



Normen und Regeln für die in TransHyDE betrachteten Transport- und Speicheroptionen für Wasserstoff

TransHyDE-Projekt Norm

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Autorinnen und Autoren

Thomas Systemans – DVGW e.V.

Werner Kinnen – DVGW CERT GmbH

Miriam Bäuerle – Gas- und Wärme-Institut e. V.

Prof. Dr. Thomas Jordan – Institut für Thermische Energietechnik und Sicherheit am Karlsruher Institut für Technologie (KIT ITES)

Thomas Paintner – Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität (IKEM)

Dominic Schmolke – Inherent Solutions Consult GmbH & Co. KG (ISC)

Disclaimer

Die Erarbeitung des vorliegenden Papiers erfolgte durch eine ausgewählte Autorenschaft des Projekts Norm aus dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Wasserstoff-Leitprojekt TransHyDE. Die Inhalte der Autorenpublikation wurden unabhängig vom Bundesministerium für Bildung und Forschung erstellt und spiegeln nicht zwangsläufig die Meinung des gesamten Leitprojekt wider.

Stand: 17.11.2023

Impressum

Wasserstoff-Leitprojekt TransHyDE
Geschäftsstelle Kommunikation und Koordination
E-Mail: koordination@transhyde.de

cruh21 GmbH
Erste Brunnenstraße 1
20459 Hamburg

Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen
und Geothermie IEG
Gulbener Straße 23
03046 Cottbus

Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion
Stiftstraße 34-36
45470 Mülheim an der Ruhr

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-------------|
| Executive Summary | S.4 |
| 01 TransHyDE Norm: Zielsetzung | S.5 |
| 02 Technische Regelwerke und Recht | S.6 |
| 03 Methodik | S.7 |
| 3.1 TransHyDE interne Bedarfsanalyse | S.7 |
| 3.2 Externe Bedarfsanalyse (Stakeholder Workshop) | S.7 |
| 3.3 Farbenlehre | S.8 |
| 04 Auswertung der internen und externen Bedarfsanalyse | S.9 |
| 4.1 Leitung | S.9 |
| 4.2 Gashochdruckbehälter | S.10 |
| 4.3 Ammoniak | S.10 |
| 4.4 Liquid Organic Hydrogen Carriers | S.10 |
| 4.5 Quantitative Auswertung der Bedarfsanalysen | S.12 |
| 05 Fazit und Ausblick | S.14 |
| Literaturangaben | S.15 |

Executive Summary

Damit sich Transport-, Verteil- und Speicheroptionen für Wasserstoff umfassend etablieren können, bedarf es einheitlicher Vorgaben in Form von Normen, technischen Regeln und Zertifizierungsanforderungen. Das Projekt TransHyDE Norm untersucht diesen technischen Regelsetzungsrahmen ganzheitlich, um Lücken in der Gesetzgebung zu identifizieren und Optionen zur Weiterentwicklung zu erarbeiten. Hierzu wurde eine interne Bedarfsanalyse vorgenommen, in deren Rahmen Interviews mit den weiteren TransHyDE-Projekten durchgeführt wurden. Ein Stakeholder Workshop mit externen Interessensvertretern bot Raum für Diskussionen zu Regelungslücken und -bedarfe sowie bereits angestoßene Regelsetzungsprozesse. Bei den Befragungen ist deutlich geworden, dass

- der Technologiereifegrad des Transportvektors einen Einfluss auf die bestehende Gesetzgebung hat,
- für den leitungsgebundenen Wasserstofftransport und den Transport und die Speicherung in Gashochdruckbehältern Regelungslücken kurzfristig (bis spätestens 2030) geschlossen werden sollten, damit die Umstellung des Erdgasnetzes auf Wasserstoff gelingen kann,
- für neue Wasserstofftransport und -speichertechnologien wie Ammoniak und LOHC nicht auf ein ausgedehntes Normungsrepertoire zurückgegriffen werden kann, sodass grundsätzliche Normungs- und Regelungsbedarfe bestehen,
- die Befragung durch externe Stakeholder ein breiteres Themenfeld abdecken konnte, während die Befragung der TransHyDE Partner spezifischere Bedarfe basierend auf den Projektthemen identifiziert hat und
- eine umfassendere Analyse auf nationaler und internationaler

Ebene sowie eine Abstimmung und Harmonisierung auf allen Ebenen der Gesetzgebung notwendig sind.

Die Ergebnisse der Bedarfsanalysen werden derzeit evaluiert. Die so zusammengeführten und ausgewerteten Projektergebnisse werden anschließend in eine Roadmap überführt. Ziel der Roadmap ist es, die anstehenden Regelsetzungsarbeiten systematisch aufzubereiten. Hierzu werden aus den bisherigen Projektergebnissen Handlungsempfehlungen abgeleitet.

1

TransHyDE Norm: Zielsetzung

Wasserstoff belegt als vielfältig einsetzbarer Energieträger in der Energiewende eine zentrale Rolle. Hergestellt auf Basis erneuerbarer Energien ermöglicht Wasserstoff die Dekarbonisierung der Industrie, des Verkehrs und des Wärmesektors und ist somit essenziell für die Sektorenkopplung. Voraussetzung für die Verteilung von Wasserstoff sowie für dessen Verwendung in den verschiedenen Sektoren ist eine effizient funktionierende und sichere Transportinfrastruktur.¹

Das vom BMBF initiierte und geförderte Wasserstoff-Leitprojekt TransHyDE strebt die praktische Einführung von Transport-, Verteil- und Speicheroptionen für Wasserstoff beziehungsweise anderer chemischen Energieträger an. Konkret werden Transport- und Speichermöglichkeiten durch gasförmigen Wasserstoff via Leitung oder Gasdruckbehälter, flüssigen Wasserstoff (LH₂) sowie in Ammoniak (NH₃) oder Liquid Organic Hydrogen Carrier (LOHC) gebundenen Wasserstoff betrachtet.² Im Folgenden werden diese verschiedenen Speicher- und Transportmöglichkeiten unter dem Begriff Transportvektoren zusammengefasst.

