
Dienstleistungen entlang der Wasserstoff-Wertschöpfungskette

Speicherung:

Druckbehälter



H₂

TÜV®

TÜV NORD 

TÜV NORD GROUP

H₂-Kompetenz @ TÜV NORD

1. Energieerzeugung

Windenergie ■■■

2. H₂-Erzeugung

Elektrolyse ■■■

Meerwasserentsalzungsanlage ■■■

3. Verteilung/Transport

Stromnetz ■■■

Pipelines ■■■

Wärmenetz ■■■

Intelligente Netze ■■■

Rohrleitungen ■■

Füllstationen/Tanksysteme ■

Tankfahrzeuge (Lkw, Zug, Schiff) ■

4. Speicherung

Batteriespeicher ■■■

Gasspeicher ■■■

Kavernenspeicher (H₂ und CO₂) ■■■

Druckbehälter ■■■

H₂-Hydridspeicher ■

5. Verbrauch/Anwendung

Brennstoffzellensystem ■■■

Methanol-Synthese-Einheit ■■■

Raffinerie ■■■

Mobilität ■■

In jedem Dienstleistungsbereich unterstützen wir Sie in folgenden Phasen:

■ Konzept/Planung ■ Herstellung ■ Betrieb



Konzept/Planung

Wir unterstützen Sie in der Konzeptphase mit umfassenden Dienstleistungen, die Ihrem Projekt in technisch und rechtlich relevanten Aspekten von Anfang an die nötige Sicherheit geben. Vom Produktentwurf über die Prüfung von Lasten- und Pflichtenheften bis hin zur Anlagenentwicklung und Prozessoptimierung haben unsere Spezialisten die Details und das angestrebte Ziel im Blick und sind mit modernsten IT- und KI-Instrumenten sowie einer großen Bandbreite von Risikoanalyse-, Zertifizierungs-, Prüf- und Bewertungsdienstleistungen auf Ihre Aufgabenstellung vorbereitet.



Herstellung

Mit spezifischen Prüfungs-, Auditierungs- und Abnahmedienstleistungen stehen wir Herstellern neutral und fachlich kompetent als notifizierte und akkreditierte Stelle zur Seite. Hierzu gehören auch die Überprüfung und Zertifizierung als Werkstoffhersteller, was für die Herstellung bestimmter Produkte unerlässlich ist. Zu unserem Leistungsportfolio gehören darüber hinaus die Prüfung von Herstellungsverfahren, Werkstoffbewertungen, Belastungstests, Schadensgutachten und Produktzertifizierungen. Zudem bieten wir neben der Überwachung der Fertigung auch die Begleitung von Inbetriebnahmen sowie Montagearbeiten und die Einweisung des Personals in Herstellungsprozesse an.



Betrieb

Nach Aufstellung und Inbetriebnahme helfen wir Ihnen im laufenden Betrieb Stillstandszeiten zu vermeiden, technische Gefahrenpotenziale sowie Schwachstellen zu beseitigen und unter Einsatz softwaregestützter Wartungssysteme Kosten zu senken. Wir übernehmen sämtliche wiederkehrenden Prüfungen sowie spezifische Prüfungen elektrischer und mechanischer Anlagen und Systeme. Zudem können wir risikobasierte Instandhaltungspläne erstellen und Ihnen maßgeschneiderte Strategien zur Reduzierung von Betriebsrisiken sowie zur nachhaltigen Erhöhung der Anlagensicherheit liefern.

Wasserstoff-Druckbehälter im mobilen und stationären Einsatz

Mit der Zunahme der Anwendungsformen für Wasserstoff steigt auch der Bedarf an Speicherslösungen sowohl für mobile Anwendungen an Land und auf See als auch für den stationären Gebrauch im industriellen Umfeld, an Tankstellen oder in Forschungseinrichtungen. Hierfür kommen Druckbehälter zum Einsatz, die gemäß Betriebssicherheitsverordnung überwachungsbedürftig sind und dementsprechend mit Sicherheitsfunktionen ausgerüstet sein müssen, um Behälter und Anwender vor möglichen Druck- oder Temperaturüberschreitungen zu schützen.

Zu den gängigen Lösungen gehören Druckbehälter aus Metall und Verbundstoffen, die gasförmigen Wasserstoff (CGH₂) bei Druckniveaus von 20 bar bis hin zu 1.000 bar speichern sowie Kryotanks, die tiefkalten Flüssigwasserstoff (LH₂) in vakuumisolierten Behältern und bei relativ geringen Drücken

von bis zu 4 bar speichern. Neue Konzepte erproben die Hochdruckspeicherung kryogenen Wasserstoffs (CCH₂). Darüber hinaus kann Wasserstoff auch in fester Form gespeichert werden – in der Entwicklung befinden sich zudem Metallhydridspeicher, die die Aufnahme großer Mengen Wasserstoff auf minimalem Raum und bei optimierter Energieeffizienz erlauben.

