

# Forschungs- und Entwicklungsbedarfe: Speicherung, Transport und Betankung von Wasserstoff im Bereich Straßen- fahrzeuge und Bahn

## VORBEMERKUNG

Dieses Papier betrachtet die für die bodengebundene Mobilität wesentlichen Bereiche Speicherung, Transport und Betankung von Wasserstoff als Treibstoff sowie die dazugehörigen Infrastrukturaspekte. Zusätzlich wird der Bereich der Bahntechnik abgedeckt. Der umfangreiche Themenkomplex der Antriebstechnik wird hier nicht diskutiert.

## 1 WASSERSTOFFSPEICHERUNG UND -TRANSPORT

### 1.1 DRUCKBEHÄLTER (KOMPRIMIERTES H<sub>2</sub>; CH<sub>2</sub>)

**Sachstand:** Wasserstoff wird heute meist in Druckbehältern (komprimiertes H<sub>2</sub>, CH<sub>2</sub>) gelagert und verteilt. Die Speicherung erfolgt typischerweise in Behältern, die bereits über einen hohen technischen Reifegrad verfügen. Standards für einzelne Tanks sind in allen Anwendungsbereichen vorhanden und werden kontinuierlich an den Stand der Technik angepasst. Allerdings werden diese Tanks heute nur in Kleinserien produziert. Die (aktuell beinahe einzig mögliche) Zylinderform beschränkt die Optimierung auf den knappen in Straßen- und Bahnfahrzeugen zur Verfügung stehenden Raum.

**Handlungsempfehlungen: Forschungs- und Entwicklungsbedarfe:** Bestehende Tanksysteme sollten skaliert, ihre Produktionsprozesse optimiert werden. Die derzeitige Behälterlebensdauer von 15 bis 20 Jahren sollte erhöht, Recycling-/ Second-Life-Möglichkeiten sollten entwickelt werden. Zudem sollten bauraumoptimierte Flachspeicher mit geringerem Durchmesser, aber gleicher Nutzfläche beforscht und entwickelt werden. Gleiches gilt für Behälter aus nachhaltigen CO<sub>2</sub>-armen Kunststoffen. Mögliches weiteres Entwicklungsfeld ist zuletzt die erweiterte Zustandsüberwachung von Tanks durch verbesserte Sensorik. Hierzu sollte auch die Überwachung von möglichen Verunreinigungen im Wasserstoffgas Berücksichtigung finden. Wechselwirkungen mit möglichen Verunreinigungen und der Innenbeschichtung des Tanks sowie die Akkumulation von Verunreinigungen sollten ausgeschlossen werden, um Schädigungen des Tanks und des nachgelagerten Brennstoffzellensystems zu verhindern. Generell gilt, dass sämtliche Tanks weltweit einheitlich zertifiziert werden sollten.

## 1.2 (KOMPRIMIERTER) FLÜSSIGER WASSERSTOFF (LH<sub>2</sub>, CCH<sub>2</sub>)

**Sachstand:** Eine Alternative zu gasförmigem Wasserstoff stellen flüssiger Wasserstoff (LH<sub>2</sub>) und komprimierter flüssiger Wasserstoff (CCH<sub>2</sub>) dar. Sie weisen eine deutlich höhere Energiedichte auf, gehen mit einer höheren Wasserstoffreinheit einher und ermöglichen eine Bauraumreduzierung der Transportbehälter. Letzteres ist insbesondere beim Lastverkehr von Vorteil. Allerdings muss Wasserstoff bei der Verflüssigung auf niedrige Temperaturen (LH<sub>2</sub>: < -253 °C; CCH<sub>2</sub>: -220 °C) heruntergekühlt werden. Die dafür notwendige Technologie leitet sich von der LNG-Technologie ab, muss jedoch ca. 100 K niedrigere Temperaturen realisieren. Die für das Herunterkühlen benötigte Energie wird bei der Expansion zu H<sub>2</sub>-Gas teilweise zurückgewonnen. Im Vergleich zum gasförmigen Transport werden beim Flüssigtransport höhere Anforderungen an die gesamte Kette von Erzeugung über Verteilung bis hin zur Lagerung gestellt.