Neben den technischen und regulatorischen Voraussetzungen (Gesetze, Richtlinien, Verordnungen) bedarf es für eine funktionierende Wasserstoff-Infrastruktur auch einheitlicher Vorgaben in Form von Normen, technischen Regeln und Zertifizierungsanforderungen. Ziel des TransHyDE-Projekts Norm ist es, die genannten Aspekte ganzheitlich zu untersuchen, um Regelungslücken aufzuzeigen und Lösungsansätze zu entwickeln.

Dieses Dokument erläutert die Arbeiten und Ergebnisse der Bedarfsanalyse zu den genannten Transportvektoren. Dafür wurden Interviews mit den weiteren TransHyDE-Projekten geführt. Darüber hinaus fand im April 2023 ein Stakeholder Workshop statt, welcher ebenfalls die Sicht externer Stakeholder miteinbezieht. Die Arbeiten sind die

Fortführung der Bestandsaufnahme existierender Regelwerke und Normen, welche im Mai 2022 abgeschlossen wurden und halbjährlich auf Aktualisierungen geprüft wird.

Die identifizierten Regelungslücken werden bis zum Abschluss des TransHyDE-Projekts Norm im März 2025 mit den Daten der Bestandsanalyse verglichen, in eine Roadmap überführt und darin klare Handlungsempfehlungen zur Schließung der Lücken in der Regelung formuliert.

2

Technische Regelwerke und Recht

Normen und Standards sind private technische Regelwerke mit Empfehlungscharakter.³ Sie werden von privaten Organisation nach bestimmten Verfahrensgrundsätzen mit dem Ziel erarbeitet, sich als allgemein anerkannte Regeln der Technik zu etablieren.⁴ Im Grundsatz stehen sie zur freiwilligen Anwendung und sind rechtlich unverbindlich. Rechtsnormen, auch geläufig unter der Bezeichnung Regulatorik, sind dagegen verbindliche, mit Zwang durchsetzbare Regelungen und beruhen auf demokratischer Legitimation. Sie knüpfen eine Rechtsfolge an einen Tatbestand. Zu den Rechtsnormen zählen insbesondere Gesetze und Rechtsverordnungen. Da technischen Regelwerks-gremien keine hoheitlichen Rechtsetzungsbefugnisse übertragen und ihre Regelwerke nicht darauf gerichtet sind, Rechtsfolgen herbeizuführen, handelt es sich bei diesen nicht um Rechtsnormen.⁵

Technische Regelwerke und Rechtsnormen stehen jedoch nicht als voneinander gänzlich unabhängige Regelsetzungsbereiche isoliert nebeneinander. Vielmehr enthalten zahlreiche Rechtsnormen Verweise auf technische Regelwerke. Auf diese Weise kann der Gesetzgeber eine dynamische Anpassung an den technischen Fortschritt erzielen und zugleich technische Detailfragen aus den Rechtsvorschriften ausklammern.⁶ Die Inbezugnahme technischer Regelwerke kann dabei durch statische Verweise auf explizit genannte Normen oder durch dynamische Verweise auf Oberbegriffe wie „anerkannte Normen“ erfolgen.⁷ Mit dem Verweis kommt dem technischen Regelwerk rechtliche Relevanz zu: Zwar verleiht der Verweis dem technischen Regelwerk keinen Rechtscharakter, der in Bezug genommene technische Norminhalt wird aber durch die Rechtsvorschrift „einverleibt“ und damit nach Maßgabe der rechtlichen Regelung verbindlich.⁸ Darüber hinaus finden sich in

Rechtsnormen häufig unbestimmte Rechtsbegriffe wie „allgemein anerkannte Regeln der Technik“. Bei der Auslegung dieser unbestimmten Rechtsbegriffe können wiederum grundsätzlich technische Regelwerke herangezogen werden.⁹ So wird bei der Einhaltung technischer Regelwerke vermutet, dass die allgemein anerkannten Regeln der Technik eingehalten sind.¹⁰

Für die Ausarbeitung und Weiterentwicklung von Regelwerken für den Wasserstofftransport folgt hieraus, dass grundsätzlich ein Widerspruch in technischen Regelwerken zu den materiellen Vorgaben des Rechts vermieden werden muss. Andernfalls können sie keine Anwendung finden.¹¹ Ist aus technischer Sicht eine technische Regelung geboten, die im Widerspruch zu rechtlichen Vorgaben steht, so muss eine entsprechende Anpassung des Rechtsrahmens mitbedacht werden, um eine umfassende Anwendbarkeit des technischen Regelwerks sicherzustellen. Auch darüber hinaus muss mit Änderungen auf der technischen Regelwerkebene unter Umständen auch eine Anpassung des Rechtsrahmens erfolgen, um die technischen Norminhalte in die Rechtsordnung einzubeziehen. Enthält eine Rechtsvorschrift beispielsweise einen statischen Verweis auf eine bestimmte Norm, so muss dieser Verweis bei einer Neufassung der Norm überarbeitet werden. Unter Umständen muss die Inbezugnahme der Norm im Rechtsrahmen auch erst hergestellt werden, weil hierzu noch keine rechtliche Regelung besteht. So müsste beispielsweise mit Blick auf das Inverkehrbringen von Ammoniak als Kraftstoff eine rechtliche Regelung in die Verordnung über die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualitäten von Kraft- und Brennstoffen (10. BImSchV) aufgenommen werden, die auf eine entsprechende neu geschaffene technische Norm verweist.

