RWE

Leitprojekt TransHyDE

TransHyDE-Projekt LNG2Hydrogen

Sachbericht zum Verwendungsnachweis Teil II: Langfassung

Stand:	25.04.2025
Einreichungsdatum (TIB):	13.10.2025
Partnerin/Partner:	RWE Supply & Trading GmbH
Autorin/Autor:	Dr. Florian Gremme
Fördertitel:	Verbundvorhaben TransHyDE-LNG-Terminals
Förderkennzeichen:	03HY210E
Disclaimer:	*Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin/beim Autor/den Autoren.*

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Finanziert von der Europäischen Union
NextGenerationEU

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis 3
Abbildungsverzeichnis 4
I. Ursprüngliche Aufgabenstellung 5
II. Vormaliger Stand des Wissens 14
III. Darstellung der durchgeführten Arbeiten und wesentliche Ergebnisse 16
IV. Verwendung der Zuwendung 18
IV.1 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises 18
IV.2 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten 18
V. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse im Sinne des Verwertungsplans . 18
VI. Fortschritt des Projektumfelds während der Laufzeit 22
VII. Erfolgte Veröffentlichungen 22
Literaturverzeichnis 23

Abkürzungsverzeichnis

AP	Arbeitspaket
DME	Dimethylether
H2	Wasserstoff
LH2	Flüssigwasserstoff (Liquid Hydrogen)
LNG	Liquified Natrual Gas
LOHC	Liquid Organic Hydrogen Carrier
MeOH	Methanol
NH3	Ammoniak
SNG	Syntetic Natural Gas

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 *Übersicht der Arbeitspakete und betrachteten H2-Transportvektoren* *6*
Abbildung 2 *Systemgrenzen der einzelnen Arbeitspakete* *7*

I. Ursprüngliche Aufgabenstellung

Ziel des Verbundvorhabens ist die Erarbeitung einer wissenschaftlich fundierten, nachhaltigen Datenbasis und Empfehlung als Entscheidungsbasis für die zukunftsfähige und langfristige Nutzung von Liquified Natrual Gas (LNG)-Terminal-Standorten als logistische Knotenpunkte für Wasserstoff und dessen Derivate. Dabei gilt es ebenso weitere Forschungs- und Entwicklungsbedarfe aufzuzeigen. Der Zeitplan sieht eine Zielerreichung innerhalb von 18 Monaten vor.

Um dieses Ziel zu erreichen, soll eine technologieoffene Untersuchung stattfinden, sodass neben Flüssigwasserstoff (LH2) und Ammoniak (NH3) auch die Wasserstoffträger und -derivate Methanol (MeOH), Liquid Organic Hydrogen Carrier (LOHC), Synthetic Natural Gas (SNG) und Dimethylether (DME) untersucht werden sollen (nachfolgend übergreifend als H2-Transportvektoren bezeichnet). Diese gelten als vielversprechende Kandidaten und sollen vorbehaltlos nebeneinander betrachtet werden. Sollte sich an einem bestimmten Punkt der Projektbearbeitung herausstellen, dass sich ein H2-Transportvektor als nicht geeignet herausstellt, wird die weitere Betrachtung dieses Vektors nicht weiterverfolgt.

Folgende Arbeitsinhalte sind Bestandteil des Gesamtvorhabens:

- Analyse, Darstellung und Bewertung der heute möglichen technischen Optionen für eine zukunftsfähige Nutzung von LNG-Terminalinfrastrukturen und Ausblick auf notwendige kurzfristige Forschungs- und Innovationsbedarfe - technologieoffene Betrachtung von SNG, LH2, MeOH,NH3, LOHC und DME als alternativen Vektor
- Herausstellen der techno-ökonomischen Bedeutung der Umstellung einschließlich der Betrachtung der vor- und nachgelagerten Transportkette (Well-to-Wheel-Analyse)
- Aufzeigen von rechtlichen und regulatorischen Optionen für eine nachhaltige Nutzung von LNG-Terminals
- Erarbeiten der Kriterien, Designparametern und Planungsmaßnahmen von zukunftsfähigen 'multiple-use'- Terminalinfrastrukturen und Definition der H2-Readiness

RWE nimmt im Konsortium die Rolle als unterstützender Berater ein und versucht unter Beachtung geltender Vertraulichkeitsvereinbarungen Informationen, Daten und Erfahrungen aus bestehenden Projekten in das Gesamtvorhaben TransHyDE-LNG2Hydrogen einzubringen.

Konkrete Ziele des Verbundpartners RWE

Die RWE verfolgt mit der Teilnahme an dem Projekt unterschiedliche Teilziele, die im Wesentlichen auf die Schaffung von Wissen und die Unterstützung bei der Gestaltung zukünftiger Marktbedingungen abzielen. Konkrete Ziele der RWE sind:

1. Mitwirkung bei der Generierung von neuem Wissen und Daten (Markt, Preise, Technologien und Materialien, Regulierung, Normen und Standards) als Entscheidungsbasis für ein nachhaltiges Nutzungskonzept des RWE LNG-Terminals und entsprechende weitere FuE-Arbeiten
    a. Durch die genaue Betrachtung der Transportvektoren werden wertvolle Daten zur Abschätzung zukünftiger Marktbedürfnisse und Preispunkte herausgearbeitet.

b. Über die Kooperation im Verbund kann eine Grundlage geschaffen werden, dass Bedürfnisse in Richtung regulatorischer Stellen und Akteure, die z.B. Normen und Standards prüfen und weiterentwickeln, abgestimmt kommuniziert werden.

2. Mitwirkung bei der Stärkung der Arbeiten in Wissenschaft und Lehre im Bereich Logistikinfrastruktur für Wasserstoff und dessen Derivate, ggf. durch Erfahrungsberichte aus bestehenden Aktivitäten:
   Durch die enge Kooperation mit wissenschaftlichen Institutionen, sollen diese auch die Gelegenheit erhalten einen besseren Überblick über zukünftige Ausbildungsbedarfe zu erhalten, um Ihre Lehrinhalte ggf. entsprechend anpassen zu können. So kann zukünftigem Fachkräftemangel vorgebeugt werden.

3. Zusammenarbeit im Verbund zur Förderung von Innovationen für die Transformation des Energiesystems:
   Die Beteiligung an dem Verbund erlaubt es der RWE, eigene Annahmen zur Technologieentwicklung und zur Bewertung von Materialien kritisch überprüfen zu lassen und einen besseren Überblick über die Stakeholder Landschaft zu erhalten

Darstellung des Arbeitsplans

Im Folgenden wird der Arbeitsplan anhand der Arbeitspakete (AP) an denen RWE beteiligt ist dargestellt. Abbildung 1 gibt einen Überblick über die AP-H2-Vektoren-Matrix.

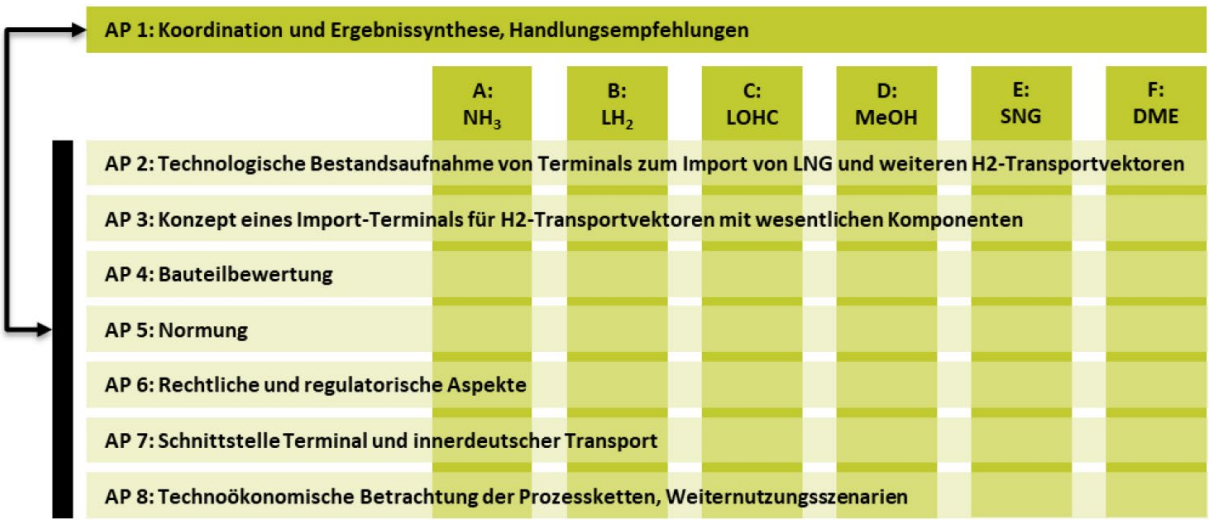

Abbildung 1 Übersicht der Arbeitspakete und betrachteten H2-Transportvektoren

Zum besseren Verständnis der Abgrenzungen zwischen den AP dient die nachfolgende Darstellung der Systemgrenzen.

