die auf andere Standorte übertragen werden können.

Tabelle 4: Nutzen und Verwertbarkeit der Projektergebnisse

Ergebnisbereich	Nutzen für Forschung und Technik	Nutzen für Praxis / Politik	Übertragbarkeit
Standortanalyse (Vorhafen/VBH)	Systematische Methodik zur Flächenbewertung	Entscheidungsgrundlage für Hafentwicklungen	Anwendbar auf vergleichbare Insel- und Hafenstandorte
LOHC-Umschlagsvarianten	Quantitative Kosten- und Logistikvergleiche	Reduktion von Investitionsrisiken	Übertragbar auf Häfen mit Container- oder Tankschifflogistik
Wärmeeinbindung	Modell zur Integration von Prozessabwärme	Beitrag zur lokalen Dekarbonisierung	Übertragbar auf Insellagen und Küstenstädte mit Fernwärmenetzen
Werkstoff- und Simulationsstudien	Materialdaten für LOHC-Infrastruktur im maritimen Umfeld	Grundlage für Genehmigung und Sicherheitsnachweise	Übertragbar auf Offshore- und Hafeninfrastrukturen
Hafenlayout Süddamm 2	Vergleich modularer Baukonzepte	Optimierung von Hafenplanungen	Blaupause für weitere modulare Hafenlösungen

Damit ist gewährleistet, dass die Projektergebnisse sowohl in der wissenschaftlichen Gemeinschaft als auch in der praktischen Hafen- und Infrastrukturplanung nutzbar sind.

Darüber hinaus tragen die Arbeiten zu einer beschleunigten Umsetzung von Wasserstoffprojekten bei, indem sie genehmigungsrechtliche, logistische und technische Risiken frühzeitig identifizieren und bewerten. Dies schafft eine belastbare Grundlage für künftige Investitionen und unterstützt sowohl öffentliche als auch private Akteure bei der Entscheidungsfindung.

VII. Fortschritt des Projektumfelds während der Laufzeit

Während der Projektlaufzeit hat sich das Umfeld der Wasserstoffwirtschaft erheblich weiterentwickelt. Politisch wurde die Nationale Wasserstoffstrategie auf Bundes- und EU-Ebene konkretisiert und durch zusätzliche Förderprogramme flankiert, die die industrielle Umsetzung beschleunigen. Parallel dazu erzielte das Verbundprojekt TransHyDE bedeutende Fortschritte, indem unterschiedliche Transport- und Speicheroptionen für Wasserstoff systematisch untersucht wurden (TransHyDE, 2024). Dadurch konnten die Arbeiten auf Helgoland enger mit überregionalen Entwicklungen – insbesondere in den Bereichen Offshore-Elektrolyse, Pipelineinfrastruktur und LOHC-Technologien – verzahnt werden.

Auch auf regulatorischer Ebene erfolgten wichtige Anpassungen. So wurden Verfahren zur Planfeststellung, Umweltverträglichkeitsprüfung und Sicherheitsbewertung wasserstoffbezogener

Hafeninfrastrukturen präzisiert. Diese Weiterentwicklungen führten dazu, dass das Projektumfeld während der Laufzeit kontinuierlich an die gestiegenen Anforderungen angepasst werden konnte.

Zusätzlich entstanden neue internationale Kooperationen, die den Stellenwert Helgolands als Pilotstandort für LOHC-basierte Wasserstofflogistik weiter stärkten. Helgoland konnte sich so als innovatives Reallabor im europäischen Wasserstoffhochlauf positionieren.

Kernaussagen zur Umfeldentwicklung:

- Konkretisierung und Ausweitung der Nationalen Wasserstoffstrategie auf Bundes- und EU-Ebene.
- Verstärkte Förderprogramme für industrielle Umsetzung und Hafeninfrastruktur.
- Fortschritte im Verbundprojekt TransHyDE durch parallele Untersuchungen zu Pipeline, LOHC, Ammoniak und Kryotechnologien.
- Präzisierung regulatorischer Rahmenbedingungen (Planfeststellung, UVP, Sicherheitsauflagen).
- Internationale Kooperationen stärken Helgoland als Pilotstandort.

