

Whitepaper veröffentlicht von



Dekarbonisierung des Schwerlastverkehrs und Beschleunigung der europäischen Wasserstoffwirtschaft

Inhaltsverzeichnis

Über uns	04
Zusammenfassung	05
Kapitel Eins: Wie der LKW-Verkehr die Wasserstoff-Revolution in Europa anführen kann	06
Warum der LKW-Verkehr die Wasserstoff-Revolution in Europa anführen sollte	09
Potenzial zur Emissionssenkung	09
Skalierung des Marktes für einen kohlenstoffarmen Wasserstoff-Schwerlastverkehrssektor	11
Staatliches Handeln ist notwendig	12
Kapitel Zwei: H2 Energy: Europas erstes Wasserstoff – Ökosystem für den LKW-Verkehr	14
Kapitel Drei: Politische Einblicke aus Deutschland, den Niederlanden und dem Vereinigten Königreich	20
Deutschland	21
Die Niederlande	22
Das Vereinigte Königreich	23
Kapitel Vier: Schaffung eines Wasserstoff-Ökosystems für den LKW-Verkehr	24
Referenzen	26



Haftungsausschluss

Diese Veröffentlichung wurde als allgemeine Orientierungshilfe zu Angelegenheiten von Interesse erstellt und stellt keine professionelle Beratung dar. Sie sollten nicht auf Grundlage der in dieser Veröffentlichung enthaltenen Informationen handeln, ohne eine spezielle professionelle Beratung erhalten zu haben. Obwohl angemessene Anstrengungen unternommen wurden, um die Richtigkeit des Inhalts dieser Veröffentlichung zu gewährleisten, werden keine Garantien oder Zusicherungen (ausdrücklich oder stillschweigend) hinsichtlich der Richtigkeit, Aktualität oder Vollständigkeit der in dieser Veröffentlichung enthaltenen Informationen gegeben. Die hierin enthaltenen Informationen, Instrumente und Materialien dienen ausschließlich zu Informationszwecken und dürfen nicht als Angebot oder Aufforderung zum Verkauf oder als Angebot oder Aufforderung zum Kauf oder zur Zeichnung von Wertpapieren, Anlageprodukten oder sonstigen Finanzinstrumenten verwendet oder betrachtet werden. Diese Publikation stellt in keiner Weise eine finanzielle oder sonstige professionelle Beratung dar, und Trafifigura, seine Mitglieder, Mitarbeiter oder Vertreter haften unter keinen Umständen für direkte oder indirekte Verluste, Kosten oder Ausgaben oder für Gewinneinbußen, die sich aus dem Inhalt dieser Publikation oder den darin enthaltenen Materialien oder Website-Links oder Verweisen ergeben. Alle ausdrücklichen oder stillschweigenden Garantien oder Darstellungen werden im größtmöglichen gesetzlich zulässigen Umfang ausgeschlossen.



Über uns

H2 Energy Europe

Das globale Rohstoffhandelsunternehmen Trafigura und H2 Energy, ein innovatives Unternehmen im Bereich grüner Wasserstoff, haben im Jahr 2020 eine wirtschaftliche Zusammenarbeit angekündigt, um die Produktion, Speicherung und den Vertrieb von grünem Wasserstoff für Tankstellen und Industriekunden zu entwickeln. Durch das Joint Venture **H2 Energy Europe** werden die beiden Unternehmen europaweit in grüne Wasserstoff-Ökosysteme investieren.



H2 Energy wurde in Zürich, Schweiz im Jahre 2014 mit der Vision gegründet, den Klimawandel zu bekämpfen. Das Kerngeschäft besteht darin, weltweit Wasserstoffsystem-Lösungen und Ingenieurleistungen im Bereich der Brennstoffzellen- und Wasserstoffapplikationen anzubieten (direkt oder über ihre Tochtergesellschaften). Dazu gehören die Entwicklung, die Implementierung und der Betrieb von Ökosystemen, die auf grünem Wasserstoff basieren. Die Aktivitäten von H2 Energy haben immer einen kommerziellen Fokus und werden entweder unabhängig oder durch Investitionen in oder Partnerschaften mit anderen Unternehmen ausgeführt, die die Vision und Ziele von H2 Energy teilen.

www.h2energy.ch



Gegründet im Jahre 1993, ist Trafigura eine der größten physischen Rohstoffhandelsgruppen der Welt. Trafigura beschafft, lagert, transportiert und liefert eine Reihe von Rohstoffen (einschließlich Öl und raffinierte Produkte sowie Metalle und Mineralien) an Kunden auf der ganzen Welt und hat vor kurzem einen Geschäftsbereich für Energie und erneuerbare Energien aufgebaut.

Das Handelsgeschäft wird durch Industrie- und Finanzanlagen unterstützt, darunter eine Mehrheitsbeteiligung an dem weltweit tätigen Zink- und Bleiproduzenten Nyrstar, mit Bergbau- Schmelz- und anderen Betrieben in Europa, Amerika und Australien; eine signifikante Beteiligung an dem weltweit tätigen Unternehmen für die Lagerung und den Vertrieb von Ölprodukten Puma Energy; dem weltweit tätigen Betreiber von Terminals-, Lager- und Logistikeinrichtungen Impala Terminals; der Trafigura Mining Group und Galena Asset Management.