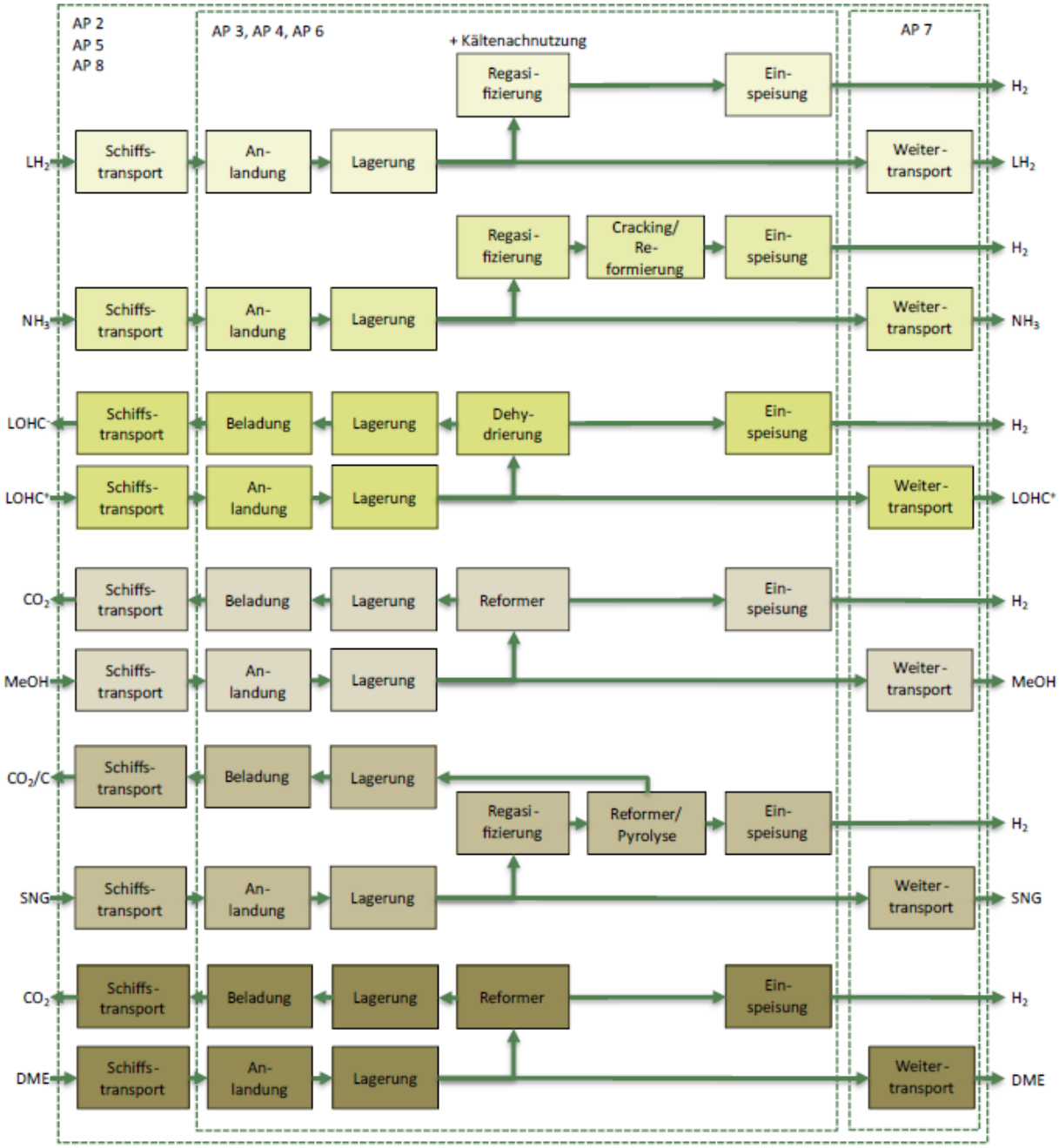

Abbildung 2 Systemgrenzen der einzelnen Arbeitspakete

Arbeitspaket II: Technologische Bestandsaufnahme von Terminals zum Import von LNG und weiteren H2-Transportvektoren

Das Arbeitspaket II schafft die Wissens- und Arbeitsgrundlage für alle anderen Arbeitspakete, in-dem hier zunächst eine Definition von H_2-Transportvektoren im Kontext mit LNG-Terminals gegeben wird und Begrifflichkeiten festgelegt werden. Daraufhin erfolgt die technologische Bestandsaufnahme von Terminals für den Import von SNG, LNG, LH2, NH3, LOHC, MeOH und DME mit dem Ziel die wesentlichen Infrastrukturkomponenten herauszustellen. Durch die Tätigkeiten der RWE in Hinblick

auf LNG-Handel und die Beteiligung am Bau eines LNG-Terminals unterstützt RWE dieses Arbeitsprojekt bei den folgenden Punkten:

- *AP II.I: Definition von H2-Transportvektoren im Kontext mit LNG-Terminals*
    - Einigung und Definition gemeinsamer Begrifflichkeiten (Sprache), Leistungsdimensionen (Abgleich Masse/Volumen/Ströme/Energiegehalt/Reinheit/Druck)
    - Marktübersicht und Ausblick zu (S)LNG, NH_3, H_2 (verdichtet), MeOH, LOHC, LH_2, DME (Handels- & Transportrouten, Regasifizierungskapazitäten Weltweit, Marktanteile Produktion und Verbrauch, Bedarf innerhalb der EU/Europa, Redereien, Anlagenbetreiber)
- *AP II.II: Technologische Bestandsaufnahme Terminals (LNG/SNG, LH2, NH3, LOHC, MeOH, DME)*

  Durch die Beteiligung an dem Bau einer der ersten LNG-Terminals in Deutschland kann RWE unter Berücksichtigung bestehender Vertraulichkeitsvereinbarungen mit weiteren Parteien bei diesem Arbeitspaket erste Erkenntnisse beisteuern und beratend unterstützen. Im Einzelnen werden folgende Punkte betrachtet:
    - Übersicht über geplante LNG-Terminals in Deutschland und deren Spezifikationen (Speicherkapazität, Regasifizierungsanlagen/-kapazität, Hafenausstattung, Schiffsanlandung, Anbindung/Weitertransportoptionen (Pipelinenetz) und Analyse bereits existierender Studien und Vorarbeiten)
    - Herausstellung der Hauptkomponenten eines LNG-Terminals
    - Übersicht existierender Terminals für LH2, NH3, LOHC (bestehende Ölterminals), MeOH in Deutschland/ Europa/ global und Ausarbeitung der Spezifikationen für ausgewählte Standorte (typische Kapazitäten (Speicher, ggf. Regasifizierung), aktuelle Anwendungen)
    - Ermittlung TRL und Entwicklungen der einzelnen Komponenten (z. B. Speicher, Regasifizierung, NH3-Zerlegung, MeOH-Zerlegung, Dehydrierung, Dampfreformierung);
    - Erstellung einer Übersicht zum aktuellen Stand und Entwicklungen für Transportschiffe für LH2, NH3, Methanol, LOHC sowie DME und Ableitungen von Anforderungen an die Importterminals (typische Transportkapazität einzelner Schiffe, Übertragungskapazitäten, Dimensionen (Länge, Tiefgang))
- *AP II.III: Stakeholderanalyse*

  RWE kann beratend in diesem Arbeitspaket bei der Stakeholderanalyse unterstützen. Dazu gehört die Identifizierung und Analyse von Stakeholdern aus den Bereichen Betrieb, EPC (Engineering-Procurement-Construction), Anlagenbau, Equipment-Hersteller, etc. für die Lagerung und den Transport von LNG, LH2, NH3, LOHC, MeOH, DME.