3

Methodik

3.1 TransHyDE interne Bedarfsanalyse

In der internen Bedarfsanalyse für die im Leitprojekt TransHyDE entwickelten Technologien sowie Speicher-, Transport- und Verteilkonzepte wurde ein Interviewfragebogen für die TransHyDE internen Subprojekte erstellt, um daraus Anforderungen hinsichtlich der Erstellung, Überarbeitung beziehungsweise Erweiterung von technischen Regelwerken, Normen und Zertifizierungsmethoden abzuleiten. Die Konsolidierung der TransHyDE-Projekte fand wesentlich im vierten Quartal 2022 statt. Das Interview wurde in drei thematische Blöcke aufgeteilt. Im ersten Teil wurden Fragen zu den bereits verwendeten Normen, Regelwerke etc. gestellt. Daran anknüpfend wurde im zweiten Teil auf aktuell fehlende beziehungsweise für die Zukunft wichtige Normen und Regelwerke verwiesen. Im letzten Teil gab es weitergehende Fragen zu z. B relevanten Stakeholdern und es konnten noch relevante Punkte von den Interviewten angesprochen werden, die für das jeweilige Umsetzungs-beziehungsweise Forschungsprojekt wichtig sind.

Die Fragen bezogen sich inhaltlich auf die Verwendung von Wasserstoff in der Transport- und Speicherinfrastruktur von Gashochdruckbehältern, Leitungen, als Flüssigwasserstoff und in den Trägermedien Ammoniak und LOHC. Ziel ist eine systematische Darstellung der notwendigen Entwicklung neuer und Weiterentwicklung bestehender Regelwerke, Normen und Zertifizierungsmethoden für die in TransHyDE entwickelten Technologien für Speicher-, Transport- und Verteilkonzepte.

3.2 Externe Bedarfsanalyse (Stakeholder Workshop)

Anknüpfend an die interne Bedarfsanalyse fand ein umfangreicher Austausch mit externen Interessenvertretern in Form eines Stakeholder-Workshops im April 2023 statt. Der Workshop zielte darauf ab, wichtige Interessensgruppen zusammenzubringen, um deren Perspektiven und Anliegen in Bezug auf Lücken und bereits angestoßene Regelwerke und Normierungsprozesse zu erörtern. Dazu wurden Vertreter aus Forschung, Industrie und Gewerbe sowie Behörden nach Berlin geladen. Diese wurden zuvor vom Projektkonsortium dahingehend ausgewählt, dass möglichst viele unterschiedliche Bereiche (Forschung und Entwicklung, Industrie, KMU etc.) bei den Anfragen zur Teilnahme abgedeckt waren. Die hier behandelten Speicher-, Transport- und Verteilkonzepte für gasförmigen Wasserstoff in Leitungen oder Gashochdruckbehältern, gebundenen Wasserstoff in Ammoniak oder LOHC sowie für Flüssigwasserstoff wurden in kleinen Gruppen diskutiert. Die erarbeiteten Ergebnisse wurden thematisch in die Kategorien „Anforderung an den Energieträger“, „Werkstoff/Material“, „Funktion/technische Sicherheit“ und „Qualifikation/Betriebssicherheit & organisatorische Voraussetzungen“ gruppiert und auf einem Zeitstrahl eingeordnet. Dieser besteht aus den Zeitpunkten und Intervallen „läuft bereits“ für aktuell bereits in Entwicklung befindliche Normungsprozesse, „kurzfristig“ für Anforderungen an Normungsprozesse bis 2025, „mittelfristig“ zu entwickelnde Regelwerke bis 2030 und „langfristig“ für die zeitliche Einordnung bis 2045.

3.3 Farbenlehre

Die Farbkennzeichnung der verschiedenen Transportsektoren wurde in Anlehnung an die europäische Kennzeichnung von Gasflaschen vorgenommen. Da gasförmiger Wasserstoff zu den entzündbaren Gasen gehört, wird dieser mit der Farbe Rot gekennzeichnet. Zur Unterscheidung von gasförmigem Wasserstoff in Leitung und Druckbehältern, wird Rot für Leitung und Orange für Gashochdruckbehälter gewählt. Ammoniak zählt zu den giftigen und/oder ätzenden Gasen und wird deshalb mit der Farbe Gelb gekennzeichnet¹². Grün ist als Kennzeichnung für LOHC im Projekt definiert. Es gilt jedoch zu beachten, dass die allgemeinen Farbkennzeichnungen für verschiedene Stoffe je nach Land variieren können, da DIN EN-Normen nur für die Mitglieder des Europäischen Komitees für Normung verpflichtend sind¹³.

4

Auswertung der internen und externen Bedarfsanalyse

Für die Auswertung der internen und externen Bedarfsanalyse ist zu beachten, dass die hier beschriebenen Ergebnisse ausschließlich auf den durchgeführten Interviews sowie den Aussagen der Stakeholder während des Workshops basieren und nicht auf einschlägiger Literatur. Ebenso ist zu berücksichtigen, dass hier lediglich ein Auszug von Meinungen der in den TransHyDE Projekten vertretenen Partnern wiedergegeben werden kann. Daher zeigen die Ergebnisse keineswegs ein vollständiges Bild aller nationalen Interessenvertreter. Darüber hinaus ist ein Abgleich mit bestehender Gesetzgebung noch ausstehend, wodurch die Ergebnisse gegebenenfalls auch fehlerhaft sein können. Dazu wird im Folgenden Flüssigwasserstoff nicht in die Ergebnisauswertung mit einbezogen.

