

Stellungnahme

13. März 2025

Sicherheitskultur im Wasserstoffhochlauf weiter stärken

1 Einleitung

Wasserstoff hat das Potenzial, als saubere Energiequelle eine Schlüsselrolle bei der Transformation hin zu einer klimafreundlichen Gesellschaft zu spielen. Damit dies gelingt, müssen Wasserstofftechnologien effizient und sicher entwickelt und eingesetzt werden, wobei alle Phasen der Wertschöpfungskette zu berücksichtigen sind. Ein verantwortungsvoller Umgang unter Beachtung der spezifischen Eigenschaften von Wasserstoff sowie die Einhaltung von Sicherheitsmaßnahmen sind entscheidend.

Der Aufbau und die Weitergabe von Wissen und Kompetenzen, sowie eine ausgeprägte Sicherheitskultur unter allen Beteiligten sind notwendig, um eine breite und sichere Nutzung zu gewährleisten. Ein integriertes Sicherheitsmanagement mit Schulungen sowie ein systematisches Zusammenspiel von Technologie, Wissen und Management können Risiken minimieren, die Akzeptanz steigern und Unternehmen bei der Erfüllung von Nachhaltigkeitsberichtspflichten unterstützen. Wasserstoff-Sicherheit umfasst alle Maßnahmen, Konzepte und Technologien, die gewährleisten, dass Wasserstoff sicher hergestellt, verarbeitet, transportiert, gespeichert und genutzt werden kann, einschließlich der Sicherheitsplanung, Anlagendesign, Ausrüstung, Betrieb und Wartung.

Trotz der besonderen Eigenschaften von Wasserstoff, wie seiner hohen Zündwahrscheinlichkeit und der Neigung zur explosionsartigen Verbrennung, gewährleisten bewährte Sicherheitskonzepte seinen sicheren Einsatz. Diese Konzepte haben sich über Jahrzehnte in der chemischen Industrie, in Raffinerien und im Bereich der Mobilität etabliert und bieten eine solide Grundlage für den sicheren Umgang mit Wasserstoff.

2 Herausforderungen und Lösungsansätze

Der Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft führt zu neuen Herausforderungen, da viele neue Akteure entlang der Wertschöpfungskette, wie Produzenten, Betreiber, Logistiker, Komponentenlieferanten und Forschungsinstitute, mit Wasserstofftechnologien arbeiten. Diese neuen Akteure haben oft nicht die umfangreichen Sicherheitskenntnisse der etablierten Industrie.

Der Aufbau einer Wasserstoff-Sicherheitskultur erfordert gezielte Maßnahmen in Ausbildung, Wissenstransfer und Risikomanagement. Um die sichere Nutzung von Wasserstoff langfristig zu gewährleisten, sind abgestimmte Spezifikationen, qualifizierte Experten und umfassende Schulungsangebote notwendig. Es ist wichtig, dass Schulungen sowohl theoretische als auch praktische Aspekte abdecken und auf verschiedene Zielgruppen zugeschnitten sind. Aus Sicht des NWR sollten erfahrene Einrichtungen in Prüfung, Zertifizierung und angewandter Forschung in ihren Bemühungen zur Etablierung solcher Schulungsprogramme unterstützt werden.

Eine starke Sicherheitskultur stellt sicher, dass alle Akteure in der Wertschöpfungskette – von Forschern und Ingenieuren bis hin zu Anlagenbetreibern und Endnutzern – ein Bewusstsein für die spezifischen Risiken von Wasserstoff entwickeln und geeignete Maßnahmen konsequent anwenden.

Risikotransparenz ist ein zentrales Element für die Sicherheit im Umgang mit Wasserstoff. Offene Kommunikation über Gefährdungen und die Veröffentlichung von Sicherheitsstudien und Vorfällen fördern das Lernen aus Erfahrungen und die Entwicklung einer Sicherheitskultur. Kontinuierliche Überwachung und Bewertung der Betriebserfahrungen sowie die Nachweisführung der Zuverlässigkeit von Wasserstoffsystemen im realen Einsatz sind entscheidend, um Risiken systematisch zu erfassen, zu analysieren und gezielt zu minimieren. Der NWR schlägt daher vor und empfiehlt eine zentrale Erfassung und Auswertung von Betriebsdaten, wie sie z. B. in der amerikanischen HyRAM+ (Hydrogen Risk Assessment Models)-Datenbank implementiert ist auch für den deutschen beziehungsweise europäischen Bedarf zu entwickeln und kostenfrei zur Verfügung zu stellen.¹ Es sollte dabei auch auf bestehende Gremienaktivitäten z.B. API, ASME, EIGA, Gasversorger Deutschland zurückgegriffen werden. Die Datenbank sollte langfristig an einer unabhängigen Stelle mit Erfahrung in angewandter Forschung und Technologie gepflegt werden. Dies erhöht die Transparenz, ermöglicht eine probabilistische Risikoanalyse und verbessert die Sicherheitsstandards durch die Nutzung realer Erfahrungen.