Arbeitspaket III: Konzept eines Import-Terminals für H2-Transportvektoren mit wesentlichen Komponenten

Ziel von AP 3 ist die Entwicklung von Konzepten für die Weiterentwicklung/-nutzung von LNG-Terminals für andere H2-Transportvektoren. Ausgangspunkt sind die derzeit in Planung und Aufbau befindlichen LNG-Terminal-Infrastrukturen (FSRU (Anlandeinfrastruktur), stationäre Anlagen). Hierbei soll insbesondere evaluiert werden wie vorhandene Anlagen, Infrastrukturen und Komponenten der LNG-Terminals weitergenutzt werden können und welche Prozessschritte und Anlagen für die alternativen Nutzungspfade substituiert oder neu aufgebaut werden müssen. Die Terminalkonzepte beinhalten sämtliche Prozessschritte und Infrastrukturen von der Schiffsanlandung über die Lagerung und Konvertierung bis hin zur Einspeisung von Wasserstoff in das H2-Backbonenetz sowie Abfüllanlagen für den innerdeutschen LKW-, Bahn- oder Schiffstransport (s. Abbildung 2).

- *AP III.I: Festlegen von Randbedingungen für Terminalkonzepte*

  RWE unterstützt bei der konzeptionellen Entwicklung von Weiterentwicklung/-nutzung von derzeit bestehenden bzw. geplanten LNG-Terminal-Infrastrukturen. Durch den Bau des LNG-Terminals Brunsbüttel hat RWE eine Grundlage, um unter Berücksichtigung bestehender Vertraulichkeitsvereinbarungen mit anderen Parteien bei diesem Arbeitspaket zu unterstützen.

  Um eine Vergleichbarkeit bei den zu entwickelnden Terminalkonzepten zu gewährleisten, werden in AP III.I zunächst die Rahmenbedingungen und Auslegungsgrundlagen für alle H2-Vektoren festgelegt. Hierzu gehören insbesondere folgende Aspekte:

  - Definition von Randbedingungen und Systemgrenzen (Kapazitäten, Übergabedruck Einspeise-anlage, H2-Reinheit, etc.) für die betrachteten Terminalkonzepte als Basis für die technischen Untersuchungen
  - Festlegung von Betriebsfällen (H2-Einspeisung ins Transportnetz, innerdeutscher Weitertransport als Derivat)
  - Als Ergebnis wird ein Lastenheft für die Anlagenkonzepte an AP 3.2 übergeben.

- *AP III.II: Verfahrenstechnische Auslegung von Terminalkonzepten für verschiedene H2-Transportvektoren*

  In AP III.II werden anhand des Lastenhefts aus AP III.I Terminalkonzepte für folgende H2-Transportvektoren entwickelt:

  a) LH2

  b) NH3

  c) LOHC

  d) MeOH

  e) SNG

  f) Dimethylether

  RWE unterstützt hier bei der Studiendurchführung zur optimalen, verfahrenstechnischen Auslegung des Importterminals sowie Untersuchung der Umsetzungsaspekte bzgl. verschiedener Terminalkonzepte insbesondere mit dem Fokus auf NH3-Terminal und berät die

Verbund-Parteien. Bei der Erarbeitung der Terminalkonzepte sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Erarbeitung von verfahrenstechnischen Konzepten, die alle relevanten Prozessschritte enthalten
- Erstellen von Prozessflussdiagramm(en)
- Verfahrenstechnische Auslegung der einzelnen Prozessschritte
- Aufstellen von Energie- und Stoffbilanzen zur Bestimmung von Energiebedarfen, Kühlwasserbedarfe und Bedarf an weiteren Betriebsmitteln
- Dimensionierung bzw. Spezifikation der erforderlichen Hardware-Komponenten unter Berücksichtigung der materialseitigen Erkenntnisse aus AP IV
- Ermittlung des Flächenbedarfs
- Entwicklung von Energieintegrationskonzepten für nützliche Energieströme (Hafeninfrastruktur)
- Kostenermittlung für die Einzelkomponenten
- Abschätzung der Terminalkosten auf Basis der Hauptkomponenten mittels Faktorenmethode
- Bewertung der Tauglichkeit und Langzeitstabilität bestehender Leckage-Messtechniken/Sensoren an LNG-Terminals für die zuverlässige und empfindliche Detektion H2-Transportvektoren (im speziellen NH3) im Nordsee-Klima und Erstellung eines Konzeptes für geeignete Sicherheitssensorik (Nachweisgrenzen, Empfindlichkeiten, etc.)

- *AP III.III: Umsetzungsaspekte für verschiedene Terminalkonzepte*

  Aufbauend auf den erarbeiteten Terminalkonzepten werden in AP III.III in Abstimmung mit den weiteren Arbeitspaketen umsetzungsrelevante Fragestellungen bearbeitet. Diese beinhalten folgende Punkte:

  - Betriebliche und sicherheitstechnische Aspekte beim Umgang mit den verschiedenen Medien (Abstimmung mit AP V)
  - Genehmigungsrechtliche und regulatorische Aspekte auf Basis der Analysen in AP VI
  - Schnittstellenbetrachtung zum Transport per LKW, Schiff, Zug für alle Transportvektoren (AP VII)
  - Konzept zur Steigerung der Kapazität von minimaler Leistung am Anfang bis zu maximaler Leistung bei wachsendem Bedarf (Abstimmung mit AP VIII)
  - Aufzeigen von infrastrukturellen oder effizienzspezifischen Synergieoptionen im Umfeld von Terminals (z.B. Kältenutzung bei LH2; ggf. Abwärmenutzung)

Arbeitspaket IV: Bauteilbewertung

Ziel des Arbeitspakets IV ist die Bauteilbewertung der in AP II identifizierten Hauptkomponenten eines LNG-Terminals für deren Weiternutzung für die weiteren H2-Transportvektoren.

- *AP IV.I: Werkstoffbewertung*

  RWE unterstützt in beratender Funktion bei der Analyse der verwendeten Werkstoffe für die in AP III.I identifizierten Komponenten hinsichtlich der Nutzung für die anderen H2-Transportvektoren (Schnittstelle zu AP III.I).

  Besondere Berücksichtigung erhalten die Themen der Betriebstemperaturen (LH2) und möglicher korrosiver Eigenschaften der H2-Transportvektoren:

  a) NH3

  b) LH2

  c) LOHC

  d) MeOH

  e) SNG

  f) Dimethylether

- *AP IV.II: Bauteilbewertung*

  RWE unterstützt die Verbund-Partner hinsichtlich dieser Forschungsfrage in beratender Funktion, sodass sichergestellt wird, dass relevante Richtlinien beachtet werden. Inhalte der einzelnen Pakete sind insbesondere zu betrachten:

  - Analyse der Lebensdauerberechnung und Dimensionierung von LNG-Behältern, Stückliste aller Komponenten, die mit H2-Transportvektoren in Kontakt kommen. Hier wird insbesondere zu ermittelt, welche Auslegungsrichtlinien, z. B. Druckgeräterichtlinie, FKM-Richtlinien, DVGW- oder sonstige Regelwerke angewendet wurden
  - Analyse der Auslegungsrichtlinien für die o.a. Komponenten und Regelwerke hinsichtlich der Übertragbarkeit auf die anderen H2-Transportvektoren. Diese Analyse bewertet, ob technische Regelwerke verfügbar sind, die es erlauben, LNG-Terminals hinsichtlich der Nutzung für die anderen H2-Transportvektoren auszulegen. Eine Gap-Analyse identifiziert den Forschungs-, Entwicklungs- und Normungsbedarf. Die laufenden Arbeiten in TransHyDE-TP2-Sichere Infrastruktur sowie in H2Mare-H2Wind bilden die Grundlage für diese Analyse. (Schnittstelle zu AP V: Normung)
  - Zusammenstellung der Hauptanforderungen an zu substituierende Werkstoffe und erste Vorschläge für Ersatzwerkstoffe (Schnittstelle zu AP III.II)

