



# Validierung der Betankung von H<sub>2</sub>-Druckbehältern im Bahnbereich

**Mehr Wert.  
Mehr Vertrauen.**

## Implementieren Sie ein sicheres und effizientes Betankungsprotokoll

### Ihre Herausforderungen

Trotz rasanter Fortschritte in der Wasserstoff-Technologie befinden sich Wasserstoffanwendungen im Bahnwesen in einem frühen Anwendungsstadium. Im Rahmen der Gewährleistung von Sicherheit, Zuverlässigkeit und Benutzerfreundlichkeit bedarf es daher aktuell noch weitreichender wissenschaftlicher Untersuchungen und Phasen der praktischen Erprobung.

Aufgrund fehlender flächendeckender sowie systemadäquater Normen und Standards wird derzeit häufig auf etablierte, jedoch nicht spezifisch angepasste Vorgaben aus anderen Sektoren – etwa dem Automobilbereich – zurückgegriffen. Insbesondere im Bereich der Betankung bestehen allerdings signifikante Unterschiede in den Verfahrensweisen und den zugrunde liegenden physikalischen Rahmenbedingungen.

Besonders die Betankung großvolumiger Behälter und H<sub>2</sub>-Speichersysteme birgt erhebliche Gefahren einer Übertemperierung und ein damit einhergehendes Schädigungs- und Gefährdungspotenzial für Behälter, Fahrzeug

und Umgebung. Eine weitere Herausforderung besteht in der Entwicklung eines effizienten Betankungsprozesses unter Berücksichtigung lediglich moderater Vorkühlniveaus. Aufgrund der Besonderheiten von Zugsystemen sind hier maßgeschneiderte Prozesse zu entwickeln und zu validieren. Zusätzlich ergibt sich die Aufgabe, sichere und redundante Betankungsprozesse zu entwickeln, um eine Befüllung auch im Fall eines Ausfalls von Kompressor und Kühlung sicherzustellen.

### Welche Komponenten müssen geprüft und bewertet werden?

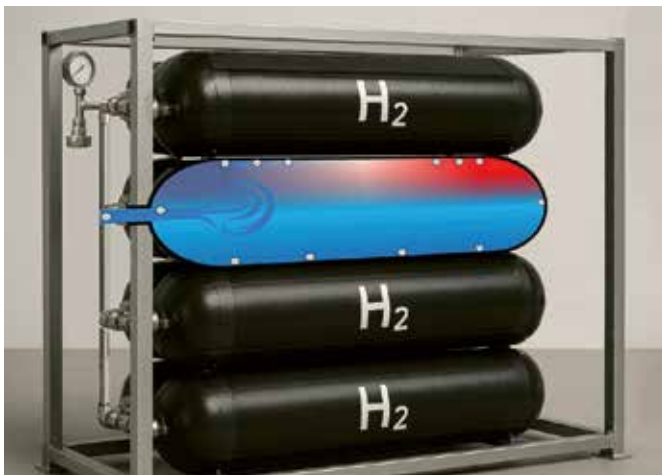
Eine umfassende Prüfung und Validierung der H<sub>2</sub>-Betankungsprozesse basiert auf der Begleitung individueller Behältertests. Für eine ganzheitliche systemspezifische Bewertung müssen zudem der Aufbau der Speichermodule, die systemseitige Verrohrung mit ihren Komponenten, die eingesetzte sicherheitsgerichtete Sensorik als auch deren Schnittstellen zur Tankstelle bzw. zum Verbraucher berücksichtigt werden. Zudem fließen auch Hardware, Software sowie funktionale Sicherheit der Tankstelleninfrastruktur in die Bewertung mit ein.

## Warum ist das Testen und Bewerten so wichtig?

Auch für Bahnanwendungen gilt beim Betanken von H<sub>2</sub>-Systemen die Einhaltung einer maximalen Komponententemperatur von 85 °C gemäß aktueller Normen (z. B. UN ECE R134, EN IEC 63341). Dies erfordert spezielle Betankungsvorgaben. Die etablierten Standards, wie die SAE J 2601 stammen jedoch aus dem Kfz-Bereich und berücksichtigen die bahnspezifischen Anforderungen unzureichend.