Das Unternehmen befindet sich in Besitz von ungefähr 850 seiner 8 619 Mitarbeitern, die in 88 Büros in 48 Ländern auf der ganzen Welt tätig sind. Trafigura hat in den letzten Jahren ein beträchtliches Wachstum erzielt: der Umsatz stieg von 12 Mrd. USD im Jahr 2003 auf 147,5 Mrd. USD im Jahr 2020. Die Gruppe verbindet ihre Kunden seit mehr als zwei Jahrzehnten mit der Weltwirtschaft und steigert den Wohlstand durch die Förderung des Handels.

www.trafigura.com

Zusammenfassung



Kohlenstoffarmer Wasserstoff ist ein reiner, vielseitiger und leistungsstarker Kraftstoff, der das Potenzial hat, fossile Brennstoffe in einer Reihe von Anwendungen zu ersetzen, auch in schwer zugänglichen Sektoren, wie dem Schwerlastverkehr und der Schwerindustrie.



Die Entwicklung eines kohlenstoffarmen Wasserstoff-Versorgungs- und Infrastruktur-Ökosystems für den LKW-Verkehr würde als Katalysator für die Beschleunigung des Wachstums der Wasserstoffwirtschaft insgesamt agieren.



Der Schwerlastverkehr ist ein optimaler Bereich für die Einführung von kohlenstoffarmem Wasserstoff, da er die geringsten Marginalkosten für die Emissionssenkung aufweist.



Die Regierungen müssen schnell eine Reihe von politischen Maßnahmen für kohlenstoffarmen Wasserstoff ergreifen, um dem privaten Sektor Anreize für Investitionen zu bieten und die Einführung von Wasserstoff zu beschleunigen.



H2 Energy ist ein Vorreiter bei der Einführung von grünen Wasserstoff-Ökosystemen für den LKW-Verkehr, von welchen das erste derzeit in der Schweiz in Betrieb ist.



In diesem Whitepaper werden einige der politischen Maßnahmen zur Unterstützung genannt, die emissionsfreie Wasserstoff-Ökosysteme für den LKW-Verkehr wirksam in Gang bringen können.



Die Umstellung von 10% der Diesel-LKW-Flotte in Europa auf LKW mit Wasserstoff-Brennstoffzellen könnte bis zu 40 Millionen Tonnen Kohlendioxid-Emissionen pro Jahr einsparen.



Die Regierungen müssen sowohl den Investitions- als auch den Betriebsaufwand unterstützen, um die rasche Einführung des Wasserstoff-LKW-Verkehrs zu gewährleisten.

Wie der LKW-Verkehr die Wasserstoff-Revolution in Europa anführen kann



Die Rolle des Wasserstoffs als zentrales Instrument der Dekarbonisierung hat international großes Interesse geweckt. Mehr als 30 Länder haben Wasserstoff-Strategiepläne veröffentlicht, die Industrie hat über 200 Wasserstoffprojekte angekündigt und Regierungen auf der ganzen Welt haben mehr als 70 Mrd. USD an öffentlichen Mitteln zugesagt.¹

