

WASSERSTOFFTRANSPORT AUF DER SCHIENE

Marktuntersuchung von DB Netz AG & SRP Consulting AG

(August 2022)

Schienentransport als entscheidender Faktor des Wasserstoffhochlaufs

Wirtschafts- und Industrieverbände sind sich des bevorstehenden Wasserstoffbooms in Deutschland inzwischen sicher. Immer mehr in Verbänden organisierte Unternehmen verfolgen ambitionierte Wasserstoffstrategien und fordern von der Politik, deren Umsetzung noch entschlossener zu unterstützen. Ebenso bekräftigen die beteiligten Bundesministerien für Wirtschaft und Klimaschutz sowie Digitales und Verkehr die Intention, auf Basis der Nationalen Wasserstoffstrategie gesetzliche Grundlagen zu schaffen und finanzielle Mittel unbürokratisch zur Verfügung zu stellen.

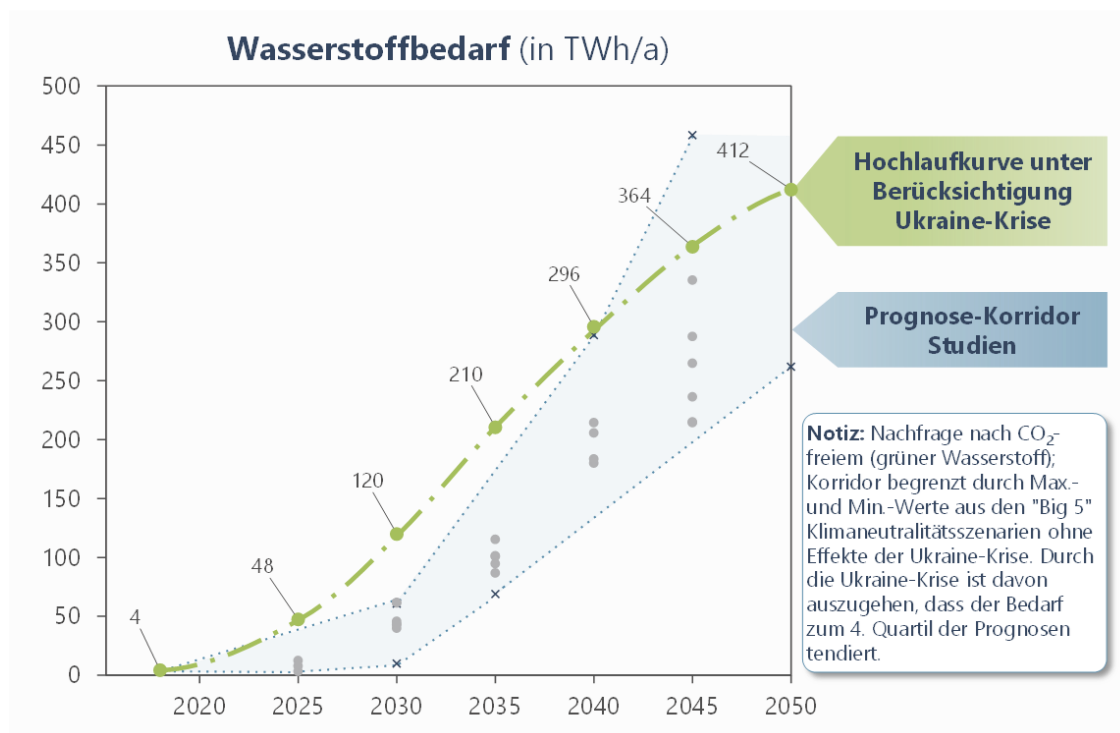


Abbildung 1: Nachfrage nach grünem Wasserstoff bis 2050¹

SRP Consulting und die DB Netz AG bestätigen diese Prognose aus der gemeinsamen „Marktuntersuchung Wasserstofftransport auf der Schiene“ heraus: Vielerorts stehen die Zeichen in Unternehmen auf der nachhaltigen Transformation durch Wasserstoff. Der schnelle Hochlauf der Wasserstoffindustrie, der sich daraus für die kommenden Dekaden ergibt, wird durch Maßnahmenpläne aus Politik und verbrauchender Industrie bestätigt. Die Auswirkungen des Ukrainekriegs auf die Weltwirtschaft haben durch das Streben nach Unabhängigkeit von russischen Energieträgern einen höheren zeitlichen Druck und damit einen schnelleren Anstieg der Wasserstoffnachfrage zur Folge. Die lokale Produktion von grünem Wasserstoff auf Basis eines starken Ausbaus der Erneuerbaren hierzulande ist Teil