Arbeitspaket VII: Schnittstelle Terminal und innerdeutsche Transport

Das Arbeitspaket VII stellt die Auswirkungen der Umrüstung eines LNG-Terminals zu einem H2-Terminal auf die nachgelagerten Transportketten dar. Ziel des Arbeitspakets ist es, einen ganzheitlichen Vergleich der möglichen Transportvektoren (LKW, Binnenschiff, Zug, Pipeline) für H2-Transportvektoren abzubilden. Die H2-Transportvektoren wurden entsprechend jüngster wissenschaftlicher Veröffentlichungen gewählt. Es werden technische, ökonomische und ökologische Aspekte untersucht. Die Systemgrenzen des innerdeutschen Transports liegen hinter der Abfüllanlage des Import-Terminals und dem Übergabepunkt zum Endverbraucher. Ein wichtiger Baustein des Arbeitspaketes ist es, die Kostenstruktur unterschiedlicher H2-Transportvektoren so aufzubereiten,

dass die Lieferkette bis zum Endverbraucher für unterschiedliche Bezugsmengen und Distanzen zum Terminal ökonomisch abgebildet werden. Wie genau H2 sowie H2-Derivate und zu welchen Kosten zukünftig zum Endverbraucher transportiert werden, ist in den oben genannten Veröffentlichungen und in der kürzlich erschienenen Studie "Conversion of LNG Terminals for liquid Hydrogen or Ammonia" nicht quantifiziert. Dabei haben die Umrüstung der Importterminals erhebliche Auswirkungen auf die nachgelagerte Transportinfrastruktur. Besonders die zeitliche Verfügbarkeit von Technologien ist hier zu bewerten. So können bereits vor dem Aufbau eines breitflächigen Netzes von H2-Pipelines Energieträger über Schiene und Straße transportiert werden.

- *AP VII.I: Status-quo – Technologieüberblick innerdeutscher Transport*

  In diesem Arbeitspaket plant RWE bei der Identifikation und Bewertung unterschiedlicher Transportmöglichkeiten zu den Verbrauchern beratend zu unterstützen. Neben einem grundsätzlichen Technologieüberblick liegt für RWE der Fokus insbesondere auf NH3. Ziel ist es einen ganzheitlichen Vergleich der möglichen Transportvektoren für H2-Transportvektoren zu erarbeitet. Zusätzlich zielt RWE darauf ab, die Verbundpartner durch die Durchführung einer Studie zur Transportierbarkeit in der Bearbeitung der folgenden Punkte zu unterstützen:

  - Analyse der heutigen kommerziellen inländischen Transporttechnologien für LNG, gasförmige und flüssige H2 sowie H2-Derivate sowie Aufschlüsslung der Transportkosten in Abhängigkeit von Transportdistanz und Menge, als Referenzwerte für alternative Transportketten
  - Analyse von Forschungs- und Demonstrationsprojekten zum inländischen Transport von H2-Transportvektoren
  - Übersicht möglicher Transportvektoren für die Bilanzgrenzen Abfüllanlage am Terminal bis zum Endverbraucher. Aufbereitung der notwendigen Prozessschritte in Form von Prozessflussdiagrammen
  - Bestimmung des technologischen Reifegrads (TRL) der zuvor identifizierten Transportvektoren für H2-Transportvektoren
  - Bereitstellung von Daten, Validierung und Abstimmung der Ergebnisse mit Industriepartnern

- *AP VII.II: Techno-ökonomische Analyse Transport H2-Transportvektoren per LKW, Bahn, Binnenschiffe und Pipeline*

  RWE kann bei diesem Arbeitspaket durch die Beteiligung an dem Bau eines LNG-Terminals in Deutschland, unter Berücksichtigung bestehender Vertraulichkeitsvereinbarungen mit weiteren Parteien, Erfahrungen beisteuern und beratend unterstützen. Im Einzelnen werden folgende Punkte betrachtet:

  - Definition typischer Abnehmer differenziert nach Bezugsmenge, Distanz zum Terminal und infrastrukturelle Voraussetzungen, wie Anschluss an Pipeline/Schienennetz
  - Aufstellung der Energie- und Massenbilanzen einzelner Prozessschritte sowie der Prozessketten der Transportvektoren
  - Vergleichende Darstellung CAPEX und OPEX unterschiedlicher Transportvektoren entsprechend der definierten Abnehmerstruktur

- Ökologischer Vergleich der Transportvektoren entsprechend der definierten Abnehmerstrukturen
- Harmonisierung der Ergebnisse aus AP III, AP VII und AP VIII, welche vorbereitend für den Vergleich der Gesamtkosten alternativer Versorgungsketten mit H2-Transportvektoren in AP VIII dient
- Bereitstellung von Daten sowie Validierung und Abstimmung der Ergebnisse mit Industriepartnern

Arbeitspaket VIII: Techno-ökonomische Betrachtung der Prozessketten, Weiternutzungsszenarien

Ziel des APs ist eine techno-ökonomische Analyse der H2-Transportvektoren, welche der ökonomischen Bewertung von Weiternutzungsszenarien und somit der Vorbereitung von Investitionsentscheidungen dient. Im Rahmen der Analysen sollen die Transportvektoren entsprechend Abbildung 2 über eine techno-ökonomische Betrachtung untersucht und Rückschlüsse auf Wirkungsgrade, Kosten und weitere Kriterien getroffen werden.

- *AP VIII.I: Import von wasserstoffbasierten Energieträgern*

  RWE unterstützt die Verbund-Partner hinsichtlich dieser Forschungsfrage in beratender Funktion und bringt, soweit die Möglichkeit im Rahmen von Vertraulichkeitserklärungen besteht, Erkenntnisse aus den Aktivitäten für das LNG-Terminal in die Erarbeitung der Verbundpartner von Weiternutzungsszenarien ein.

  - Definition/Beschreibung von Weiternutzungsszenarien von LNG-Terminals basierend auf den Ergebnissen der vorangegangen APs
  - Entwicklung/Beschreibung der Methode zum fairen techno-ökonomischen Vergleich von unterschiedlichen Weiternutzungsszenarien, Definition von Vergleichskriterien
  - Ableitung der erforderlichen Terminalkapazitäten auf Basis der Erkenntnisse aus dem Verbund Systemanalyse bzgl. Importbedarfen und weiteren Studien zu Energieimporten
  - Recherche und Auswertung industrieller Power to X-Projekte mit schiffsbasiertem Import hinsichtlich gewählten H2-Vektors (LH2, NH3, MeOH, LOHC, DME, etc.) und deren zeitlichen Exportziele (z.B. Neom, Hyphen)
  - Aufgrund unterschiedlicher Eigenschaften der Energieträger (Dichte, Energiedichte) erfolgt eine Bewertung, ob die Kapazität der geplanten LNG-Terminals ausreicht

- *AP VIII.II: CO_2-Management bei dem Import von SNG, DME und MeOH*

  RWE plant die Verbundpartner in diesem Arbeitspaket mit Erfahrungen aus weiteren Unternehmensbereichen in beratender Funktion zu unterstützen.