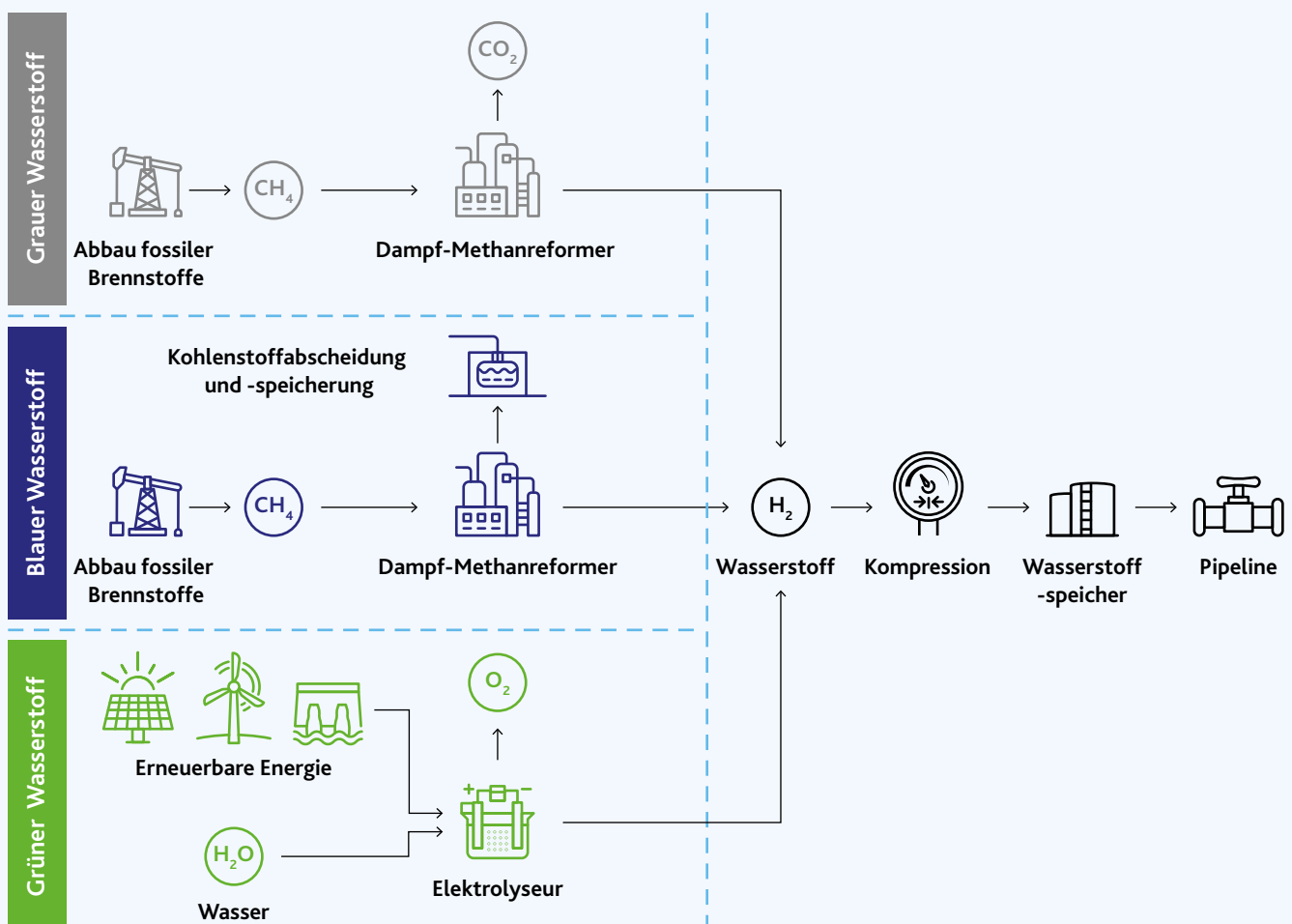
Wasserstoff ist ein einzigartiger, vielseitiger Brennstoff, der in einer Reihe von Applikationen als Ersatz für fossile Brennstoffe verwendet werden kann. Kohlenstoffarmer Wasserstoff gilt inzwischen als wichtiger Energieträger für schwer zugängliche Sektoren – in denen die Dekarbonisierung auf technische, betriebliche und wirtschaftliche Hindernisse trifft, wie z.B. in der Stahlindustrie und im Schwerlastverkehr.

Der heute verwendete konventionelle Wasserstoff ist als grauer Wasserstoff bekannt und wird durch Methandampfpreformierung hergestellt, bei dem Methan (CH_4) in Wasserstoff (H_2) und Kohlendioxid (CO_2) aufgespalten und in die Atmosphäre freigesetzt wird. Es gibt zwei Hauptarten von kohlenstoffarmem Wasserstoff: grüner Wasserstoff, der durch Elektrolyse mit erneuerbaren Energien hergestellt wird und blauer Wasserstoff, der durch die Integration von Kohlenstoffabscheidung und -speicherung in fossilen Wasserstoffproduktionsanlagen erzeugt wird.

Der jährliche Wasserstoffmarkt umfasst derzeit etwa 80 Millionen Tonnen reinen Wasserstoffs, von denen etwa 99% aus Erdgas und Kohle hergestellt werden (grauer Wasserstoff).

¹ Wasserstoff-Ausschuss (Juli 2021) Wasserstoff-Einblicke 2021. Studie des Wasserstoff-Ausschusses, <http://www.hydrogencouncil.com/en/hydrogen-insights-2021/>

1 Grauer Wasserstoff vs. blauer Wasserstoff vs. grüner Wasserstoff



Heute wird Wasserstoff als Rohstoff vor allem in der Raffinerie- und Chemieindustrie verwendet und ist selbst die Quelle erheblicher Kohlenstoffemissionen: 6% der weltweiten Erdgasproduktion und 2% der weltweiten Kohleproduktion gehen in die Wasserstoffherzeugung. Trafigura schätzt, dass Wasserstoff aus fossilen Rohstoffen für rund 800 Millionen metrische Tonnen CO₂ Emissionen pro Jahr verantwortlich ist, was etwa 2% der globalen, energiebezogenen Emissionen im Jahr 2019 entspricht.²

Es wurden mehrere Anwendungsfälle für kohlenstoffarmen Wasserstoff ermittelt (Siehe Abbildung 2). Dabei hat sich der Einsatz von Wasserstoff-Brennstoffzellen zur Dekarbonisierung des LKW-Verkehrs als besonders effektiv erwiesen. Es wird eine Dekarbonisierung ermöglicht, die mit anderen Mitteln, wie der Elektrifizierung, nur schwer zu erreichen wäre, und das zu geringeren Kosten im Vergleich zu anderen möglichen Applikationen.³

Warum der LKW-Verkehr die Wasserstoff-Revolution in Europa anführen sollte

Die Dekarbonisierung des Schwerlastverkehrs ist für die weltweiten Bemühungen, die Treibhausgasemissionen auf Net Zero zu reduzieren, von entscheidender Bedeutung. In Europa sind Schwerlastkraftwagen für 23% der gesamten Emissionen des Straßenverkehrs verantwortlich, machen aber weniger als 2% der Fahrzeuge auf der Straße aus.⁴ Die Emissionen aus dem Schwerlastverkehr in der EU sind zwischen 2000 und 2018⁵ um 25% gestiegen, und somit schneller als Emissionen von PKW.