Dazu zählen ungekühlte Betankungsvorgänge, großvolumige und besonders lange Behälter, deren spezielle Anordnung, etwa auf dem Fahrzeugdach, die systemseitige Integration sowie eingeschränkte Kommunikationsschnittstellen. Diese Besonderheiten beeinflussen z. B. Strömungs- und Schichtungsbedingungen sowie die Belastungsmuster im Behälter während des Betriebs maßgeblich.

Da etablierte Berechnungsmodelle aufgrund fehlender Validierungsdaten das tatsächliche Verhalten häufig nicht hinreichend genau abbilden, ist eine experimentelle Untersuchung der Prozesse zwingend erforderlich. Eine Über- oder Untertemperatur während des Befüllens oder Entleerens kann die Lebensdauer der Behälter deutlich reduzieren, zu Systemausfällen führen oder im schlimmsten Fall ein katastrophales Versagen nach sich ziehen.



Exemplarische Darstellung von Messpunkten im Behälterquerschnitt und Temperaturverteilung während der H<sub>2</sub>-Betankung.

## Wie können wir Ihnen helfen?

Die TÜV SÜD Rail GmbH ist für ihre umfassende und langjährige Erfahrung im Bahnsektor anerkannt und verfügt über umfangreiche Referenzen an nationalen und internationalen Projekten zur Bewertung bahnspezifischer H<sub>2</sub>-Systeme. Zu unseren Kunden zählen nahezu alle etablierten Schienenfahrzeughersteller und Betreiber. Unsere Experten unterstützen Sie in sämtlichen Bereichen bahnspezifischer H<sub>2</sub>-Anwendungen.

Mit unseren Prüf- und Bewertungsdienstleistungen für H<sub>2</sub>-Systeme im Schienenverkehr sichern Sie Qualität, Zuverlässigkeit und Sicherheit im innovativen H<sub>2</sub>-Segment - und stärken so nachhaltig das Vertrauen des Marktes in Ihre Produkte und Lösungen.

# Unsere Dienstleistungen in der Prüfung, Validierung und Bewertung von H<sub>2</sub>-Betankungsvorgängen

## Unabhängige Sicherheitsbewertung

TÜV SÜD Rail GmbH unterstützt Sie in zulassungs-, sicherheits- und energetisch-relevanten Fragestellungen:

- Sicherstellung eines thermisch unkritischen und zulässigen Betankungsvorgangs
- Erarbeitung eines energetisch effizienten Betankungsprozesses mittels behälterspezifisch ausgelegter Betankungsprotokolle

## Versuchstechnische Umsetzung

- Durchführung von H<sub>2</sub>-Betankungsversuchen inklusive Ausstattung mittels Sensorik
- Berücksichtigung fahrzeug- und tankstellenseitiger Spezifikationen und Besonderheiten
- Experimenteller Abgleich und Plausibilisierung von Simulations- und Berechnungsergebnissen

## Weitereichende Systembetrachtung

- Bewertung Ihres Tankstellenkonzeptes hinsichtlich
  - erforderlicher Vorkühlniveaus
  - Betankungszeiten
  - Vorlagedruck und -volumen
  - Ausfallrisiken und Gefährdungspotentialen
- Ableitung minimal notwendiger Vorkühlniveaus und Quantifizierung Ihres anwendungsspezifischen Energieeinsparpotentials

## Ihre geschäftlichen Vorteile

- **Steigern Sie die Marktfähigkeit Ihrer Produkte** – mit Gutachten und Zertifikaten, die die Akzeptanz Ihrer Produkte erhöhen
- **Sparen Sie Zeit und Geld** – durch unsere Erfahrung aus diversen innovativen Wasserstoffprojekten im Bahnwesen
- **Minimieren Sie Risiken** – zeitraubender Verzögerungen und Nacharbeiten, von Anforderungen und Spezifikationen, insbesondere in späteren Phasen eines Projekts

## Verwandte Dienstleistungen

### TÜV SÜD bietet die folgenden verwandten Dienstleistungen an:

- Ganzheitliche Sicherheitsbewertung von H<sub>2</sub>-Systemen inkl. Speicher-, Brennstoffzellen- und Batteriesystemen, H<sub>2</sub>-Tankstellen
- Sicherheitstechnische Bewertung für Wartung und Instandhaltung von H<sub>2</sub>-Systemen
- Bewertung der Konformität mit EN-Normen oder anderer internationaler oder nationaler Normen
- Risikobasierte Bewertungsansätze