  - Techno-ökonomische Analyse CO2-Management für SNG, MeOH und DME basierend auf einer Kreislaufwirtschaft des CO2
  - Analyse der Möglichkeiten der CO2-Rückführung zur Derivate-Produktion

- *AP VIII.III: Techno-ökonomische Bewertung der Weiternutzungs-Szenarien auf die verschiedenen H2-Transportvektoren*

  RWE übernimmt auch in diesem AP die Rolle des Beratenden Unterstützers. Basierend auf den bisherigen Ergebnissen und Vorarbeiten werden Analysen und Kapitalwert-Berechnungen

durchgeführt. Basierend auf diesen Ergebnissen werden Indikationen an die Verbundpartner gegeben werden, die für die folgenden Aspekte des Arbeitspaketes genutzt werden:

- In AP VIII.III erfolgt eine techno-ökonomische Analyse des H2-Imports entsprechend den aufgezeigten Vektoren in Abbildung 2. Die Analyse erfolgt sowohl für einen theoretischen Neubau von Derivatterminals als auch einer Umwidmung von LNG-Terminals, sofern dies technisch möglich ist, basierend auf den ermittelten Daten aus AP III und AP IV
- Aufbau bzw. Übernahme aus dem AP III von Simulationsmodellen der analysierten Importterminals basierend auf Massen- und Energiebilanzen sowie Komponentenspezifikationen (z. B. Kennlinien, spezifischer Energiebedarf) für die betrachteten Importterminals
- Darauf basierende Durchführung einer techno-ökonomischen Jahressimulation der definierten Importpfade entsprechend Abbildung 2 zur Ermittlung des erforderlichen Energiebedarfs (u.a. unter Berücksichtigung von Boil-off, LH2-Regasifizierung, NH3-Zerlegung, H2-Aufbereitung, LOHC-Dehydrierung, etc.) und anderen Terminal-Performance Indikatoren
- Ermittlung des Einflusses der Terminals auf die Kosten der jeweiligen H2-Vektoren (Simulation aller aufgezeigten Pfade) unter Berücksichtigung der Investitionskosten sowie stofflicher- und energetischer Verluste; Ermittlung weiter Zielparameter (z. B. Auslastung der Terminals)
- Bestimmung der Kosten beim Endverbraucher durch Erweiterung existierender Transportkettenanalysen um die Komponente “Terminal” sowie den innerdeutschen Transport zum End-verbraucher (basierend auf Ergebnissen aus AP VII), Bestimmung Kosten sowie Gesamteffizienz beim Endverbraucher

- *AP VIII.IV: Bilanzierung der Treibhausgas-Emissionen*

  Mit den Erkenntnissen aus den Aktivitäten für das LNG-Terminal unterstützt RWE unter Berücksichtigung bestehender Vertraulichkeitsvereinbarungen mit weiteren Parteien bei den Analysen und Erfassungen und gibt erste Indikationen an die Verbundpartner. Dies bezieht sich auf die folgenden Punkte:

  - Erfassung der direkten Emissionen der Terminals (CO2, NH3, Methanschlupf), welche bei der Speicherung und Konvertierung anfallen
  - Analyse der Treibhausgasemissionen aus dem Betrieb der Derivatterminals sowie Erweiterung des Bilanzierungsraums um die gesamten Transportkette
  - Erfassung indirekter Emissionen bedingt durch den Strombezug für den Betrieb der Terminals

II. Vormaliger Stand des Wissens

In den letzten Jahrzehnten haben LNG-Terminals einen hohen technischen Entwicklungsstand und eine Effizienzverbesserung erfahren. Beispielsweise führte die Kombination des Regasifizierungsaufwandes zur Einspeisung in die Gasnetze mit dem Kältebedarf von Industrieprozessen zu einer höheren Gesamt-

effizienz. Die Komponenten der Terminalinfrastruktur wurden auf die Eigenschaften des wesentlichen Moleküls Methan (CH4) detailliert abgestimmt. So z. B. das Design der Zwischenspeichertanks für Flüssiggas und deren thermische Isolation, die Strukturmaterialien, die Pumpen, Kompressoren und Rohrquerschnitte. Es ist evident, dass solche CH4-optimierten Terminalinfrastrukturen bzw. -komponenten a-priori für andere Energievektoren nur nieder-effizienter geeignet, oder sogar untauglich sein können. Anpassungsbedarfe bestehen hier auf den Feldern:

- Strukturmaterialien (Kompatibilität mit dem jeweiligen Energievektor: Füllgewicht, Rissbildung/Versprödung/Korrosion, Volumenanpassung)
- Isolationsmaterialien (Temperaturniveau des jeweiligen flüssigen Energievektors)
- Sicherheit (Explosionsschutz, Giftigkeit, Rückhaltevorkehrungen)
- Pumpentechnik für Flüssigkeiten und Gase (Drehzahl, Komprimierungsgrad, Dichte des Energievektors, Kompatibilität, Sicherheit, Leistungsbedarf)

Ein “multi-use-Terminal" – also die Planung und der Bau eines Terminals, welches zunächst für LNG genutzt wird und im späteren Verlauf auf einen anderen Wasserstoffträger umgerüstet werden kann, entspricht sicher nicht der technisch höchsteffizienten Realisierung eines LNG-Terminals, eines NH3-Terminals, oder eines LH2-Terminals, sondern ist eine nachhaltige und kosteneffiziente Investition, die entscheidend für eine Diversifizierung (und damit zu einer Risikominimierung) und Weiternutzung der bestehenden Assets beiträgt.

Aufgrund der Konzentration der Aktivitäten der RWE auf den Energievektor Ammoniak erfolgt im Folgenden nur eine genauere Beschreibung des Stands von Wissenschaft und Technik dieses H2-Derivat betreffend.

Ammoniak

Ammoniak ist einer der häufigsten Grundstoffe in der chemischen Industrie. Als Wasserstoffderivat, erfolgt die Ammoniakproduktion und Anwendung im Großmaßstab. Hergestellt wird Ammoniak seit mehr als 100 Jahren über das etablierte Haber-Bosch-Verfahren. Ammoniak wird bereits über Ländergrenzen hinweg in großem Maßstab über den Seeweg transportiert. Auch existieren Onshore-Pipelines mit Längen von wenigen hundert Kilometern zum lokalen Transport von Ammoniak. Im Vergleich zu Flüssigwasserstoff aber auch LNG, ist die Siedetemperatur deutlich höher (-33°C), sodass die Anforderungen an Speichermaterialien und Isolierungen deutlich geringer ausfallen und auch Boil-off-Verluste reduziert werden. Der Transport von Ammoniak ist weltweit normiert und technisch etabliert.

Aktuell wird ein Großteil des produzierten Ammoniaks von rund 180 Millionen Tonnen in der Düngemittelindustrie eingesetzt. Der benötigte Wasserstoff wird bisher zu einem Großteil aus Erdgas hergestellt. Grüner Ammoniak basierend auf grünem Wasserstoff kann stofflich direkt genutzt werden und grauen Ammoniak am Markt somit direkt ersetzen. Neben den existierenden Ammoniakmärkten ist es sehr wahrscheinlich, dass der globale Ammoniakmarkt in den kommenden Jahrzehnten deutlich wächst. Insbesondere in den hard-to-abate-Sektoren wie der Schifffahrt und der chemischen Industrie wird auch in einer defossilisierten Welt ein gigantischer Ammoniakbedarf bestehen (Projektionen z. B. von Ammonia Energy). Allein deswegen stellt der Power-to-Ammonia-Pfad eine No-Regret-Option für zukünftige defossilisierte Energiesysteme dar. Zudem weist die Kette zur Erzeugung und Bereitstellung grünen Ammoniaks eine der höchsten Pfadeffizienzen auf, weshalb grüner Ammoniak als ein wichtiger Kandidat für den Transport Erneuerbaren Stroms und grünen Wasserstoff in großem Maßstab

diskutiert und in ersten großen Pilotprojekten umgesetzt wird. Zudem ist Ammoniak ein C-freier Energieträger mit kostengünstiger und dezentraler Bereitstellung von Stickstoff.

Technologische Herausforderungen bestehen nach wie vor in einer Ammoniakreformierung mit gesteigerter Effizienz sowie potenziellen neuen Ammoniakanwendungen, welche möglichst schadstoff-arm und normiert umsetzbar sein müssen.

Auf nationaler Ebene erfolgen bereits Planungen für den Import von Wasserstoff (z.B. von RWE, Uniper, Air Products und Mabanaft mit einzelnen Projekten in Norddeutschland).