Tabelle 5: Relevante Umfeldentwicklungen während der Projektlaufzeit

Bereich	Entwicklung während der Laufzeit	Bedeutung für das Projekt Helgoland
Politische Ebene	Konkretisierung der Nationalen Wasserstoffstrategie, EU-Programme	Direkte Einbindung in nationale und europäische Roadmaps
Förderlandschaft	Erweiterung von Programmen (z. B. IPCEI Wasserstoff)	Zusätzliche Finanzierungsmöglichkeiten
TransHyDE-Verbund	Systematische Analyse von Transport- und Speicheroptionen	Vergleichbarkeit und Anschlussfähigkeit der Helgoland-Ergebnisse
Regulierung	Präzisierte Verfahren zu Planfeststellung, UVP, Sicherheit	Höhere Planungssicherheit für Hafeninfrastruktur
Internationale Kooperationen	Aufbau neuer Partnerschaften in Europa	Stärkung von Helgoland als Modellstandort

Die in Tabelle 5 dargestellten Entwicklungen verdeutlichen, dass das Projektumfeld während der Laufzeit erheblich dynamischer und strukturierter geworden ist. Besonders die Präzisierung regulatorischer Verfahren und die internationale Vernetzung stärkten die Planungssicherheit und die strategische Position Helgolands. Damit konnten die Projektergebnisse nicht nur lokal verankert, sondern auch in nationale und europäische Wasserstoffstrategien eingebettet werden.

VIII. Erfolgte Veröffentlichungen

Zur Sicherstellung von Transparenz und Nachvollziehbarkeit wurden die Projektergebnisse in mehreren Berichten und Publikationen dokumentiert. Diese Veröffentlichungen decken unterschiedliche Arbeitspakete ab und bilden eine belastbare wissenschaftliche und technische Grundlage für weiterführende Arbeiten.

Bisherige Veröffentlichungen:

- Ramboll (2022): Hafentechnische Machbarkeit des LOHC-Umschlags auf Helgoland. Studie im Rahmen von TransHyDE.
- Ramboll (2023): Machbarkeitsstudie Süddamm 2 mit Variantenvergleich und bautechnischen Analysen.
- Tewis Projektmanagement GmbH (2023): Bericht Süddamm 2, Version 01.
- INP Deutschland GmbH (2023): Machbarkeitsstudie zur Wärmeeinbindung einer LOHC-Hydrieranlage in das Fernwärmenetz Helgoland.
- Rickmers Bootstankstelle GmbH (2023): Analyse der Betankungsinfrastruktur Helgoland.
- TransHyDE (2024): Veröffentlichung der zentralen Projektergebnisse auf der Projektwebseite (www.transhyde.de).

Geplante Veröffentlichungen:

- Einreichung des Abschlussberichts im Repositorium RENATE (TIB Hannover) zur dauerhaften Sicherung und Zitierfähigkeit.
- Konferenzbeiträge auf Fachveranstaltungen, u. a. der International Conference on Hydrogen Safety (ICHS) und der European Hydrogen Week.
- Fachartikel in internationalen Journals, z. B. im International Journal of Hydrogen Energy und im Journal of Cleaner Production.

Tabelle 6: Übersicht Veröffentlichungen und Verwertungsaktivitäten

Jahr	Art der Veröffentlichung	Titel / Inhalt	Autoren / Institutionen
2022	Studie	Hafentechnische Machbarkeit LOHC-Umschlag	Ramboll
2023	Studie	Machbarkeitsstudie Süddamm 2	Ramboll
2023	Bericht	Süddamm 2, Version 01	Tewis Projektmanagement GmbH
2023	Studie	Wärmeeinbindung LOHC-Hydrieranlage	INP Deutschland GmbH
2023	Gutachten	Analyse Betankungsinfrastruktur Helgoland	Rickmers Bootstankstelle GmbH
2024	Online-Veröffentlichung	Zentrale Projektergebnisse TransHyDE	TransHyDE-Verbund
geplant	Repositoryum (RENATE, TIB)	Abschlussbericht Helgoland LOHC-Umsetzungsprojekt	Konsortium
geplant	Konferenzbeiträge	u. a. ICHS, European Hydrogen Week	Projektpartner
geplant	Fachartikel	Journals zu Wasserstoff- und Energiewirtschaft	Projektpartner (in Vorbereitung)

Gefördert durch:



IX. Literaturverzeichnis

- *INP Deutschland GmbH (2023): Machbarkeitsstudie zur Wärmeeinbindung einer LOHC-Hydrieranlage in das Fernwärmenetz Helgoland. Greifswald.*
- *Ramboll (2022): Hafentechnische Machbarkeit des LOHC-Umschlags auf Helgoland. Studie im Rahmen von TransHyDE. Hamburg.*
- *Ramboll (2023): Machbarkeitsstudie Süddamm 2 mit Variantenvergleich und bautechnischen Analysen. Hamburg.*
- *Jörn Rickmers Outdoor- & Wassersportmode Bootstankstelle GmbH (2023): Analyse der Betankungsinfrastruktur Helgoland. Helgoland.*
- *Tewis Projektmanagement GmbH (2023): Bericht Süddamm 2, Version 01. Helgoland.*
- *TransHyDE (2024): Zentrale Projektergebnisse des Verbundprojekts TransHyDE. Online verfügbar unter: www.transhyde.de [Zugriff am: 30.09.2025].*