Wir sind Ihr erfahrener Partner in der umfassenden Fertigungsüberwachung und Prüfung von Druckbehältern sowie in der Entwicklung von Prototypen für mobile und stationäre Anwendungen. Mit kompetenten Fachleuten und modernsten Analyse- und Messmethoden liefern wir verlässliche Erkenntnisse über die Beanspruchbarkeit eingesetzter Werkstoffe, stellen die Konformität mit nationalen und internationalen Regelwerken sicher und unterstützen Sie darin, von Förderungen zu profitieren. Sprechen Sie uns an.

Druckbehälter für gasförmigen Wasserstoff (CGH₂)

Zur Speicherung von gasförmigem Wasserstoff dienen zylindrische Druckbehälter in unterschiedlichen Größen und Materialausführungen. Im stationären Einsatz, etwa in Industrieanlagen, finden sich große Stahltanks, die CGH₂ im Niederdruckbereich (20–200 bar) lagern. Tankstellen verfügen zudem über zusätzlich ummantelte Druckbehälter für höhere Druckniveaus im Mitteldruckbereich von 450–500 bar und im Hochdruckbereich bis zu 1.000 bar.

Die Entwicklung von Druckbehältern zur Speicherung von gasförmigem Wasserstoff

schreitet permanent voran. Grund hierfür sind Erfordernisse zur Gewichtseinsparung sowie zur Stabilität, Haltbarkeit, Umweltfreundlichkeit und Recyclingfähigkeit der eingesetzten Materialien. Im Markt finden sich vier Typen von Druckbehältern, wobei die Drucktanks der Typen I, II und III Metallkomponenten enthalten. Beginnend mit Typ IV setzen sich Druckbehälter aus faserverstärkten Kunststoffen durch, die aufgrund ihres Gewichtsvorteils bevorzugt in mobilen Anwendungen eingesetzt werden. Die nächste Generation, Typ V, wird nochmals eine Gewichtsersparnis bringen und nahezu vollständig aus Kohle- und Hybridfasern bestehen.

Druckbehältertypen zur Speicherung von gasförmigem Wasserstoff (CGH₂)

Wasserstoffdruckbehälter Typ I:

- Wandung aus Chrom-Molybdän-Stahl
- typischer Nenndruck 200 bar
- Einsatz als Transportbehälter und zur stationären Lagerung

Wasserstoffdruckbehälter Typ II:

- metallische Wandung und Ummantelung des zylindrischen Teils aus harzgetränkter Glas- oder Kohlefaser
- Nenndrücke bis 1.000 bar
- Einsatz zur stationären Lagerung an Wasserstofftankstellen

Wasserstoffdruckbehälter Typ III:

- Liner aus Aluminium und vollständige Ummantelung aus Kohlefaser
- typischer Nenndruck 350 und 700 bar
- Einsatz in Brennstoffzellenfahrzeugen und in stationären Anwendungen

Wasserstoffdruckbehälter Typ IV:

- Liner aus Kunststoff und vollständige Ummantelung aus Kohlefaser
- Nenndruckbereich 350 bar bis 700 bar
- Einsatz in Brennstoffzellenfahrzeugen und als Transportbehälter

Wasserstoffdruckbehälter Typ V (verschiedene Verfahren in Entwicklung, u. a.):

- Carbon-Faser-Komposite (CFK)
- thermoplastische Faserverbundkunststoffe (FVK) mit neutraler CO₂-Bilanz
- zusätzliche Gewichtsersparnis gegenüber Typ IV-Druckbehältern

Druckbehälter für flüssigen Wasserstoff (LH₂)

Im Gegensatz zur Hochdruck-Verdichtung von gasförmigem Wasserstoff erfolgt die Speicherung von Flüssigwasserstoff meist auf niedrigem Niveau, in der Regel bei einem Druck zwischen 1,2 und 3,5 bar.

Um Wasserstoff in seinen flüssigen und tiefkalten (kryogenen) Aggregatzustand bei -253 °C zu bringen, muss viel Energie eingesetzt und spezielle Kühltechnik verwendet werden. Der Vorteil ist die Erhöhung der volumetrischen Energiedichte und damit die Möglichkeit, größere Mengen Wasserstoff auf geringem Raum zu transportieren und zu lagern. Das Fassungsvermögen von gängigen Kryotanks zur stationären Lagerung von LH₂ reicht von ca. 3.000 bis 80.000 Litern (entsprechend etwa 2.500 bis über 65.000 Kubikmetern Gas bei einem Druck von 1 bar).