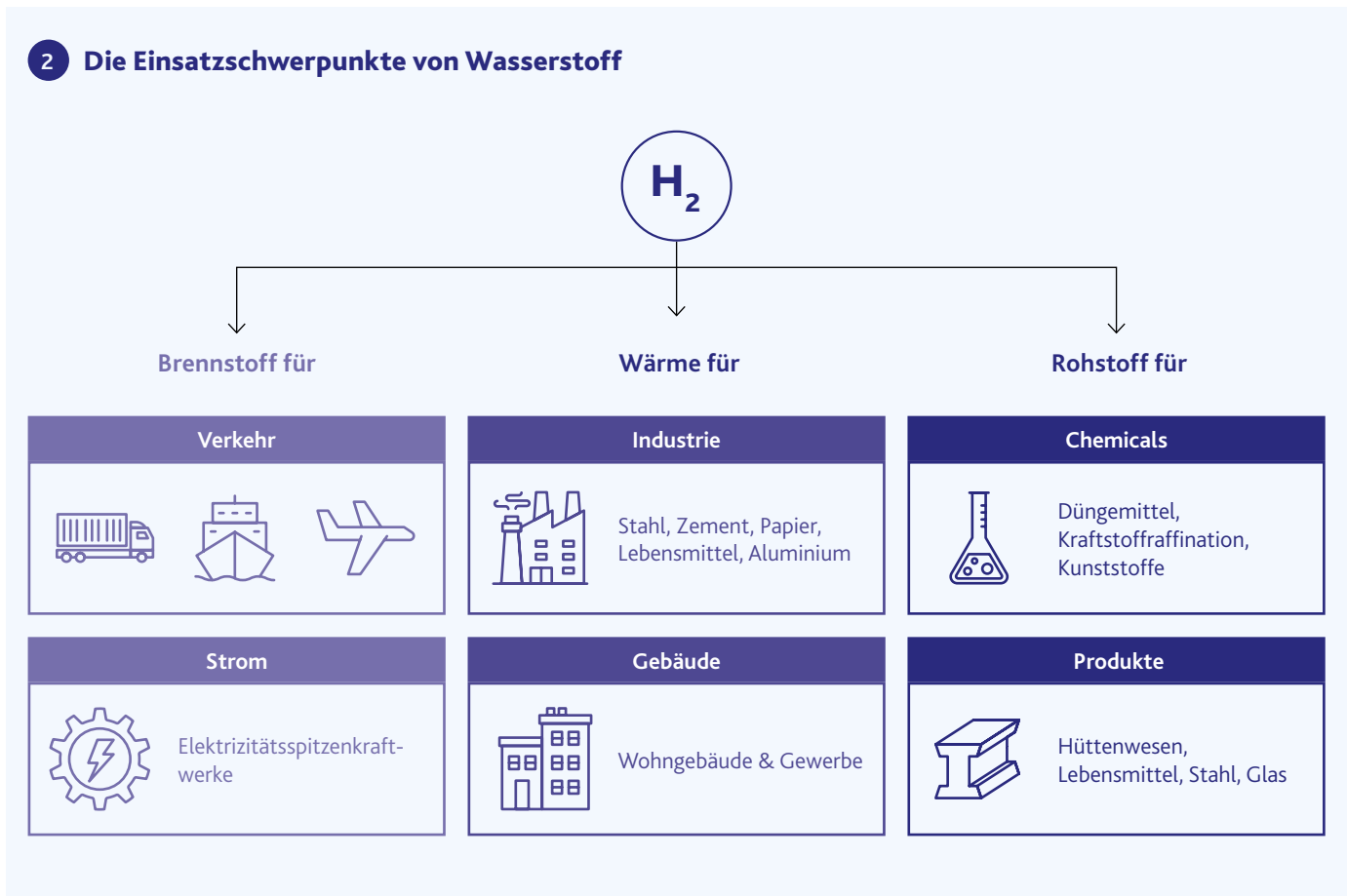
Die Bedingungen, unter welchen LKW eingesetzt werden (lange Strecken, schwere Ladungen, geringe Gewinnspanne und die Notwendigkeit einer schnellen Betankung) schaffen betriebliche Herausforderungen hinsichtlich der Dekarbonisierung des Sektors. Während sich batteriebetriebene Elektrofahrzeuge auf dem Markt für Personenkraftwagen schnell durchsetzen,

2 Internationale Energieagentur (2021) Wasserstoff. Webseite der Internationalen Energieagentur, <http://www.iea.org/fuels-and-technologies/hydrogen>