**Handlungsempfehlungen: Forschungs- und Entwicklungsbedarfe:** Alle Einzelkomponenten des Wasserstoff-Flüssigtransports (beispielsweise Kompressoren, Turbinen, Armaturen, Pumpen, Tankschiffe, Ladesysteme) müssen in der Produktion skaliert und optimiert werden. Im Rahmen dessen sollten wegen höherer Effizienz Wasserstoffverflüssigungsanlagen mit gegenüber heute höherer Kapazität entwickelt werden. Gleichsam sollte die Entwicklung von kombinierten Wasserstofferzeugungs- und verflüssigungsanlagen erfolgen, die direkt an Solar- oder Windparks (insbesondere Offshore) gekoppelt sind. Zuletzt sollten Anlagen entwickelt werden, die flüssigen Wasserstoff dynamisch und direkt auf See erzeugen. Für den Transport braucht es die Entwicklung größerer Flüssiggasbehälter. Regulatorisch gilt es, Tonnage-Grenzen für den Transport und Zulassungskriterien für große Kugeltanks zu klären.

## 2 BETANKUNG

### 2.1 TANKSYSTEME

**Sachstand:** Sowohl Bahn- als auch Straßenfahrzeuge werden heute nahezu ausschließlich mit gasförmigem Druckwasserstoff betankt (Pkw: 70 MPa, Bahn, Busse und Lkw: 35 MPa). Das Betankungssystem, der Anschluss und die Kommunikation mit der Zapfsäule sind für Pkw weitgehend standardisiert.

**Handlungsempfehlungen: Forschungs- und Entwicklungsbedarfe:** Auch für Lkw sollte eine Einigung auf eine Wasserstoffnorm (und bei Druckbetankung auf ein Druckniveau) erfolgen. Durch Materialforschung zu Fahrzeugtanks sollte die technisch zulässige Wasserstofftemperatur im Tank erhöht werden, um den Energieverbrauch für Kühlung zu minimieren. Die technische Kommunikation zwischen Tankstelle und Fahrzeug sollte standardisiert werden. Für bestmögliche Betankung sollten dabei Fahrzeugparameter wie Tankgröße, Fahrzeugtyp und Druck im Fahrzeug sicher übertragen werden. Zudem sollten international standardisierte Betankungsprotokolle für Lkw entwickelt und umgesetzt werden.

### 2.2 TANKSTELLEN

**Sachstand:** Deutschland verfügt aktuell mit rund 100 Tankstellen für Pkw, etwa 20 für Lkw und Busse und zwei für den Bahnverkehr über das am besten ausgebaute Netz in Europa. Es ist jedoch davon auszugehen, dass dieses Netz für den Aufbau des Schwerlastverkehrs erheblich ausgeweitet werden muss – wobei mobile Tankstellen eine sinnvolle Brücke bilden könnten. Heute erfolgt die Belieferung von Wasserstofftankstellen meist über Trailer. Die günstigste Alternative stellt die Anbindung an eine Wasserstoffpipeline dar (Infrastruktur noch fehlend). Eine weitere Option ist die Produktion des Wasserstoffs an der Tankstelle.

**Handlungsempfehlungen: Forschungs- und Entwicklungsbedarfe:** Für einen schnellen, kosteneffizienten Ausbau des Tankstellennetzes sollten Typstandardisierungen der wesentlichen Baugruppen oder sogar kompletter Tankstellenkonzepte erfolgen. Zudem sollten Zulassungsvoraussetzungen für Tankstellen mindestens europaweit harmonisiert werden, sodass sie für alle Verkehrsträger geeignet sind. Genehmigungsverfahren für Tankstellen sollten standardisiert und vereinfacht werden. Für eine Bündelung von Wasserstoffangebot und -nachfrage sollten Wasserstoff-Hubs initiiert werden, die von mehreren Verkehrsträgern (mindestens Bahn und Schwerlastverkehr, idealerweise auch Schifffahrt) und gegebenenfalls Industrieverbrauchern genutzt werden. Dazu sollten Busflotten, Bahninfrastruktur, Car-Parks und Tankstellen zusammen geplant werden. Eine solche Bündelung würde eine Belieferung durch Wasserstoffpipelines erst lohnend machen. Wasserstoff-Hubs sollten vor allem dort entstehen, wo entweder Wasserstoff in großen Mengen hergestellt werden kann (beispielsweise in norddeutschen Ballungsräumen) oder absehbar in großen Mengen verbraucht wird (beispielsweise im Ruhrgebiet).