¹ Ariadne-Projekt des Bundesministeriums für Forschung und Bildung

der Strategie, wird den Bedarf aber nur anteilig decken können. Aus der Anforderung, grünen Wasserstoff bereitzustellen, entstehen Herausforderungen für den Energiesektor, die mittlerweile fester Bestandteil der öffentlichen Debatte sind. Die Lösungssuche ist global angelegt und führt in die Länder mit den besten Bedingungen für Wind- und Solarenergie. Hinzu kommt eine große Herausforderung, die lokal zu lösen ist, im Diskurs jedoch selten vorkommt: Wie wird der Wasserstoff von einer Vielzahl von Quellen sicher an eine noch größere Zahl von Verbrauchern transportiert?

In der Folge droht der Transport ein „Bottle-Neck“ in der grünen Transformation der Industrie zu werden.

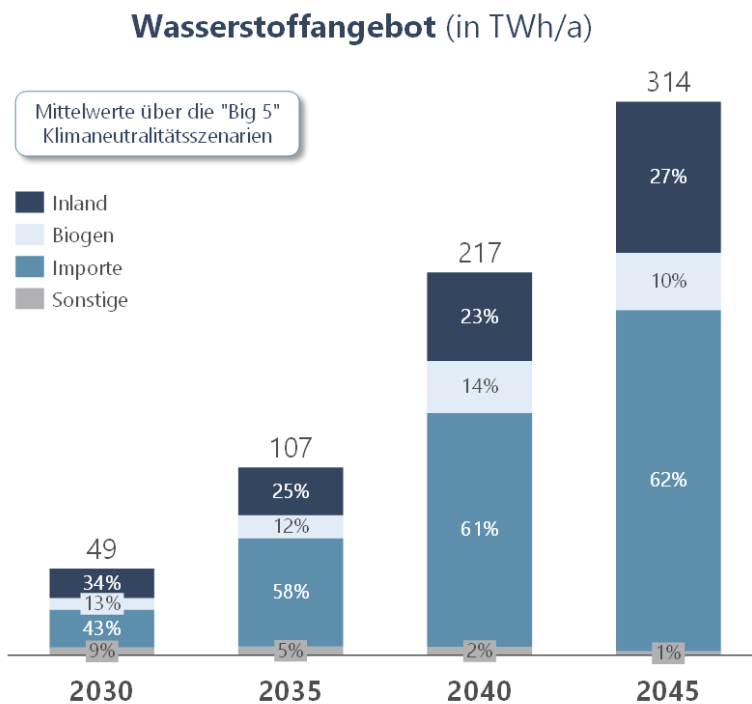


Abbildung 2: Hochlauf Wasserstoffangebot bis 2045²

Die zukünftigen Wasserstoffnachfrager, die Wasserstoff in industriellem Maßstab verbrauchen, sind über ganz Deutschland verteilt. Eine Versorgung dieser dezentralen Abnehmer durch lokale Elektrolyse ist nicht im erforderlichen Umfang möglich, weshalb Importe die Angebotslücke schließen werden. Der Großteil dieser Importe wird Deutschland über die nationalen sowie die niederländischen und belgischen Häfen erreichen. Die entstehenden Relationen ergeben eine Transportaufgabe, für die der Verkehrsträger Schiene als nötige Ergänzung zur Pipeline bestens geeignet scheint. Um diese Eignung nachzuweisen und das Potential der Schiene genauer beschreiben zu können, wurde die gemeinsame Marktuntersuchung der Projektpartner SRP Consulting AG und DB Netz AG aufgesetzt. Oberste Prämisse im Projekt war, durch Einbeziehung der wichtigsten Marktteilnehmer, Erkenntnisse für eine schnelle Umsetzung zu erarbeiten. Neben einer Onlinebefragung von 1.368 Gleisanschließern in Deutschland fand ein intensiver Austausch mit Stakeholdern möglicher Umsetzungsprojekte statt: von Wasserstoffherzeugern, über Hersteller der nötigen

² Ariadne-Projekt des Bundesministeriums für Forschung und Bildung

Transporttechnik und Eisenbahnverkehrsunternehmen sowie Betreibern von Terminals bis hin zu Wasserstoffverbrauchern. Die Aktualität des Themas zeigt sich in der hohen Rücklaufquote von knapp über 20 Prozent und fünf Prozent der antwortenden Unternehmen, die heute bereits Wasserstofflieferungen erhalten. Auf die steigende Relevanz weist der Anteil von 25 Prozent der Unternehmen hin, die bereits eine spezifische Wasserstoff-Strategie verfolgen.