Regelwerks- und Normenentwicklungen basieren auf vorgegebenen Prozessen und bedürfen zahlreicher Forschungsstudien, um Annahmen zu bestätigen. Daher sind einige der hier genannten Regelungslücken zwar bereits als Missstand identifiziert und in Gesetzgebungsinstitutionen bekannt, aber noch nicht in Normen oder dem technischen Regelwerk implementiert. Neben der Aufnahme von Lücken in der Normung und in technischen Regelwerken sind ebenfalls regulatorische Bedarfe in die Analyse mit eingeflossen.

4.1 Leitung

Das Projekt GET H2 innerhalb TransHyDE legt die Grundlagen für öffentlich zugängliche Wasserstoff-Fernleitungen. Untersucht wird dabei beispielsweise, welche Techniken sich zum Warten von Fernleitungen eignen oder wie sich bestimmte Werkstoffe in Kontakt mit Wasserstoff verhalten. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Entwicklung einer validen Qualitäts- und Mengemessung von Wasserstoff. Das ist eine wichtige

Voraussetzung, um Wasserstoff zwischen Erzeugern, Transporteuren und Verbrauchern übergeben zu können. Für die vorgesehenen experimentellen wissenschaftlichen Untersuchungen werden Gasleitungen eingesetzt, in denen bereits über viele Jahre Erdgas transportiert wurde.¹⁴

Im Rahmen der internen Bedarfsanalyse hat GET H2 einige Lücken in der Gesetzgebung identifiziert. Als etablierte Infrastruktur-Technologie weisen Gasleitungen für gasförmigen Wasserstoff bereits eine Vielzahl von anwendbaren Normen und technischen Regeln auf. Insbesondere, da einige ohne Änderung von Erdgas auf Wasserstoff übertragbar sind. Zum anderen sind aber bereits vom Deutschen Institut für Normung e. V. (DIN) und dem Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW) zahlreiche Normen und technische Regeln angepasst oder neuentwickelt worden.

Aufgrund der jahrzehntelangen Erfahrung mit Gasleitungen als Transport- und Speicheroption, konnten die befragten TransHyDE-Partner wie auch die externen Stakeholder sehr spezifische Bedarfe nennen, welche noch nicht in der Gesetzgebung angepasst wurden.

Ein Beispiel dafür ist die Anpassung der Gasbeschaffenheit (G 260), welche die Qualitätsanforderung unterschiedlicher gasförmiger Energieträger in Kategorien von Gasfamilien beschreibt und deren Anwendungsgebiete spezifiziert. Dieses technische Regelwerk wurde bereits um die 5. Gasfamilie „Wasserstoff“ erweitert. Mit vorschreitendem Forschungsstand und Erfahrung sind aber weitere Anpassungen von Nöten. Ein vergleichbarer Bedarf wurde von den externen Stakeholdern mit dem Wunsch der Überarbeitung der Wasserstoffreinheit angeführt.

Auch im Bereich der technischen Sicherheit sind einige Lücken identifiziert worden. Beispielhaft ist hier die Nennung der Erweiterung der G 501, um ein luftgestütztes Wasserstoff Ferndetektions-system.

Bei der internen wie auch bei der externen Befragung sind vor allem kurzfristige wie auch mittelfristige Schließungen der Lücken als erforderlich identifiziert worden. Daneben sind aber auch laufende Regelsetzungsarbeiten genannt worden. Beispielhaft dafür sind Ergänzungs-nennungen in der Kategorie „Werkstoff/Material“ für die G 409 und G 464.

Auch übergreifende Themen wie Planungssicherheit, Schulungsinhalte oder Leitfäden für Wasserstofftankstellen wurden in der Bedarfsanalyse als unvollständig oder fehlend erkannt.

Die Analysen haben außerdem gezeigt, dass für Leitungen vor allem Ergänzungen von bestehenden Regelwerken und Normen erforderlich sind und weniger Neuentwicklungen, wobei Lückenschließungen bis 2045 (langfristig) von allen Stakeholdern als nicht ausreichend schnell bezeichnet wurden.

Aus den Ergebnissen ist abzulesen, dass die Bedarfe aus der internen Befragung sich oft auf spezifische Regelwerke und Normen beziehen, während die externe Analyse eher weitläufigere Themen als unzureichend oder fehlend aufführt.

4.2 Gashochdruckbehälter

Im TransHyDE-Projekt Mukran werden neue sphärische Hochdruck-Wasserstoffspeicher entwickelt sowie die Speicherung und der trimodale Transport von gasförmigem Wasserstoff zur Versorgung von Abnehmern ohne Anbindung an ein H₂-Pipelinennetz untersucht. Ziel der Entwicklung ist ein optimaler Kompromiss aus belastungs- und werkstoffgerechter Geometrie sowie geringen Fertigungs- und Betriebskosten, um so einen effizienten Transport mit einem hohen Nutzlastverhältnis zu ermöglichen. Das Projekt ist nach einer Neustrukturierung im Mai 2023 erneut gestartet¹⁵. Das Interview zum Fragebogen wurde Ende 2022 geführt. Dieser Stand zeigt die Literaturrecherche im Rahmen der Entwicklungsarbeiten, um Anforderungen der Behälter für den internationalen trimodalen Transport abzudecken.