III. Darstellung der durchgeführten Arbeiten und wesentliche Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Aktivitäten und Ergebnisse der RWE in den jeweiligen Arbeitspaketen dargestellt.

Im Laufe des Projekts LNG2Hydrogen sind die definierten Arbeiten der RWE aufgrund von Repriorisierungen interner Aktivitäten nicht mehr unter Umsetzungsaspekte gefallen, die zeitlich zu dem Plan des Förderprojekts gepasst haben. Dies führt dazu, dass insbesondere die angestrebten und bewilligten Studien nicht im Rahmen dessen umgesetzt werden konnten. RWE war dennoch in den ersten Projektmonaten aktiv und eigeninitiativ am Konsortium beteiligt und stand im weiteren Verlauf, nach der Anpassung des Umfangs der RWE im Förderprojekt, für eventuelle Rückfragen der Projektpartner zur Verfügung.

In der aktiven Beteiligungszeit konnten wertvolle Beiträge zu den Arbeitspaketen durch die RWE in das Projekt durch die unterstützende Beratung eingebracht werden, die im Folgenden pro Arbeitspaket, das in dem Zeitraum bearbeitet wurde, dargestellt werden.

AP II.I – Definition von H2-Transportvektoren im Kontext mit LNG-Terminals

Es wurden die wesentlichen Definitionen für die eindeutige Kommunikation im Projekt mit den Projektpartner für die einzelnen H2-Transportvektoren getroffen. Dabei wurden insbesondere die zu nutzenden Einheiten der thermodynamischen Parameter abgestimmt, wie für Massen-, Volumen-, Energieströme, Druck, Normzustand, etc., sowie Qualitätsdefinitionen des zu produzierenden Wasserstoffs gem. des aktuellen Regelwerks.

RWE hat bei der Recherche von Marktinformationen zu NH3-Verfügbarkeit und -Bedarf in Deutschland und Europa unterstützt. Diese Informationen sind notwendige Kriterien für die Dimensionierung der Terminals. Die Randbedingung für die Kapazität der Terminals wurde zudem anhand der bestehenden Dimension der LNG-Terminals abgeschätzt. Weitere Erläuterungen dazu s. AP III.I.

AP II.II – Technologische Bestandsaufnahme Terminals (LNG/SNG, LH2, NH3, LOHC, MeOH, DME)

Auf Basis bestehender Terminalkonzepte wurden die funktionalen Hauptkomponenten, Sicherheitssysteme und weitere Hauptauslegungsanforderungen, wie Tanktypen für die unterschiedlichen Derivate oder Flächenbeschaffenheiten (bspw. AwSV) von LNG- und NH3-Terminals zusammen mit den Projektpartnern diskutiert, um diese in AP III für die Terminalkonzepte zu nutzen.

Zudem hat RWE bei der Einschätzung des TRL für NH3-Cracking mitgewirkt und auf Basis durchgeführter Arbeiten beraten.

AP II.III – Stakeholderanalyse

Es wurden initiale Abstimmungen zu möglichen Engineering-Partnern und Gutachtern durchgeführt.

AP III.I – Festlegen von Randbedingungen für Terminalkonzepte

In diesem Arbeitspaket wurden die Randbedingungen auf Basis der Ergebnisse aus AP II festgelegt. Als wesentliche Randbedingungen dienten dabei zum einen die räumliche Dimension der (geplanten) LNG-Terminals in Deutschland und die Ausspeiseleistung dieser Terminals. Durch diese Vorgehensweise sollen im weiteren Projektverlauf zwei Fragen beantwortet werden: Welche H2-Leistung kann aus einem (umgerüsteten) Terminal mit den gleichen räumlichen Dimensionen ausgespeist werden? Wie groß müsste ein Neubau eines NH3-Terminals sein, damit die gleiche Ausspeiseleistung wie das LNG-Terminal erreicht werden kann?

AP III.II – Verfahrenstechnische Auslegung von Terminalkonzepten für verschiedene H2-Transportvektoren

In diesem Arbeitspaket wurde dabei unterstützt, die verfahrenstechnische Auslegung von NH3-Terminals durchzuführen. Im ersten Schritt standen hier die NH3-Input- und H2-Outputmengen für die in APIII.II geschilderten Ansätze auf Basis der unterschiedlichen NH3-Cracker-Konzepte, sowie die sich daraus ergebenden Emissionen im Fokus.

AP III.III – Umsetzungsaspekte für verschiedene Terminalkonzepte

Insbesondere die genehmigungsrechtlichen Erfordernisse bei der Planung, dem Bau und Betrieb von NH3-Terminals wurden in diesem Arbeitspaket beleuchtet. NH3 hat bereits in geringen Konzentrationen eine toxische Wirkung auf Menschen und Tiere, weshalb entsprechende sichere verfahrenstechnische Auslegungen und Schaltungen notwendig sind, um Leckagen vermeiden zu können. Im Falle von Leckagen darf zudem keine Kontamination von Wasser stattfinden, aufgrund dessen Betriebsflächen mit potenziellem NH3-Kontakt durch abdichtende Beschichtungen ausgeführt werden müssen. Zudem wurde ein weiteres Augenmerk auf das Entwässerungssystem von NH3-Terminals gelegt, da auch hier nach aktuellem Kenntnisstand mögliche Kontaminationen zurückgehalten werden müssen.

AP IV.I – Werkstoffbewertung

Es wurden Abstimmungsgespräche hinsichtlich zu vermeidender Werkstoffe bei Anwesenheit von NH3 durchgeführt. Im Falle vom Transportvektor NH3 darf Kupfer nicht in Kontakt mit Ammoniak kommen. Hiermit wurde bei der Erstellung eines Werkstoffregisters für das Projekt mitgewirkt.

AP VII.I – Status-Quo – Technologieüberblick innerdeutscher Transport

Erste Abstimmungsgespräche mit den Projektpartnern wurden durchgeführt.

IV. Verwendung der Zuwendung

Die Zuwendung wurde seitens RWE verwendet, um die definierte Rolle als beratender Unterstützer wahrzunehmen. Die wesentliche Position ist den folgenden zwei Unterkapiteln weiter erläutert.

IV.1 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die gewährten Zuwendungen wurden ausschließlich als Personalmittel verwendet. Damit wurde an den Meetings, Besprechungen und Workshops zusammen mit den Projektpartner teilgenommen. Außerdem wurden die Personalmittel dafür eingesetzt die zuvor genannten Abstimmungen und gemeinsame Erarbeitung von Arbeitsergebnissen vorzubereiten.

Die Zuwendung wurde in den ersten drei Projektmonaten verwendet. Wie in den einleitenden Absätzen des Kapitels III musste der Teilnahmemodus im Projektkonsortium seitens der RWE aber daran anschließend angepasst werden. Die RWE stand weiter für Rückfragen zur Verfügung und hat an einzelnen Projekttreffen teilgenommen, hat dafür aber keine Zuwendungen mehr verwendet.

Aufgrund dieser Situation wurden bewilligte Kassenmittel nur für die ersten Projektmonate verwendet, die weitere bewilligte Zuwendung wurde seitens RWE aber nicht mehr benötigt und freigegeben.

IV.2 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Die RWE konnte als Projektpartner besonders in den ersten Monaten des Projekts wichtige Grundsatzdiskussionen für die Projektarbeiten unterstützen. Das Konsortium hatte durch die Industriebeteiligung, Anlagenbau-nahe Aspekte, d.h. Umsetzungsaspekte für die Ausarbeitung der Arbeitspaketinhalte zur Verfügung.

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

Die Ergebnisse der unterstützenden Beratung der RWE in diesem Förderprojekt geht in unterschiedliche Punkte des Verwertungsplans ein. Untenstehend folgt eine Auflistung mit Erläuterungen des Nutzens und der Verwertbarkeit.