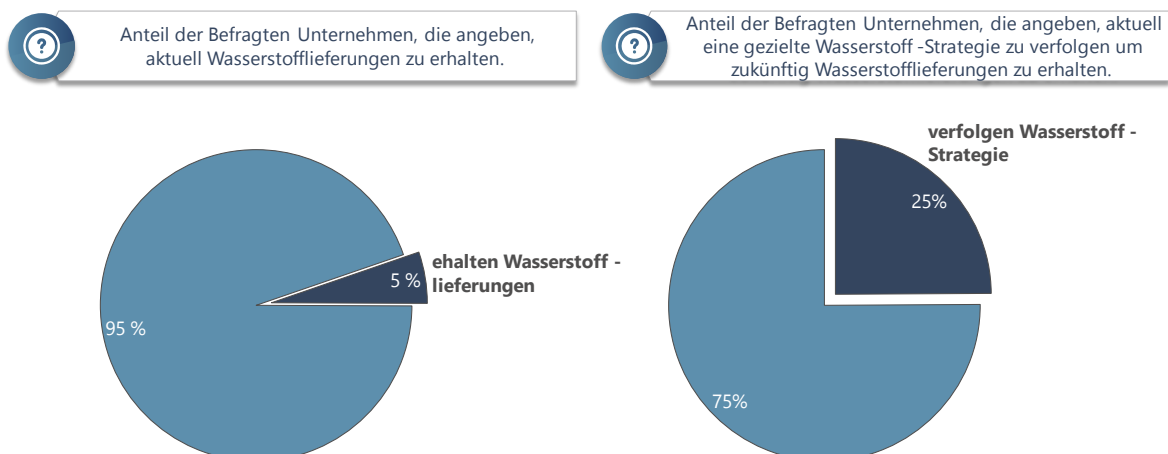


Abbildung 3: Befragung unter den Gleisanschließern der DB Netz AG, n = 281; Befragungszeitraum April 2022

„Rollende Pipeline“ auf der Schiene

Der unmittelbar assoziierte Verkehrsträger für Gastransporte des beschriebenen Gesamtvolumens ist die Pipeline. Wasserstoffpipelines existieren jedoch zum heutigen Zeitpunkt nur in Fragmenten zwischen einigen Chemieparks im Osten und Westen Deutschlands. Der Aufbau einer flächendeckenden Pipelineinfrastruktur wird häufig als kurzfristig machbar dargestellt, ist aber aufgrund verschiedener Herausforderungen nicht rechtzeitig zu leisten, um der schnell wachsenden Wasserstoffnachfrage Rechnung zu tragen.

- **Umwidmung:**
Auch wenn die Stahlrohrqualität bestehender Erdgaspipelines meist den Transport des flüchtigsten aller Moleküle zulässt, gibt es technische Herausforderungen, welche die Anlagenperipherie an Start- und Endpunkt von Pipelines betreffen.
- **Verfügbarkeit:**
Das bestehende Erdgasnetz wird weiterhin benötigt und eine abwechselnde Nutzung für reine Gase ist nicht möglich.
- **Neubau:**
Der somit vielerorts erforderliche Neubau ist vergleichbar mit der andauernden Stromtrassen-Problematik und aufgrund von Flächennutzungsaufgaben, welche die Sicherheit, Umwelt und Bebauung betreffen, äußerst langwierig. Bestehende Korridore würden solche Projekte vereinfachen, sind aber nur unzureichend ausgewiesen.

- **Verästelung:**

Auch ein langfristig, gemäß den Planungen großer Versorger, ausgebautes Pipelinennetz wird nicht an die flächendeckende Verästelung des deutschen Schienennetzes heranreichen und eine sinnvolle Ergänzung durch andere Verkehrsträger erfordern.