Bei den bis zum Zeitpunkt des Interviews betrachteten Normen handelt es sich hauptsächlich um europäische und weniger um internationale Standards. Bisher wurde unter anderem die DIN EN 13445 in den Projektarbeiten angewendet. Diese wurde zwar nicht speziell für das Thema Wasserstoff generiert, ist jedoch für die projektbezogenen Arbeiten anwendbar.

Ein limitierender Faktor in Hinsicht auf die Normen und Regelwerke, der bereits identifiziert werden konnte, ist ihre Zugänglichkeit. Sie befinden sich oft hinter Pay-Walls und setzen so je nach Anzahl der benötigten Menge ein gewisses monetäres Budget voraus. Durch die Verknüpfung der Normen und Prüfverfahren wird der monetäre Aufwand immer höher, da oft eine weitere Norm oder ein weiteres technisches Regelwerk, auf das verwiesen wurde, hinzuzukaufen ist. Ein Verkauf von Bundles (z. B. Verkauf einer Norm zusammen mit den dazugehörigen Prüfverfahren) würde hier Abhilfe schaffen. Zudem würde ein zentrales Verzeichnis relevanter Normen und technischen

Regelwerken nützlich sein.

Ebenso kann es Unterschiede durch inhaltliche Überschneidungen geben. Dies führt dazu, dass Normen insbesondere auf internationaler Ebene verglichen werden müssen und somit erhöhter Arbeitsaufwand entsteht. Des Weiteren ist eine rasche Aktualisierung der Materialwerte in Normen gerade bei Entwicklungen sehr gewünscht, muss jedoch zunächst durch den Einsatz in der Praxis validiert werden und ist aufgrund dessen nicht kurzfristig möglich.

Für manche hier identifizierte Hürden sind noch nicht alle wissenschaftlichen Grundlagen vorhanden, um diese zu schließen. Die Projektergebnisse könnten im Hinblick auf die Behälterentwicklung zur Entwicklung von weiteren Normen und Regelwerken unterstützend wirken.

Bei der externen Stakeholder Befragung wurden Bedarfe und Lücken thematisch sowohl bei „Werkstoff/Material“, als auch in den Bereichen „Funktion/technische Sicherheit“ und Qualifikation/Betriebs-sicherheit & organisatorische Voraussetzungen“ sowie „Anforderungen an den Energieträgern“ gefunden. Das Thema der Prüfungen wurde häufig sowohl im Bereich „Material/Werkstoff“ als auch zu „Funktion/technische Sicherheit“ benannt. Die gewünschten Erweiterungen und Neuentwicklung von Normen und Regelwerken sind fast ausschließlich kurzfristig erwünscht, beziehungsweise werden zeitnah benötigt. Lediglich eine geringe Anzahl wurde für den Bedarf der zeitlichen Kategorie mittelfristig und langfristig zugeordnet. Unter den identifizierten Bedarfen befinden sich bereits Normen und Regelwerke in der Überarbeitung.

Ein wiederholt angesprochenes Themenfeld war die Harmonisierung von Regelwerken und Normen. Sowohl auf nationaler als auch internationaler Ebene besteht ein großes Interesse an einer Vereinheitlichung. Dies dient auch der Vereinfachung und einer besseren Übersicht über bestehende Regelwerke und Normen. Weitere Schwerpunkte, die diskutiert wurden, sind Materialarten und deren Eigenschaften und Werte, Sicherheit von Personal und Material sowie spezifische Prüfverfahren/-bedingungen. Insgesamt ist erkennbar, dass weniger Neuentwicklungen notwendig sind, sondern überwiegend der Bestand ergänzt werden muss, beziehungsweise eine Aktualisierung benötigt.

4.3 Ammoniak

Ammoniak wird seit dem späten 19. Jahrhundert in der Industrie eingesetzt und ist zentraler Ausgangsstoff für die Düngemittelproduktion und für die Herstellung verschiedener Verbindungen wie Amine, Ammoniumsalze und Harnstoff. Darüber hinaus wird es aufgrund seiner physikalisch chemischen Eigenschaften in Kälteanlagen eingesetzt. Mit der zunehmenden Entwicklung von Technologien und Anwendungen in der Chemie, der Landwirtschaft, der Lebensmittelverarbeitung und anderen Industriezweigen hat der Stellenwert von Ammoniak weiter zugenommen.

In jüngster Zeit gewinnt Ammoniak auch als potenzieller Energieträger sowie als Wasserstoffvektor an Bedeutung, da es Wasserstoff in chemisch gebundener Form enthält und somit zur Speicherung von Energie genutzt werden kann.

Das Umsetzungsprojekt CAMPFIRE in TransHyDE untersucht das Potenzial von Ammoniak als Wasserstoff-Speichertechnologie. Außerdem werden Forschungsschnittstellen zur Bindung von Wasserstoff in Ammoniak für den Transport und die anschließende Wieder-Auslösung z.B. in Cracker-Anlagen erforscht. CAMPFIRE entwickelt und testet darüber hinaus Demonstratoren für die zentrale und dezentrale Nutzung von Ammoniak sowie Logistikstrukturen für den Ammoniak-Import und die -Verteilung.¹⁶

Der TransHyDE Forschungsverbund AmmoRef erforscht die technologischen Grundlagen, um im groß-industriellen Maßstab, umweltschonend, ökonomisch und sicher aus Ammoniak Wasserstoff zurückzugewinnen. Zentral dabei ist das Entwerfen von hochaktiven und kostengünstigen Katalysatoren mit hoher spezifischer Umsatzleistung, die ohne Edelmetalle auskommen und stabil arbeiten sowie die Integration dieser Katalysatoren in einen emissionsfreien Prozess mit nachhaltiger Energieversorgung sowie hochgradiger stofflicher und wärmetechnischer Integration.¹⁷

Im Rahmen der internen Bedarfsanalyse haben CAMPFIRE und AmmoRef Lücken in der Regelsetzung identifiziert. Weitere Normungs- und Regelsetzungsbedarfe wurden im Rahmen des Stakeholder Workshops in Berlin ergänzt.