WIRTSCHAFTLICHE ERFOLGSAUSSICHTEN DER VERWERTUNG

- **Schaffung neuer und Sicherung bestehender Märkte:** Durch den Erkenntnisbeitrag der RWE im Projekt TransHyDE-LNG2Hydrogen zum Umbau bestehender und dem Bau geplanter LNG-Terminals wird zu beidem beigetragen. Zum einen wird dazu beigetragen bestehende Märkte zu sichern, durch die Gewährleistung der Versorgungssicherheit, zum anderen wird dazu beigetragen perspektivisch einen neuen und zukunftsträchtiger Markt für saubere Energieträger zu schaffen.
  Geschätzter Zeithorizont: Mittel- bis langfristig mit Zeithorizont ab 2030

- **Sicherung vorhandener und Schaffung neuer Arbeitsplätze in Deutschland:** Durch den Wertbeitrag der unterstützenden Beratung der RWE werden durch den Umbau bestehender, sowie den Bau neuer Terminals direkte und indirekte Arbeitsplätze geschaffen und gesichert. Während der Konstruktions- und Bauphase werden direkte Arbeitsplätze in erheblichem Umfang geschaffen. Während der operativen Phase der Anlagen werden hochqualifizierte Arbeitsplätze durch den Betrieb der Anlage geschaffen. Dies wirkt sich auch indirekt positiv auf die Beschäftigung in der Industrie in den Zulieferbetrieben aus sowie auf die gesteigerte Wettbewerbsfähigkeit der nachgelagerten Industrien.
  Geschätzter Zeithorizont: Mittel- bis langfristig mit Zeithorizont ab 2026/2030 mit vorgelagerter Bauphase

- **Vorbereitung von Marktpotenzialen:** Das Projekt ist ein Schlüssel dafür, der energieintensiven Industrie in Deutschland Zugang zu sauberen Energieträgern zu wettbewerbsfähigen Preisen zu bieten. Die Projektinhalte bereiten den Markteintritt günstiger und sauberer Energieträger aus Exportquellen und die Schaffung eines Marktes für diese vor. Die Beteiligung der RWE an den Diskussionen und Arbeitsvorbereitungen insb. in AP II und AP III tragen zu diesen Aspekten bei.
  Geschätzter Zeithorizont: Kurzfristig, bis Inbetriebnahme des Terminals

- **Verbesserung der Wettbewerbssituation:** Die Dekarbonisierung der Wirtschaft und die Erreichung der Emissionsreduktionsziele setzten den Umstieg auf erneuerbare Energieträger voraus. Dies ist besonders relevant unter Berücksichtigung, dass in Deutschland nicht ausreichend Wasserstofferzeugungspotenzial für den zukünftigen Bedarf vorhanden ist und Energieimporte, weiterhin entscheidend sein werden. Aufgrund geographischer Gegebenheiten wie Flächenverfügbarkeit, solare Einstrahlung und vorherrschenden Windgeschwindigkeiten, lassen sich diese im Ausland zu günstigeren Preisen in den benötigten Mengen herstellen. Die Schaffung von Importkapazitäten für Wasserstoff und dessen Derivate über LNG-Terminals schafft die Grundlage für eine sichere, wettbewerbs- und zukunftsfähige Energieinfrastruktur und -versorgung. Durch eine frühzeitige Umstellung der Terminals auf klimaneutralen Wasserstoff und entsprechende Derivate kann so ein Vorsprung und dementsprechend eine Verbesserung der Wettbewerbssituation des Wirtschaftsstandorts Deutschland geschaffen werden. Die Beteiligung der RWE als beratender Unterstützer an den Diskussionen und Arbeitsvorbereitungen insb. in AP II und AP III tragen zu diesen Aspekten bei.

  Geschätzter Zeithorizont: Mittel- bis langfristig mit Zeithorizont ab Inbetriebnahme

- **Nachhaltigeres Wirtschaften:** RWE strebt als Konzernziel an nettoklimaneutral zu sein. Nachhaltiges Wirtschaften ist demnach fester Bestandteil der Unternehmensphilosophie. Zusätzlich dazu trägt das Projekt TransHyDE-LNG2Hydrogen zur Vorbereitung einer dezentralen Energieversorgung bei, welche eine geringere Abhängigkeit von einzelnen Staaten, sowie eine höhere Versorgungssicherheit ermöglichen.
  Geschätzter Zeithorizont: 6+ Jahre

- **Verbesserung der Sozial- und Infrastruktur:** Die Ergebnisse der Untersuchungen und die potenzielle zukünftige Inbetriebnahme von Terminals schafft Infrastrukturen für den Transport von LNG und H2-Transportvektoren. Außerdem schafft es neue Importmöglichkeiten, welche die Versorgungssicherheit Deutschlands gewährleisten. Zusätzlich dazu ermöglicht der grüne Strom in strukturschwachen Regionen im Norden einen Standortvorteil, welcher die Sozialstrukturen langfristig verbessert. Die Beteiligung der RWE

als beratender Unterstützer an den Diskussionen und Arbeitsvorbereitungen insb. in AP II und AP III tragen zu diesen Aspekten bei.
Geschätzter Zeithorizont: 6+ Jahre, ab Bau des Terminals

- **Nachhaltigkeit:** Durch die Bereitstellung und den Transport von grünem Wasserstoff wird in der Downstream-Industrie in unterschiedlichen Sektoren ein Beitrag zu Nachhaltigkeit geleistet. Des Weiteren trägt dieser Umbau zu der Dekarbonisierung diverser energieintensiver Industrien bei, welchen der Transport eine direkte Substitution von grauem durch grünen H2 ermöglicht wird und somit direkt zur Erreichung der EU-Klimaziele beiträgt. Die Beteiligung der RWE als beratender Unterstützer an den Meetings, Arbeitstreffen und Projekttreffen, trägt zu den genannten Aspekten bei.
Zeithorizont: Mittel- bis langfristig mit Zeithorizont ab Inbetriebnahme

- **Verzahnung von Forschungs- und Funktionstechnologien:** Durch die enge Zusammenarbeit zwischen Forschung und Industrie, sowie den Aufbau des Konsortiums findet eine enge Verknüpfung zur disziplinübergreifenden Verzahnung statt. Alle an dem Projekt beteiligten Partner bringen ihr spezifisches technologisches Know-how ein.
Zeithorizont: von Projektstart bis Projektende

- **Funktionale/wirtschaftliche Vorteile gegenüber Konkurrenzlösungen/-technologien:** Um das Ziel dieses Projektes zu erreichen wird eine technologieoffene Untersuchung durchgeführt, in der verschiedene H2-Transportvektoren untersucht werden. Außerdem werden die Analyse, Darstellung und Bewertung der heute möglichen technischen Optionen für eine zukunftsfähige Nutzung von LNG-Terminalinfrastrukturen, sowie das Herausstellen der techno-ökonomischen Bedeutung der Umstellung einschließlich der Betrachtung der vor- und nachgelagerten Transportkette und das Erarbeiten der Kriterien, Designparametern und Planungsmaßnahmen von zukunftsfähigen 'multiple-use'- Terminalinfrastrukturen und Definition der H2-Readiness die Vorteile gegenüber möglichen Konkurrenztechnologien erarbeiten. Die Beteiligung der RWE als beratender Unterstützer an den Meetings, Arbeitstreffen und Projekttreffen, trägt zu den genannten Aspekten bei.
Geschätzter Zeithorizont: Mittel- bis langfristig (10+ Jahre).