3 J.P. Morgan Cazenove (Februar 2021) EMEA Wasserstoff: Eine Revolution, die Realismus benötigt; Trennung der Chance vom Optimismus, J.P. Morgan Cazenove report, <https://buyhydrogen.com.au/wp-content/uploads/2021/04/J.P.Morgan-CAZENOVE-EMEA-Hydrogen.pdf>

4 Quelle: Verkehr & Umwelt, Herausforderung im Straßengüterverkehr, <https://www.transportenvironment.org/challenges/road-freight/trucks/>

5 Quellen: Europäische Umweltagentur, Europäischer Verband der Automobilhersteller und Transport & Umwelt.



glauben wir nicht, dass die Umstellung auf die Lithium-Ionen-Batterie-Technologie derzeit für schwere Langstrecken-Lastwagen realisierbar ist. Der Grund dafür ist, dass die erforderliche Batteriegröße die Nutzlast übermäßig einschränken würde und die Aufladezeiten der Batterie zusätzliche betriebliche Einschränkungen mit sich bringen würden. Die bereits auf dem Markt vorhandenen Brennstoffzellen-LKW bieten in Bezug auf die tägliche Reichweite, Betankungszeit und Nutzlastkapazität eine mit dem Diesel-LKW vergleichbare Betriebsleistung. Die Betankungszeit ist mit 10 bis 15 Minuten erheblich schneller als die Zeit, die zum Aufladen der Batterie benötigt wird. Wasserstoff-Brennstoffzellen haben außerdem einen ähnlichen Wirkungsgrad wie Elektrofahrzeuge mit Elektroantrieb. Chemisch gesehen, entspricht die Energiedichte von Wasserstoff 33,6 kWh nutzbarer Energie pro Kilogramm. Das bedeutet, dass ein Kilogramm Wasserstoff, wenn es in einer Brennstoffzelle Einsatz findet, um einen Elektromotor anzutreiben, Energie erzeugt, die ungefähr der einer Gallone Diesel entspricht.⁶

Potenzial zur Emissionsenkung

In Anbetracht der langen Investitionszyklen bei LKW werden jedes Jahr etwa 10% der Schwerlast-LKW-Flotte ausgetauscht. Der Ersatz ausgedienter Diesel-LKW durch Brennstoffzellen-LKW

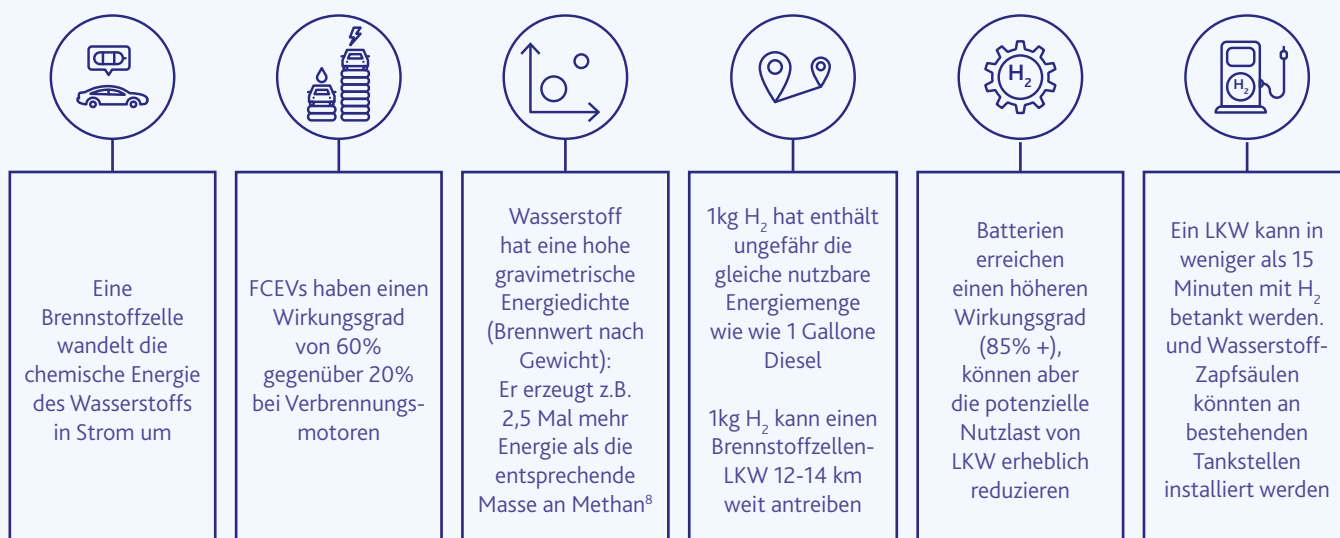
bietet eine sofortige Lösung zur Dekarbonisierung, die bereits heute eingesetzt werden kann. Würden LKW mit Wasserstoff-Brennstoffzellen 10% der LKW-Flotte in der EU ersetzen, ließen sich jährlich ungefähr 42 Millionen Tonnen an CO₂ einsparen (unter der Annahme eines jährlichen CO₂ Fußabdrucks eines Diesel-LKW von ungefähr 68 metrischen Tonnen CO₂ pro Jahr, und einer Größe des LKW-Marktes in Europa von ungefähr 6,2 Millionen LKW).⁷