Für den sicheren Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft sind wissenschaftlich fundierte Normen und Regularien sowie eine enge Zusammenarbeit mit Regulierungsbehörden entscheidend. Einheitliche Standards für Herstellung, Verarbeitung, Lagerung, Transport und Nutzung von Wasserstoff sind zu entwickeln oder anzupassen. Öffentlich geförderte Projekte sollten verpflichtend

¹ <https://energy.sandia.gov/programs/sustainable-transportation/hydrogen/hydrogen-safety-codes-and-standards/hyram/>

Forschungsergebnisse und Daten liefern und veröffentlichen, und Wasserstoffsicherheit sollte ein verpflichtender Bestandteil staatlich finanzierter Vorhaben sein.

Regulatorische Sicherheit erfordert klare, wissenschaftlich fundierte Richtlinien zur Risikominimierung, einschließlich Sicherheitsabständen zu Wasserstoffanlagen und Leitlinien zur Verhinderung von Leckagen und Explosionsgefahren. Normen für die Wasserstoffbeständigkeit von Materialien sowie Prüfmethoden sind zu entwickeln und an neue Materialien anzupassen. Vorgaben für Sensorik und automatisierte Überwachungssysteme zur frühzeitigen Risikoerkennung sind ebenfalls notwendig, sollten jedoch die bürokratischen Anforderungen an Unternehmen nicht unverhältnismäßig erhöhen.

Der NWR regt an, dass Forschungsarbeiten und daraus abgeleitete Leitlinien und Normen in die internationale Normierung und Zusammenarbeit einfließen sollten. Länderübergreifende Förderprogramme mit dem Schwerpunkt Sicherheit sind darüber hinaus aus Sicht des NWR wünschenswert, um die Etablierung globaler Standards für Wasserstofftechnologien zu beschleunigen.

Eine Herausforderung für die internationale Zusammenarbeit und den Erfahrungsaustausch sind die unterschiedlichen methodische Ansätze zur Risikobewertung. Es gibt einen qualitativen Ansatz, der auf Expertenbewertungen und Szenarioanalysen basiert, und einen quantitativen Ansatz, der mathematische Modelle und statistische Daten verwendet. Während der qualitative Ansatz flexibel und weniger genau ist, bietet der quantitative Ansatz präzisere Ergebnisse.

Deutschland nutzt qualitative und zu Teilen bereits quantitative Ansätze zur Risikobewertung von Wasserstoffprojekten, während Länder wie die Niederlande und Belgien zunehmend mehrheitlich quantitative Methoden einsetzen. Weltweit dominieren quantitative Ansätze. Der NWR empfiehlt eine Harmonisierung beider Ansätze, um globale Standards für Wasserstoffsicherheit zu schaffen, den Marktzugang für deutsche Produkte zu erleichtern und die deutsche Wirtschaft zu fördern. Qualitative und quantitative Analysen sind wertvolle Werkzeuge, können jedoch eine fundierte Ingenieurspraxis nicht ersetzen. Eine ausgewogene Bewertung sollte stets an den spezifischen Anlagentyp und dessen Größe angepasst werden und dabei Ansätze wie die Zulassung nach Typenklasse sowie bestehende Normen angemessen berücksichtigen. Hierbei ist gegebenenfalls nach ortsfesten Anlagen und Leitungssystemen zu differenzieren.

Die Besonderheiten im praktischen Umgang mit Wasserstoff sind bekannt, doch besteht Forschungsbedarf beim Verständnis der Ereignisabfolgen, die zu Sicherheitsvorfällen führen. Die Kopplung verschiedener Technologien erhöht die systemischen Wechselwirkungen und erschwert klassische Sicherheitskonzepte. Fehler in einem Systemteil können unerwartete Kaskadeneffekte auslösen. Derzeit gibt es wenige standardisierte Verfahren zur Risikobewertung integrierter Systeme, weshalb der NWR eine gezielte Analyse solcher Szenarien empfiehlt.

Der Übergang von Pilot- zu Großanlagen kann unerwartete Probleme wie Materialermüdung oder Wasserstoffversprödung verursachen. Da wenige Materialien und Systeme in der Wasserelektrolyse unter realen Bedingungen langfristig mehrere Jahre bis Jahrzehnte getestet wurden, sind potenzielle Ausfälle und Sicherheitsrisiken schwer vorhersehbar. Grundlage und Basis für die Bearbeitung und Bewertung sollte aber in jedem Fall eine hinreichend gute Dokumentation sein.

Zur Bewältigung der sicherheitstechnischen Herausforderungen in der Praxis empfiehlt der NWR die Förderung von Simulationsmodellen und digitalen Zwillingen zur Problemanalyse vor der Hochskalierung, eine Langzeitforschung und Testreihen unter realen Bedingungen sowie den Aufbau von Netzwerken zwischen Wissenschaft und Industrie für den Erfahrungsaustausch aus Pilotprojekten.