Für den Anwendungsbereich von Ammoniak als neue Speichertechnologie für Wasserstoff existieren wenige anwendbare spezifische Normen und technische Regeln. Aufgrund der vielseitigen Verwendung in diversen Industriezweigen gibt es jedoch einen Bestand von Normen und technischen Regeln, der für das neue Anwendungsfeld auszugsweise übertragen und ergänzt werden kann.

Durch die interne als auch die externe Befragung hat sich ergeben, dass in der Kategorie „Anforderungen an den Energieträger“ insbesondere regulatorische Lücken kurzfristig geschlossen werden sollten, um die Technologieentwicklung zielgerichtet zu beschleunigen. Die befragten Stakeholder haben zum Beispiel darauf aufmerksam gemacht, dass Ammoniak als Energieträger beziehungsweise als Kraftstoff in Anlehnung an die DIN EN 228 für Ottokraftstoffe, DIN EN 590 für Diesellokstoff, DIN EN 589 für Autogas sowie DIN EN 17124 für Wasserstoff definiert werden sollte, um Ammoniak hinsichtlich der Reinheit und Qualität festzulegen und überprüfen zu können und somit eine Spezifikation des Kraftstoffes zu schaffen, die für die Entwicklung neuer Produkte im Zusammenhang mit Ammoniak erforderlich sei.

In der Kategorie „Werkstoff/Material“ wurden Normungs- und Regelsetzungsbedarfe bezüglich der Materialauswahl und Eignung metallischer Werkstoffe sowie Dichtwerkstoffe für drucktragende Bauteile identifiziert. Durch das neue Anwendungsgebiet von Ammoniak besteht der Bedarf, neben der Neuentwicklung von Normen und Regelwerken, einige bestehende Normen zu ergänzen. Im Falle der DIN EN ISO 5771 für Ammoniak Schlauchleitungen werden nach Ansicht der Stakeholder bisher Schlauchleitungen mit einem Nenndurchmesser kleiner als DN 15 ausgeschlossen.

In der Kategorie „Funktion und technische Sicherheit“ wurden spezifische Regelsetzungsbedarfe genannt, die verdeutlichen, dass sich Ammoniak als Speichertechnologie für Wasserstoff noch in einer frü-

hen konzeptionellen Phase befindet. Die Stakeholder haben angemerkt, dass Vorgaben für Ammoniak-Trockenkupplungen und Abreißkupplungen fehlen. Im Hinblick auf existierende Normen und Regelwerke für Ammoniak-Kälteanlagen wurde die Frage aufgeworfen, inwieweit die DIN EN 378 auf Ammoniak-Anwendungen wie zum Beispiel Ammoniak-Motoren oder Cracker übertragbar sei. Die Norm zielt unter anderem auf Sicherheitsanforderungen und spezielle Anforderungen an die Baugruppe ab.

Des Weiteren haben die Befragungen in der Kategorie „Qualifikation / Betriebssicherheit & organisatorische Voraussetzungen“ insbesondere Regelsetzungsbedarfe bezüglich Regulatorik und Qualifikation ergeben. Für die erfolgreiche Technologieentwicklung sahen die Stakeholder eine Anpassung der Emissionsgesetzgebung für Ammoniak als wichtige Voraussetzung. Auch fehlende Emissionsgrenzwerte für Lachgas, das bei der Verbrennung von Ammoniak in Ammoniakmotoren entstehen kann sowie Ammoniak- und Wasserstoffschlupf, wurden durch die Befragten thematisiert.

4.4 Liquid Organic Hydrogen Carriers

Im Unterschied zum Transport und Speicherung von Wasserstoff in Leitungen und Gashochdruckbehältern sind Liquid Organic Hydrogen Carriers (LOHC) noch kein etablierter Transportvektor für Wasserstoff.

Das Projekt auf Helgoland im Rahmen von TransHyDE widmet sich der Erforschung und Entwicklung einer exemplarischen Transportverbindung zwischen Helgoland und dem Hafen Hamburg, unter Verwendung von LOHC. Als Transportmedium wird konkret das thermische Öl Benzyltoluol eingesetzt. In diesem Szenario fungiert die deutsche Insel als Standort für die Speicherung von Wasserstoff (Hydrierung), während der Hafen Hamburg als Ort für die Freisetzung von Wasserstoff (Dehydrierung) betrachtet wird. Zusätzlich beschäftigen sich die Forscher mit der möglichen Nutzung der während der Hydrierung entstehenden Abwärme zur Beheizung der Insel. Aspekte hinsichtlich Material, Sicherheit sowie Fragen zur Klassifizierung und Standardisierung spielen ebenfalls eine bedeutsame Rolle im Tätigkeitsbereich der beteiligten Partner. Das Hauptziel dieses Projekts ist es, durch die Bereitstellung eines Musterlösungsansatzes für ähnliche Standorte weltweit den Aufbau einer Wasserstoff-Transportverbindung auf Basis von LOHC zu erleichtern.¹⁸

Die folgenden aufgeführten Ergebnisse aus der internen Bedarfsanalyse beziehen sich vorrangig auf die Implementierung und Verwendung von Benzyltoluol als LOHC in der Regelsetzung. Während des Stakeholder Workshops wurde kein spezifisches Thermalöl oder anderweitig einsetzbares LOHC benannt. Die dort getroffenen Aussagen beziehen sich damit auf keinen spezifischen LOHC.