Das Erreichen der Marktdurchdringung von Brennstoffzellen-LKW bis 2030 ist ein wichtiger Vorläufer für die schrittweise Abschaffung von Dieselmotoren bis 2050 und für die Erreichung der Netto-Null-Ziele. Bedeutende Fortschritte können jedoch nur dann erzielt werden, wenn die politischen Entscheidungsträger ein günstiges wirtschaftliches, finanzielles und behördliches Ökosystem schaffen, das alle Interessenvertreter der Wasserstoff-Wertschöpfungskette unterstützt: LKW-Betreiber und Logistikanutzer, LKW-Originalhersteller (OEMs), Technologieanbieter und Brennstoff- und Infrastrukturanbieter.

6 Molloy, P. (October 2019), 'Mit Wasserstoff-Brennstoffzellen weniger verbrauchen' *Rocky Mountain Institute*.

7 Trafigura Forschung (2021)

Vorteile von Fahrzeugen mit Wasserstoff-Brennstoffzellen (FCEVs) bei der Dekarbonisierung von Lastkraftwagen

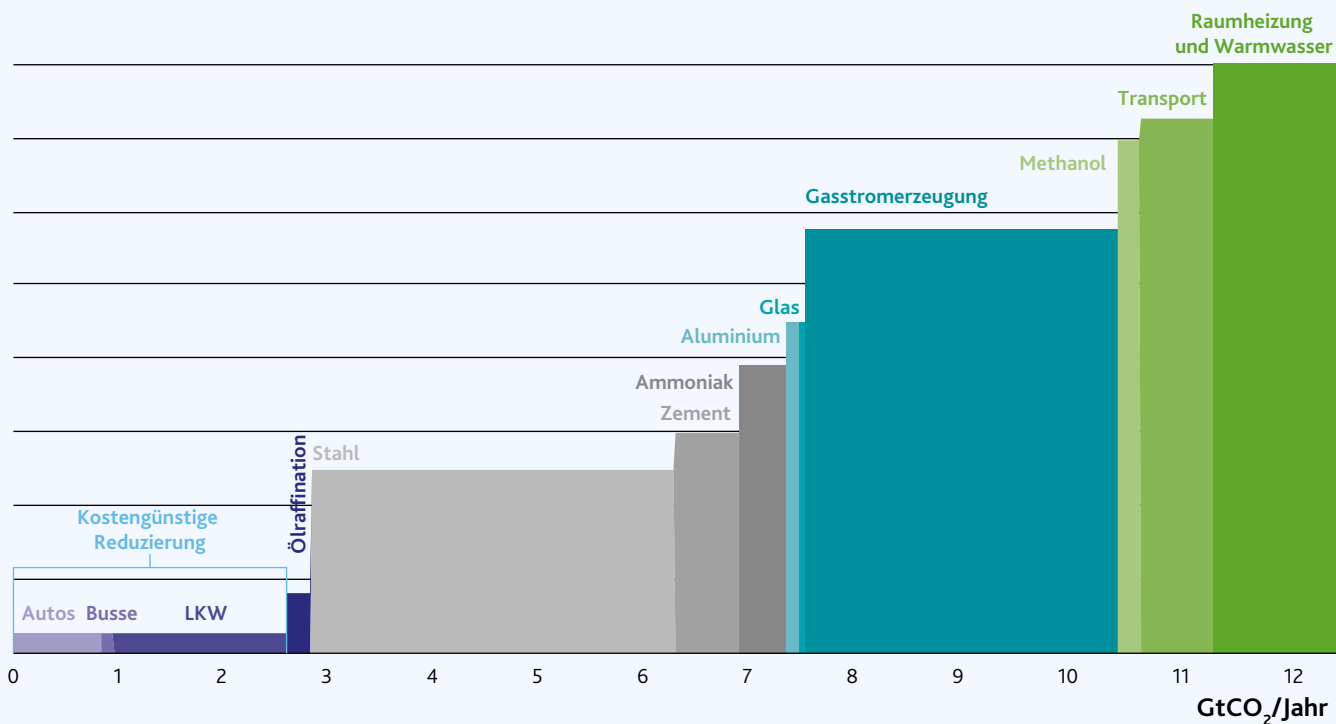


8 Im Gegensatz dazu hat es eine niedrige volumetrische Energiedichte (pro Normkubikmeter), was bei der Lagerung und dem Transport einige Probleme mit sich bringt.

Warum der LKW-Verkehr ein früher Schwerpunkt der Wasserstoffefführung sein sollte

Der LKW-Verkehr ist nur einer von vielen möglichen Anwendungsbereichen für Wasserstoff. Es ist jedoch wirtschaftlich sinnvoll, dem LKW-Verkehr frühzeitig Priorität einzuräumen, da die meisten Marktprognosen darauf hindeuten, dass der LKW-Verkehr eine der ersten Anwendungen sein wird, die bei sinkenden Wasserstoffproduktionskosten wirtschaftlich ist. Wenn Skaleneffekte in diesem Sektor erreicht werden, wird dies den Einsatz von kohlenstoffarmem Wasserstoff in allen Sektoren ermöglichen, die ihn zur Dekarbonisierung benötigen. Der 2020 Hydrogen Economy Outlook (Wasserstoff-Wirtschafts-Ausblick) von Bloomberg zeigt, dass die Grenzkosten der Emissionssenkung bei Verkehrsanwendungen deutlich niedriger sind als bei industriellen Applikationen.