- **Nutzen für verschiedene Anwendergruppen, -industrien:** Insbesondere in den schwer zu dekarbonisierenden Sektoren wie der Schifffahrt und der chemischen Industrie wird die Nachfrage nach sauberem H2 und dessen Derivaten voraussichtlich stark ansteigen. Zukünftige Importterminals für grünes H2 verschafft diesen Industrien Zugang zu kostengünstigen und sauberen Energieträgern, um die Wettbewerbsfähigkeit der Anwendergruppen zu erhalten.
Zeithorizont: Mittel- bis langfristig mit Zeithorizont ab Inbetriebnahme

WISSENSCHAFTLICH UND/ODER TECHNISCHE ERFOLGSAUSSICHTEN DER VERWERTUNG

- **Schaffung von Know-how zur Kompetenzerhaltung:** Um als Unternehmen im Kerngeschäftsfeld die technologische Führung zu erhalten ist die Schaffung von Know-how zur Kompetenzerhaltung essenziell. Da Wasserstoff zum Kerngeschäft gehört und eine Beteiligung am Bau eines LNG-Terminals in Brunsbüttel besteht, wird mit dem Förderprojekt zu diesem Ziel durch die Beteiligung der RWE als unterstützender Berater beigetragen, da wesentlich Kompetenzen durch die Durchführung der Arbeitspakete und den Betrieb gebildet werden

  Zeithorizont: Ab Projektstart

- **Steigerung der wissenschaftlichen Konkurrenzfähigkeit:** Durch die Erarbeitung einer wissenschaftlich fundierten, nachhaltigen Datenbasis und Empfehlung als Entscheidungsbasis für die zukunftsfähige und langfristige Nutzung von LNG-Terminal-Standorten, sowie der Identifikation von Forschungs- und Entwicklungsbedarfen, kann die Konkurrenzfähigkeit Deutschlands als Wissenschaftsstandort durch die erzielten Arbeitsergebnisse weitergebracht werden. Dies erhöht auch die Unabhängigkeit vom Wissen anderen Länder über die Nutzung von LNG-Terminal und ermöglicht es dieses Wissen in deutschen Instituten und Forschungseinrichtungen zu verankern und weiterzubringen. Die Beteiligung der RWE als beratender Unterstützer an den Meetings, Arbeitstreffen und Projekttreffen, trägt zu den genannten Aspekten bei.
  Zeithorizont: Ab Projektstart

- **Transfer zu Nutzergruppen:** Der Wissenstransfer ist unerlässlich, sowie der Austausch mit Endkunden und die Bewusstseinsschaffung ist wichtig, um potenzielle Endkunden zu gewinnen und diese über den richtigen Umgang mit dem Endprodukt aufzuklären. Besonders im Umgang mit NH3 ist dies von großer Bedeutung, um die Sicherheit zu gewährleisten und die notwendige Akzeptanz für mögliche Umsetzungsprojekte zu sichern. Die Beteiligung der RWE als beratender Unterstützer an den Meetings, Arbeitstreffen und Projekttreffen, trägt zu den genannten Aspekten bei.
  Zeithorizont: Kurz- bis Mittelfristig, ab Projektstart bis Projektende.

- **Heranbildung von (wissenschaftlichem) Nachwuchs:** Auch wenn RWE keine Lehreinrichtung ist, so ist die Aufnahme von Bachelor- und Master-Studenten für Abschlussarbeiten sowie Doktoranten ein fester Bestandteil der Personalpolitik des Unternehmens. Dies dient der Ausbildung von zukünftigen Fachkräften und der Unterstützung von Forschungseinrichtungen bei der Mitgestaltung von Lehrinhalten. Wo möglich, wird RWE die an dem Projekt beteiligten Forschungseinrichtungen und den an dem Projekt beteiligten wissenschaftlichem Nachwuchs Zugang zu dem Projekt gewähren und diese beteiligen. Im Rahmen der Beteiligung der RWE als beratender Unterstützer sind zwei Masterarbeiten in dem Themenkomplex von Studierenden angefertigt worden.
  Zeithorizont: Ab Projektstart

- **Vereinfachter Zugang zu Informationen:** Eines der Primärziele der Beteiligung der RWE an dem Projekt ist, dass den beteiligten Forschungs- und Bildungsinstitutionen Zugang zu Informationen aus dem wirtschaftlichen Realbetrieb gewährt werden kann. Dies stellt den Hauptaspekt der Beteiligung der RWE als beratender Unterstützer dar und wurde durch die aktive Teilnahme an den Projektbesprechungen und Workshops umgesetzt.
  Zeithorizont: Ab Projektstart

- **Verbesserte Zusammenarbeit mit Firmen, Netzwerken, Forschungsstellen, Transferstellen:** Die Zusammenarbeit mit Firmen, Netzwerken, Forschungsstellen und Transferstellen wird mit der Durchführung des Projektes gestärkt, da sowohl Industrieunternehmen also auch Universitäten, Forschungsstellen, Branchenverbände, Projektberatung, Unternehmen der Regulatorik und Projektträger an der Umsetzung beteiligt sind.
  Zeithorizont: Ab Projektstart

WISSENSCHAFTLICHE UND WIRTSCHAFTLICHE ANSCHLUSSFÄHIGKEIT

- **Folgeprojekte:** Das Ziel des Projektes TransHyDE-LNG2Hydrogen ist die Schaffung einer Datenbasis und Wissensplattform. Basierend auf dem Wissen, das durch die Projektarbeiten generiert wird, können Folgeprojekte initiiert werden. Weiterhin hat die RWE geplant, erste Pilotanlagen oder Demonstrationsanlagen aufzubauen, um dabei zu unterstützen die Technologie aus der Forschungs- in die Anwendungsphase zu überführen und die Technologiereife der unterschiedlichen Komponenten weiter zu erhöhen. In diesem Kontext ist die RWE in aktivem Austausch mit regionalen, nationalen und EU-Stellen, um Förderung für diese Projekte zu akquirieren.
  Geschätzter Zeithorizont: Mittelfristig, innerhalb der nächsten 5 Jahre zzgl. der Projektlaufzeit
- **Kontaktaufnahme mit potenziellen Verwertern / Nutzern / Akteuren für die weitere Umsetzung der Ergebnisse auch in angrenzenden Wissensgebieten (spill-over):** Durch den Kontakt und Austausch mit den verschiedenen Akteuren während der Durchführung des Projektes und durch die Beteiligung an dem Bau einer der ersten LNG-Terminals in Deutschland konnte RWE beratend unterstützen und erste Erkenntnisse beisteuern, die von Verbundpartnern weiter verwertet wurden. Ebenso wird Kontakt mit potenziellen Akteuren durch die Identifizierung und Analyse von Stakeholdern aus den Bereichen Betrieb, Anlagenbau, Equipment-Hersteller, etc. für die Lagerung und den Transport von LNG, LH2, NH3, LOHC, MeOH, DME hergestellt.
  Zeithorizont: Ab Projektstart

VI. Fortschritt des Projektumfelds während der Laufzeit

Während der Laufzeit des Projekts TransHyDE-LNG2Hydrogen konnten insbesondere. Entwicklungen bei den Technologieanbietern für NH3-Cracking-Anlagen beobachtet werden. Neben weiterfortgeschrittenem Engineering der Anlagen sind auch erste Test- und Pilotanlagen projektiert. In Antwerpen wird z.B. die Umrüstung einer bestehenden H2-Produktionsanlage auf Basis der Dampf-Methan-Reformierung in eine NH3-Craking-Anlage geplant (1). Weiterhin gibt es in Korea konkrete Pläne um bereits großskalige Anlagen zu bauen (2), (3).

VII. Erfolgte Veröffentlichungen

Seitens RWE wurden keine Veröffentlichungen von Projektergebnissen durchgeführt.

Literaturverzeichnis

1. **H2News.** Ammoniak-Cracker im Hafen von Antwerpen-Brügge erhält europäische Förderung. [Online] 12. 12 2024. [Zitat vom: 13. 05 2025.] https://h2-news.de/wirtschaft-unternehmen/ammoniak-cracker-im-hafen-von-antwerpen-bruegge-erhaelt-europaeische-foerderung/#:~:text=Die%20Ammoniak%2DCracker%2DTechnologie%20basiert,Erdgas%20als%20Rohstoff%20nutzen%20kann..
2. **KBR Inc.** KBR's H2ACT Hydrogen Technology Selected for the World's First Commercial Ammonia Cracking Unit by Hanwha Impact Corporation. [Online] 18. 9 2023. [Zitat vom: 13. 05 2025.] https://www.kbr.com/en/insights-news/press-release/kbrs-h2act-hydrogen-technology-selected-worlds-first-commercial-ammonia.
3. —. KBR's Ammonia Cracking Technology Selected by Hanwha for a Hydrogen Project in Korea. [Online] 15. 04 2025. [Zitat vom: 13. 05 2025.] https://www.kbr.com/en/insights-news/press-release/kbrs-ammonia-cracking-technology-selected-hanwha-hydrogen-project-korea.