Aufgrund des geringen Technologiereifegrads von LOHC sind bei beiden Bedarfsanalysen insbesondere in der Kategorie „Anforderungen an den Energieträger“ zahlreiche allgemeine Lücken identifiziert worden. Dazu zählen einerseits eine einheitliche Definition des LOHC Prozesses, die Verankerung von LOHC als Begrifflichkeit in bereits vorhandenen und generell anwendbaren Regelwerken und Normen sowie die Definition von Thermalölen, im Speziellen hier Benzyltoluol, als Wasserstoffspeicher.

Darüber hinaus ist bei der internen Befragung die Skalierbarkeit mit einer mittelfristigen Implementierung gefordert worden. Dieser Bedarf richtet sich an alle vier Kategorien (vgl. Kap. Methodik). Eine ebenfalls aufgetretene Anforderung, die eine Erstellung von Regelwerken und Normen automatisch mit sich bringt, ist der Abgleich auf europäischer wie auch internationaler Ebene, damit ein uneingeschränkter internationaler Handel funktionieren kann.

Intern wurde außerdem die internationale Zugänglichkeit für alle Stakeholder (Behörden, Genehmigungsstellen, Industrie, Forschung, etc.) erwünscht. Die externen Stakeholder haben daneben die sicherheitstechnische Betrachtung von LOHC im Transport oder bei der Speicherung als Lücke identifiziert.

Weiterhin ist zu beobachten, dass der Bedarf an Neuentwicklungen und Ergänzungen im Bereich LOHC in etwa bei internen wie auch externen befragten Experten gleich ist. Abschließend ist aus den Analysen zu erkennen, dass kurzfristige Lösungen bis 2025 entscheidend für den Hochlauf dieser Technologie sind, da es an grundlegenden Ergänzungen wie auch Neuentwicklungen in der Gesetzgebung fehlt.

4.5 Quantitative Auswertung der Bedarfsanalysen

Abbildung 1 zeigt die quantitative Auswertung der internen und externen Bedarfsanalyse und verknüpft die ermittelten Bedarfe mit der in Kapitel Methodik eingeführten Zeitskala. Die Normungs- und Regelsetzungsbedarfe aller betrachteten Transportvektoren sind in die vier Kategorien "Anforderungen an den Energieträger", "Werkstoff / Material", "Funktion / technische Sicherheit" und "Qualifikation / Betriebssicherheit & organisatorische Voraussetzungen" eingeordnet. Die Anzahl der identifizierten Regelungslücken beziehungsweise Normungsbedarfe definieren die Größe des dargestellten Kreises für jeden Transportvektor und jede Kategorie. Zum direkten Vergleich der internen und externen Bedarfsanalyse ist jedes Feld der Zeitskala in zwei Bereiche aufgeteilt. Links befindet sich die quantitative Auswertung der internen Bedarfsanalyse (IB), rechts die Auswertung der externen Analyse (EB).



Abbildung 1: Auswertung der internen TransHyDE- (IB) sowie der externen Stakeholder-Bedarfsanalyse (EB)

1. Laut der befragten internen und externen Stakeholder sind die meisten identifizierten Regelungslücken der betrachteten Transportvektoren für eine jeweilige erfolgreiche Technologieimplementierung kurzfristig zu schließen. Für die aktuell noch nicht als Energieträger eingeführten Transportvektoren Ammoniak und LOHC unterstützen kurzfristige Ergänzungen und Neuentwicklungen in der Gesetzgebung die Etablierung dieser Technologien insbesondere hinsichtlich der Anforderungen an den Energieträger.
2. Ausschließlich für die Vektoren leitungsgebundener Wasserstoff und Wasserstoff in Gashochdruckbehältern sind bereits laufende Normungsprozesse den konsultierten Stakeholdern bekannt. Die Abbildung 1 bestätigt damit die Etablierung dieser Transport- und Speichertechnologien.
3. Insbesondere in den Kategorien "Funktion / technische Sicherheit" sowie "Qualifikation / Betriebssicherheit & organisatorische Voraussetzungen" sind über alle betrachteten Transportvektoren hinweg die meisten Regelsetzungsbedarfe aus Abbildung 1 zu erkennen.
4. Darüber hinaus zeigt die Abbildung klar, dass Anpassungen im Bereich Werkstoffe für alle Transportvektoren für deren Implementierung kurzfristig erforderlich sind.

5

Fazit und Ausblick

Die Auswertung der durch die Stakeholder an das Projekt Norm zugetragenen Bedarfe zeigt, welche Unterschiede beispielsweise der Technologiereifegrad einer Transport- und Speicheroption in der Regelung hat. Leitungen und Gashochdruckbehälter sind etablierte Technologien und erfordern weitestgehend Ergänzungen, die kurzfristig zu leisten sind. Dem gegenüber stehen neue Technologien wie Ammoniak und LOHC als Energieträger beziehungsweise Wasserstoffspeicher, welche gänzlich andere Anforderungen in der Regelung mit sich bringen wie grundsätzliche Verankerungen von Begrifflichkeiten oder Prozessdefinitionen.