3 Kurve der relativen Grenzkosten der Emissionssenkung durch Wasserstoff nach Sektoren



Quelle: Übernommen von Bloomberg



Skalierung des Marktes für einen kohlenstoffarmen Wasserstoff-Transportsektor

Der LKW-Markt stellt eine wichtige Quelle für die potenzielle Nachfrage nach Wasserstoff dar und bietet eine ebenso große Chance, die Emissionen durch die Senkung des Verbrauchs fossiler Brennstoffe zu reduzieren. Bloomberg NEF schätzt den weltweiten LKW-Markt für Diesel auf 17 Millionen Barrel pro Tag.⁹ Trafigura berechnet, dass, wenn 10% dieser Dieselnachfrage durch Wasserstoff ersetzt würden, dies einen adressierbaren Markt für Wasserstoff von 32 Millionen Tonnen pro Jahr bedeuten würde, was mehr als einem Drittel des bestehenden Weltmarktes für Wasserstoff von 80 Millionen Tonnen entspricht (siehe Abbildung 4)

Um dieses Nachfrageniveau zu erzeugen, müsste eine neue Industrie in der passenden Größenordnung geschaffen werden, mit ihrer eigenen Infrastruktur für Produktion, Transport und Speichermöglichkeiten. Dabei geht es nicht einfach nur um die Erweiterung von bestehender Produktion, denn der heutige Markt wird von kohlenstoffintensivem grauem Wasserstoff dominiert.

Die Sicherstellung von reinerem Wasserstoff bedeutet, dass entweder bestehende Wasserstoffproduktionsanlagen mit Anlagen zur Kohlenstoffabscheidung und -speicherung ausgestattet werden müssen, um die Emissionen zu verringern, oder dass in einem erheblichen Ausbau der Kapazitäten für erneuerbare Energien und Elektrolyseure investiert werden muss, um grünen Wasserstoff zu produzieren. Die Elektrolyse erfordert einen bedeutsamen Energieaufwand – üblicherweise mehr als 50 kWh, um ein Kilogramm Wasserstoff herzustellen. Es handelt sich jedoch nicht um eine im Entstehen begriffene Technologie; die industrielle Elektrolyse wird in anderen Industriezweigen, wie der Aluminiumproduktion seit mehr als einem Jahrhundert eingesetzt. Der Aufbau von Wasserstoff-Ökosystemen für den LKW-Verkehr erfordert auch den Bau von Pipelines, die eine relativ kostengünstige Transportmöglichkeit über begrenzte

Entfernungen bieten sowie spezielle Vertriebsinfrastrukturen, wie z.B. Tankstellen. Da die Maßnahmen zum Klimaschutz in den nächsten Jahren den Erdgasverbrauch reduzieren werden, könnten einige Gaspipelines für den Wasserstofftransport umfunktioniert werden.



⁹ Einschließlich Lieferwagen und leichte, mittlere und schwere LKW, aber keine Busse.

4 Weltweites Wasserstoffmarkt-Potenzial

Anwendung	Gesamte jährliche Marktgröße	Nachfrage nach kohlenstoffarmem Equivalent zu Wasserstoff (Millionen Tonnen)	Nachfrage nach kohlenstoffarmem Wasserstoff mit 10% Penetration (Millionen Tonnen)
Reiner Wasserstoff	80 Millionen Tonnen	80	8
LKW-Verkehr Diesel	6 205 Millionen Barrel*	316	31.6

* Wert von BNEF (17 Millionen Barrel pro Tag).

Staatliches Handeln ist unerlässlich

Grüner und blauer Wasserstoff sind in den Mittelpunkt beispielloser Pläne der Regierung und Investitionen gerückt, wobei mehrere europäische Länder an vorderster Stelle dieser Entwicklung stehen.

Im Juli 2020 veröffentlichte die Europäische Kommission einen strategischen Fahrplan für die Entwicklung einer grünen Wasserstoffwirtschaft. Die Strategie umfasst Unterstützung bei Investitionen, ermöglicht behördliche Rahmenbedingungen, Pläne für Infrastrukturnetzwerke in großem Umfang und Kooperationen mit Partnern aus Drittländern¹⁰ (Siehe Abbildung 5). Die EU strebt eine Elektrolyse-Kapazität von 2x40 GW an, mit der bis zum Jahr 2030 bis zu 10 Millionen metrische Tonnen Wasserstoff in der EU produziert werden können. Die einzelnen EU-Mitgliedstaaten sind für die Einführung und Umsetzung von Richtlinien für die EU-Wasserstoffstrategie verantwortlich. Die Mitgliedstaaten befinden sich auf unterschiedlichen Fortschrittsebenen, aber die meisten haben im Rahmen ihrer Klimabemühungen Pläne für kohlenstoffarmen Wasserstoff verabschiedet.