Der bisher genutzte Verkehrsträger Straße funktioniert für die Wasserstoffwirtschaft im Jahr 2022: Die zu transportierenden Mengen sind noch gering und aufgrund der Erprobungscharakteristik wird die Anforderung einer ganzheitlich CO₂-minimierten Wertschöpfungskette ausgeblendet. Diese bisher gerechtfertigten Nachlässigkeiten der Innovations- und Förderphase werden dauerhaft nicht mit den Klimazielen, zu denen der Wasserstoff einen so wichtigen Beitrag leisten kann, vereinbar sein. Der politische Druck, die LKW-Flut auf den Autobahnen zu reduzieren und eine reale Verkehrswende herbeizuführen, steigt täglich. Die Betriebssicherheit der Schiene erfüllt darüber hinaus die Anforderung, Gefahrstoffe auf dem risikoärmsten Verkehrsträger zu befördern. Ab einer gewissen Transportdistanz ist demnach anzustreben, Wasserstofftransporte die (noch) nicht über die Pipeline geführt werden können, über die Schiene abzuwickeln. Durch Kombination dieser Eigenschaften kann die Schiene das drohende „Bottle-Neck“ beim Wasserstofftransport verhindern – und zwar ganz im Sinne der angestrebten Verkehrswende.

Der prognostizierte Hochlauf würde einen relevanten Mehrverkehr auf der Schiene bedeuten und zu erwartende Verluste durch sukzessive wegfallende Transporte fossiler Energieträger kompensieren. Gegenüber dem Straßenverkehr könnten Energieverbrauch und damit einhergehend der CO₂-Ausstoß um ein Vielfaches reduziert werden. Die zu erwartende Dezentralität der Verbraucher birgt das Potential, die Transportaufkommen insbesondere auf weniger stark ausgelastete Netzabschnitte zu verteilen.

Prognose Potentiale (für das Jahr 2035)

~**19.000** Ganzzugäquivalente*: 

~**620.000** t CO₂-Einsparung: 

* Aggregiertes Mehrverkehrspotential aus Ganzzug- & Einzelwagenverkehren auf Basis realistischer Annahmen zu Transportanteilen Schiene, Verteilung Transporttechnologien etc.

Abbildung 4: Potentiale in Ganzzugäquivalenten & CO₂-Einsparung Transport via Zug ggü. LKW

Dabei kann der Schienenverkehr mit seinen Transportarten Ganzzug-, Einzelwagen- und Intermodalverkehr eine sehr weite Spanne von Transportvolumina, Belieferungsfrequenzen und sogar stofflicher Beschaffenheit des Wasserstoffs abdecken. Während der letzte Punkt im weiteren Verlauf näher beleuchtet wird, ist die Flexibilität der „rollenden Pipeline“ die benötigte Antwort auf die Heterogenität der zu erwartenden Verbraucherlandschaft.

Intelligentes Transportnetz für nachhaltige Transformation



Abbildung 5: Identifizierte potenzielle Quellen und Senken für Wasserstofftransporte³

Die Darstellung zeigt zum einen eine Auswahl der Standorte jener Industrien, die aufgrund ihres hohen Energiebedarfs als Wasserstoffsinken in einem relevanten Maßstab in Betracht kommen. Aufgeführt sind neben der in diesem Kontext medienpräsenten Stahl-/Metallindustrie auch die Chemieindustrie samt Raffinerien sowie Zement-, Glas-, und Papierindustrie. Die Standorte dieser Branchen liegen in relevanter Anzahl über Deutschland verteilt und haben die Gemeinsamkeit energieintensiver Produktionsprozesse, in denen Wasserstoff durch unterschiedliche technologische Einsatzmöglichkeiten fossile Energieträger ersetzen kann. Zum anderen zeigt die Darstellung die Quellen in Form der bereits beschriebenen Importhäfen und lokaler Produktionsanlagen, größtenteils Elektrolyseure, von denen sich viele aktuell noch im Planungsstadium befinden. Das so entstehende Bild zeigt eine stark ausgeprägte Dezentralität, die eine Vielzahl abzudeckender Relationen zur Folge hat. Große zukünftige Wasserstoffproduzenten und -verbraucher sind durch das dichte deutsche Schienennetz und die Existenz von Gleisanschlüssen in vielen industriellen Anlagen direkt an die Verteilungsinfrastruktur angebunden.