Kryotanks verfügen über einen Innen- sowie einen Außentank aus Edelstahl, zwischen denen ein Hochvakuum und eine Mehrschichtisolierung liegen. Trotz der Maßnahmen zur bestmöglichen Wärmedämmung treten je nach Größe und Füllstand des Tanks

Verdampfungsverluste auf (Boil-off), die 1 bis 2 % pro Tag betragen können. Diese entstehen durch einen unvermeidlichen Wärmeeintrag ins Tankinnere, der den dort vorherrschenden Betriebsdruck von in der Regel zwischen 1,2 und 3,5 bar bis zu einem definierten Grenzwert steigen lässt. Über einem Druckniveau von etwa 4 bar lösen Drucksensoren ein Ablassen von gasförmigem Wasserstoff aus, wobei großvolumige stationäre Tanks ihre Kühlleistung auch 4 bis 5 Monate ohne Boil-off aufrecht erhalten können. Um den entweichenden Wasserstoff zu nutzen, können mehrere Kryotanks in einen sie umhüllenden Druckbehälter integriert werden.

Aufgrund seiner hohen Energiedichte eignet sich LH₂ gut für die Betankung von Fahrzeugen, die weite Strecken zurücklegen. Für den Einsatz von LH₂ in Lkw und Zügen werden Edelstahltanksysteme entwickelt, die mit Betriebsdrücken von unter 10 bar arbeiten und Verdampfungsverluste noch weiter reduzieren. Im Vergleich zu Hochdruckbehältern weisen sie dank des geringeren Speicherdrucks deutliche Gewichtsvorteile auf.

Druckbehälter zur transkritischen Speicherung von flüssigem Wasserstoff (CchH₂)

In der Erprobung befinden sich Konzepte zur komprimierten Speicherung von kryogenem Wasserstoff. Bei sehr niedrigen Temperaturen von etwa -220°C und einem sehr hohen Druck von bis zu 1.000 bar lässt sich die volumetrische Dichte von Wasserstoff nochmals

steigern. Die technischen Anforderungen an diese Druckbehälter sind entsprechend hoch, da sie sowohl das Temperaturmanagement der Kryotanks als auch die Stabilität der Hochdruckbehälter besitzen müssen.

Gasförmiger Wasserstoff in Metallhydridspeichern

Metallhydridspeicher erlauben es, gasförmigen Wasserstoff auf minimalem Raum zu speichern. Hierfür werden Metalle genutzt, die Wasserstoff unter Wärmeentwicklung auf atomarer Ebene chemisch binden und bei Wärmezufuhr kontrolliert abgeben.




Im Gegensatz zur Speicherung in Hochdruck- oder Kryotanks und den damit verbundenen Aufwänden für Verdichtung, Verflüssigung und Betriebssicherheit bietet die Einlagerung im Metallhydrid eine Möglichkeit, deutlich

niedrigere Druckniveaus zu nutzen und dennoch eine hohe volumetrische Energiedichte zu erreichen.

In Forschungsprojekten wie dem EU-geförderten HyCARE Projekt entstehen Prototypen, die das Potenzial von Metallhydridspeichern aufzeigen. Zum Einsatz kommt hierbei dieselbe druckfeste Hülle, die auch für Niederdruck-Gastanks verwendet wird. Um 50 Kilogramm Wasserstoff aufzunehmen, wird lediglich ein Tankvolumen von 1 bis 2 Kubikmeter benötigt.

Unsere Dienstleistungen

Von der Entwurfsprüfung von Druckbehältern, Tanks und Testmodulen über die Abnahme von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen bis hin zur Durchführung aller wiederkehrenden Prüfungen – mit umfassenden Dienstleistungen in den Bereichen Testing, Inspection und Certification begleiten wir Sie in folgenden Phasen Ihres jeweiligen Projekts:

	Konzept/ Planung	Herstellung	Betrieb
			
Prüfung rechnerischer Funktionsfähigkeitsnachweise für Armaturen und Pumpen	■		
Entwurfsprüfung H ₂ -Tank (Druckbehälter)	■		
Entwurfsprüfung HyCARE Testmodul (Druckbehälter)	■		
Fertigungsüberwachung bei den Herstellern sowie bei der Errichtung; Durchführung von wiederkehrende Prüfungen; Prüfung/Vorprüfung von Herstellerunterlagen; Qualifizierung von Herstellern für die Herstellung von H ₂ -Komponenten		■	
DGR-Abnahme von Berstscheiben und Armaturen nach der VO/EU 406/2010; Typgenehmigung von H ₂ -Kfz nach RL 2007/46/EG und VO 79/2009		■	
Wiederkehrende Prüfungen an H ₂ -Behältern			■
Wiederkehrende zerstörungsfreie Prüfungen an H ₂ -Lagerbehältern (Westfalen Gas, Linde) mittels Schallemission und Ultraschall als Ersatz der Festigkeitsprüfung im Hinblick auf wasserstoffinduzierte Korrosion			■
Erstmalige und wiederkehrende Prüfung an Druckspeichern			■
Erstmalige und wiederkehrende Prüfung an Druckbehälter und Dampfkesseln			■
Schadengutachten/Schädigungsmechanismen			■

TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG

Große Bahnstraße 31, 22525 Hamburg

wasserstoff@tuev-nord.de

www.tuev-nord.de/de/unternehmen/energie/wasserstoff