Vor allem im Bereich „Werkstoff/Material“ wurden sowohl in der internen als auch der externen Bedarfsanalyse im Bereich der Gashochdruckbehälter die bestehenden Normen als ergänzungsbedürftig benannt. Ebenso wurde der Bereich der Prüfmethode häufig als erweiterbar bezeichnet. Der Fokus der zu ergänzenden Normen und technischen Regelwerke deckt sich bei der internen und externen Analyse. So werden Regelungslücken überwiegend bei kurzfristigen Änderungen eingeordnet.

Ebenso wie für die Gashochdruckbehälter sind schnelle Lösungen bis spätestens 2030 auch für Leitungen für das Gelingen der Umstellung von Erdgas auf Wasserstoff auf der Grundlage der Stakeholder-Einschätzungen als elementar zu bezeichnen.

Abbildung 1 zeigt darüber hinaus, dass zu Leitung und Gashochdruckbehälter feinere und differenziertere Aussagen über Regelungsbedarfe getroffen werden können, als zu den neuen Transportvektoren NH₃ und LOHC. Der erste Eindruck, dass bei Leitung und Gashochdruckbehälter mehr Bedarfe vorhanden sind, ist eine Fehleinschätzung und basiert auf der aktuell noch nicht möglichen Differenzierung von Regelungsbedarfen in den Bereichen NH₃ und LOHC. Hier fehlt zunächst die Basis in der Regelung, bevor Aus-

sagen differenziert und verfeinert werden können.

Der Vergleich der beiden Bedarfsanalysen zeigt zudem, dass die externen Stakeholder im Workshop ein breiteres Themenfeld abgebildet, während die TransHyDE Partner spezifischere auf den jeweiligen Projektthemen basierende Bedarfe identifiziert haben.

Die hier beschriebenen Ergebnisse aus den zwei Bedarfsanalysen spiegeln einen kleinen Ausschnitt nationaler Stakeholder innerhalb und außerhalb des Wasserstoff-Leitprojekts TransHyDE wider. Für eine umfassende Lückenidentifikation ist nicht nur eine national umfassender angelegte Analyse, sondern eine Anwendung dieser in allen relevanten internationalen Regelungsebenen und ein anschließender Abgleich beziehungsweise Harmonisierung erforderlich.

Dennoch bieten die Erfahrungen der TransHyDE Partner durch die Breite der Themenfelder innerhalb des Leitprojekts gute Einblicke, was noch fehlt. Insbesondere bei Transportvektoren wie LOHC werden vor allem nach erfolgreicher Implementierung von grundsätzlichen Regelungsbedarfen, wie der beschriebenen Definition des LOHC-Prozesses, weitere spezifischere Lücken auftreten. Für die erfolgreiche Umsetzung von Regelungsbedarfen ist es wichtig, dass die themenspezifischen Experten und Expertinnen in den jeweiligen Gremien sitzen und Ihre Erkenntnisse weitergeben.

Innerhalb TransHyDE wird das Projekt „Norm“ in den bleibenden 1,5 Projektjahren die gewonnenen Erkenntnisse bündeln und mit der zu Anfang des Projekts erstellten Bestandsdatenbank vergleichen. Außerdem wird die Plausibilität aller Aussagen der internen und externen Befragung geprüft. Abschließend werden mit dieser Datengrundlage klare Handlungsempfehlungen formuliert und als Roadmap an die politischen Entscheidungsträger gereicht und durch die Veröffentlichung den relevanten Regelungsinstitutionen sowie Stakeholdern zugänglich gemacht.

Literaturangaben

- (1) <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/leitprojekte/transhyde>; 24.08.2023
- (2) <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/leitprojekte/transhyde>; 24.08.2023
- (3) Vgl. BGH, Urteil vom 15.10.2008, Az.: VIII ZR 321/07.
- (4) Vgl. DIN 820.
- (5) Vgl. BGH, Urteil vom 10. 3. 1987, Az.: VI ZR 144/86; BGH, Urteil vom 14.05.1998, Az.: VII ZR 184/97; Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages, DIN-Normen und Rechtssetzung, WD 7 – 3000 – 198/19, S. 4.
- (6) Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages, DIN-Normen und Rechtssetzung, WD 7 – 3000 – 198/19, S. 5.
- (7) Vgl. Halbig/Koppers/Lemken, Standardsetzung im Bereich Wasserstoff, Teil 1: Erzeugung, S. 7.
- (8) Nussbaum, ZIS 2021, 33 (35).
- (9) Nussbaum, ZIS 2021, 33 (38).
- (10) Seibel, NJW 2013, 3000 (3001). Siehe auch etwa die explizite Regelung in § 49 Abs. 2 S. 1 EnWG.
- (11) Vgl. Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages, DIN-Normen und Rechtssetzung, WD 7 – 3000 – 198/19, S. 7.
- (12) Vgl. DIN EN 1089-3:2011-10 Ortsbewegliche Gasflaschen – Gasflaschen-Kennzeichnung (ausgenommen Flüssiggas (LPG)) – Teil 3: Farbcodierung
- (13) <https://iba.online/knowledge/raeume-planen/vorschriften/normungsinstitutionen/>; 21.08.2023
- (14) <https://www.dvgw-ebi.de/dvgw-ebi/aktuelles/projekt-get-h2-transhyde-im-bundesbericht-energieforschung-2023?type=98>; 29.08.2023
- (15) <https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/leitprojekte/transhyde>; 24.08.2023
- (16) <https://wir-campfire.de/campfire-in-transhyde/>, 31.08.2023
- (17) <https://www.cec.mpg.de/de/aktuelles/detailansicht/ammoref-reformierung-von-ammoniak>, 31.08.2023
- (18) Wasserstoff-Leitprojekte: TransHyDE: Wasserstoff-Transport; 29.08.2023