Die Einbindung des Know-hows der Industrie ist entscheidend für die schnelle und effektive Entwicklung von Sicherheitsstandards und Technologien. Die Industrie trägt durch ihre praktische Expertise und die Entwicklung neuer Technologien, die aus Forschungslabors hervorgehen, wesentlich zum Sicherheitsprozess bei.

Dem gegenüber existieren jedoch folgende Herausforderungen: Einerseits stehen Unternehmen untereinander im Wettbewerb und tauschen daher oft nur begrenzt geschäftskritische technische Details aus. Andererseits haben kleine und mittlere Unternehmen häufig nicht die Kapazitäten, sich umfassend an Forschungsnetzwerken zur technischen Sicherheit oder an normativen Prozessen zu beteiligen. Zudem kann die Abstimmung zwischen Industrie, Wissenschaft und Regulierungsbehörden zeitaufwändig sein und den Standardisierungsprozess verlangsamen.

Daher empfiehlt der NWR die Förderung öffentlicher Plattformen für den sicheren Austausch von Informationen zwischen Unternehmen und Wissenschaft unter Berücksichtigung wettbewerbsrechtlicher Vorgaben. Zusätzlich wird die entsprechende Bereitstellung finanzieller Mittel und Ressourcen

empfohlen, um insbesondere KMU die Teilnahme an Forschungsprojekten im Themenfeld Sicherheit zu erleichtern und die Entwicklung von Prozessen, die den Austausch von Know-how zur Wasserstoffsicherheit ermöglichen, voranzutreiben ohne sensible Informationen preiszugeben.

3 Zusammenfassung

Ein offener Umgang mit Risiken ist der Schlüssel, um Vertrauen in die Technologie zu schaffen und Innovationen sicher voranzutreiben.

Ein systematisches Vorgehen bei der Identifikation und Minimierung dieser Risiken ist essenziell, um die Sicherheit großskaliger Wasserstoffanwendungen zu gewährleisten und öffentliche Akzeptanz für den Ausbau zu fördern.

Deutschland sollte seine Expertise in qualitativen Analysen nutzen, um international etablierte Verfahren zu erweitern und gleichzeitig stärker auf quantitative Methoden setzen, um sich an das internationale Standardverfahren anzupassen. Ein gemeinsames globales Rahmenwerk stellt einen großen Schritt hin zu einer sicheren und nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft dar bei gleichzeitiger Förderung der deutschen Wirtschaft.

Die Beschleunigung von Sicherheitsmaßnahmen in der Wasserstoffwirtschaft erfordert eine starke Allianz zwischen allen Akteuren. Initiativen wie das Forschungsnetzwerk Wasserstoff bieten bereits eine gute Basis. Sie sind weiter auszubauen, um alle relevanten Stakeholder einzubinden, potenzielle Barrieren zu überwinden und sich dabei nicht nur auf Forschung zu konzentrieren, sondern auch auf die Umsetzung. Ebenfalls begrüßenswert ist die Normungsroadmap Wasserstofftechnologien, die fortgeführt werden sollte, um Normungslücken bei Wasserstoff und seinen Derivaten zu schließen. Ein nationaler industrieunabhängiger Zusammenschluss von Experten in Form einer Allianz erlaubt aus Sicht des NWR einen strukturierten Austausch zwischen Industrie und Wissenschaft und liefert somit einen Beitrag zu klar definierten Sicherheitsstandards, um regulatorische Sicherheit und technologische Fortschritte voranzutreiben.

Die Einbindung des Know-hows der Industrie in sicherheitsrelevanten Forschungsprojekten ist ein zentraler Faktor, um die notwendige Geschwindigkeit und Effektivität bei der Entwicklung von Sicherheitsstandards und Technologien für die Wasserstoffwirtschaft zu gewährleisten.

Der NWR befürwortet ausdrücklich ein koordiniertes Vorgehen von Regierungsbehörden, Wissenschaft und Industrie, um Richtlinien zu entwickeln

und umzusetzen. Die Sicherheit muss nicht nur für die Betreiber, sondern auch für die Öffentlichkeit und die Umwelt gewährleistet werden.

Die Mitwirkung der Wissenschaft bei der Gestaltung von Regularien und der Entwicklung von Sicherheitsmaßnahmen ist ein entscheidender Faktor, um Risiken zu minimieren und Vertrauen in Wasserstofftechnologien zu schaffen. Der NWR empfiehlt daher, diese Bemühungen durch nationale und internationale Forschungsinitiativen zu unterstützen.

Bei Interesse oder Rückfragen wenden Sie sich bitte an:

Leitstelle Wasserstoff

E-Mail: info@leitstelle-nws.de

Internet: www.wasserstoffrat.de