Für Wasserstoffverbraucher, die nicht direkt an das Schienennetz angebunden sind, bietet der Intermodalverkehr mit dem Transfer vom Zug auf den LKW für die „letzte Meile“ eine Anlieferungsstrategie, die bis zu 90% des CO₂-Ausstoßes im Vergleich zum Straßentransport einspart.⁴

Technisch machbar und bereit zur Pilotumsetzung

Die notwendigen Transporttechnologien sind bereits verfügbar oder in einem Entwicklungsstadium, das lediglich auf den Anstoß der ersten Pilotprojekte wartet, um final

³ Branchensteckbriefe Bundesministerium für Wirtschaft & Energie

⁴ D-Fine im Auftrag der International Union for Road-Rail Combined Transport (2021)

für den Schienentransport zugelassen zu werden. Im Rahmen der durchgeführten Marktuntersuchung wurden die folgenden fünf Technologien betrachtet:

Gasförmig	Ammoniak	Methanol	LOHC*	Tiefkalt verflüssigt
MEGC* auf Flachwagen	Kesselwagen	Kesselwagen	Kesselwagen	Kryotankwagen
› Niedrige Transportdichte	› Mittlere Transportdichte	› Mittlere Transportdichte	› Mittlere Transportdichte	› Hohe Transportdichte
› Tank- und Wagenmaterial marktreif	› Tank- und Wagenmaterial in Nutzung und kostengünstig	› Tank- und Wagenmaterial in Nutzung und kostengünstig	› Tank- und Wagenmaterial in Nutzung und kostengünstig	› Tank- und Wagenmaterial in Entwicklung
› Relativ hohe MEGC-Kosten	› Aufwändige Peripherietechnik (Cracking-Prozesse)	› Aufwändige Peripherietechnik (Cracking-Prozesse)	› Trägeröle noch nicht im industriellen Maßstab verfügbar	› Energieintensive Kühlprozesse (ca. -250 °C)
› Relativ geringe Kosten Peripherietechnik				› Relativ geringe Kosten Peripherietechnik
<small>* Multiple Element Gas Container</small>			<small>* Liquid Organic Hydrogen Carriers</small>	

Abbildung 6: Technologievergleich Wasserstofftransport auf der Schiene

Aus den unterschiedlichen Stärken-Schwächen-Profilen folgt der Schluss, dass all diese Transporttechnologien relevant sind und sich ihre Nutzung eher in Zeitpunkt und Anwendungsfall unterscheidet. Einzig der Transport von in Methanol gelöstem Wasserstoff scheint im großen Maßstab wenig sinnvoll, da der Heizwert des Methanols den des reinen Wasserstoffs überschreitet und sich dadurch – wo möglich – die direkte Verwendung an Stelle des aufwändigen Cracking-Prozesses zur Wasserstoffextraktion empfiehlt.

Es ist an den Marktteilnehmern des Schienenverkehrs – Eisenbahnverkehrs- und Infrastrukturunternehmen, Tank- und Waggonhersteller sowie Terminalbetreibern und Häfen – die Kräfte zu bündeln und den entstehenden Markt proaktiv zu bearbeiten. Lässt man die Etablierung anderer Verkehrsträger in Innovationsmärkten erst einmal zu, ist die Verlagerung zu einem späteren Zeitpunkt ungleich schwieriger.

Im nächsten Schritt sind Pilotprojekte unter Einbeziehung von Wasserstoffproduzenten oder -importeuren und entsprechenden Verbrauchern erforderlich, welche die Machbarkeit, die betrieblichen Vorteile und auch die Herausforderungen des Praxiseinsatzes rechtzeitig aufzeigen. Zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit sind – wie in anderen Verkehrsbereichen praktiziert – Anstoßsubventionen zuträglich, um Kostenhürden für das Rollmaterial im initialen Stückzahlkorridor zu überwinden. Unabhängig von wirtschaftspolitischen Maßnahmen sind Kooperationen der genannten Stakeholdergruppen erforderlich, um die Schiene als Lösungsbestandteil des Transportproblems für eine ganzheitlich nachhaltige Wasserstoffwirtschaft zu etablieren. Im Projekt der SRP Consulting AG und der DB Netz AG berichteten erste große Industrieunternehmen in konstruktiven Gesprächen von konkreten Plänen, den Zug der grünen Industrietransformation ins Rollen zu bringen.