### 3 BAHN

**Sachstand:** Im Bahnverkehr kommen bereits heute Fahrzeugsysteme einiger europäischer Hersteller zum Einsatz, die auf bewährte Nahverkehrszug-Plattformen aufsetzen. Diese Schienenfahrzeuge sind in der Enderprobung und teilweise bereits im Einsatz. Sie gelten als idealer Ersatz für heutige Dieselfahrzeuge auf langen, nicht elektrifizierten Strecken. Lokomotiven mit höheren Leistungen für andere Einsatzzwecke sind in Planung. Die hervorragende Planbarkeit und die großen Verbrauchsmengen, die (relative) Ortsgebundenheit und die hohe Langlebigkeit von 30 Jahren oder mehr machen Schienenfahrzeuge zu einer idealen Hochlaufanwendung für Wasserstoff.

**Handlungsempfehlungen: Forschungs- und Entwicklungsbedarfe:** Aktuell bestehen wenig Kooperationschnittstellen zwischen Schwerlastverkehr und Bahn in puncto Bordtechnologie und Tankinfrastruktur. Wegen ähnlicher Anforderungen sollten eine engere Kooperation und Wissenstransfer initiiert werden. Zudem sollte eine Betankung von Zügen mit Flüssigwasserstoff und LOHC weiterentwickelt und getestet werden. Bestehende Drucktanksysteme sollten verbessert werden, um höhere Kapazitäten zu ermöglichen. Ebenso sollten Betriebskonzepte getestet werden, in denen Züge häufiger als wöchentlich (derzeitiger Turnus) betankt werden. Dadurch könnten Kapazitätsgrenzen der Tanks begegnet werden. Zum schnellen Aufbau der Infrastruktur sollten zudem mobile Tankstellenkonzepte, der Anschluss an Wasserstoff-Hubs (siehe 2.2) und Wasserstofferzeugung vor Ort aus Oberleitung getestet werden.

**Bei Interesse oder Rückfragen wenden Sie sich bitte an:**

Leitstelle Wasserstoff

E-Mail: [info@leitstelle-nws.de](mailto:info@leitstelle-nws.de)

Internet: [www.wasserstoffrat.de](http://www.wasserstoffrat.de)



### DER NATIONALE WASSERSTOFFRAT

Mit der Verabschiedung der Nationalen Wasserstoffstrategie hat die Bundesregierung am 10. Juni 2020 den Nationalen Wasserstoffrat berufen. Der Rat besteht aus 26 hochrangigen Expertinnen und Experten der Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft, die nicht Teil der öffentlichen Verwaltung sind. Die Mitglieder des Wasserstoffrats verfügen über Expertise in den Bereichen Erzeugung, Forschung und Innovation, Dekarbonisierung von Industrie, Verkehr und Gebäude/Wärme, Infrastruktur, internationale Partnerschaften sowie Klima und Nachhaltigkeit. Der Nationale Wasserstoffrat wird geleitet durch Katherina Reiche, Parlamentarische Staatssekretärin a. D.

Aufgabe des Nationalen Wasserstoffrats ist es, den Staatssekretärsausschuss für Wasserstoff durch Vorschläge und Handlungsempfehlungen bei der Umsetzung und Weiterentwicklung der Wasserstoffstrategie zu beraten und zu unterstützen.

◆ **Kontakt: [info@leitstelle-nws.de](mailto:info@leitstelle-nws.de), [www.wasserstoffrat.de](http://www.wasserstoffrat.de)**