Weitere Maßnahmen sind im EU-Paket "Fit for 55" enthalten, das politische Vorschläge enthält. Das Paket enthält Pläne zur

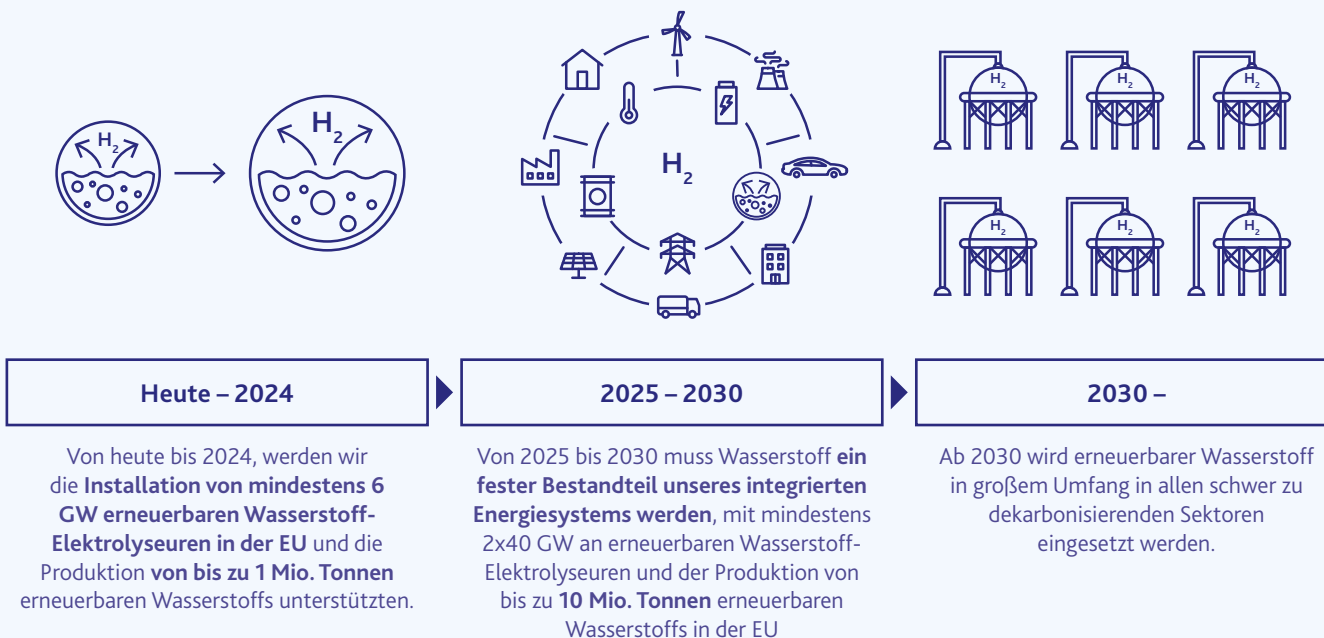
Beschleunigung des Ausbaus der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe, einschließlich des Ziels, Wasserstofftankstellen für schwere und leichte Nutzfahrzeuge in Abständen von höchstens 150km entlang der europäischen Autobahnen aufzustellen. Die Prognosen der EU sehen voraus, dass der Anteil von Wasserstoff am europäischen Energiemix von derzeit weniger als 2% auf 13 bis 14% im Jahr 2050 steigen soll. Dies könnte in Europa bis 2050 kumulative Investitionen in grünen Wasserstoff in Höhe von 180 bis 470 Mrd. EUR und in blauen Wasserstoff in Höhe von 320 Mrd. EUR nach sich ziehen.¹¹ Die EU geht davon aus, dass jede 1 Mrd. EUR, die in grünen Wasserstoff investiert wird, 10.570 neue Arbeitsplätze schafft, so dass der Aufbau dieser Industrie in großem Maße Millionen von Arbeitsplätzen schaffen kann.

Die größte Herausforderung, die ein Eingreifen der Regierung notwendig macht, ist die Reduzierung der Kosten für kohlenstoffarmen Wasserstoff, wenn die Industrie expandiert. Kombiniert man die Produktionskosten mit den Kosten für Speicherung und Vertrieb, so ergibt sich heute ein Gesamtpreis für grünen Wasserstoff an der Zapfsäule von bis zu 10 EUR pro Kilogramm in Europa, der nicht mit dem Preis von Diesel

10 Europäischen Kommission (Juli 2020), Eine Wasserstoffstrategie für ein klimaneutrales Europa, Europäischen Kommission Kommunikation, https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf

11 Europäischen Kommission (Juli 2020), Eine Wasserstoffstrategie für ein klimaneutrales Europa, Europäischen Kommission Kommunikation, https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf

5 Die 3-Phasen Wasserstoffstrategie der Europäischen Kommission



konkurrieren kann. Jedoch sinken die Kosten für kohlenstoffarmen Wasserstoff rasch. Die Systemkosten für erneuerbaren Strom sind drastisch gefallen.

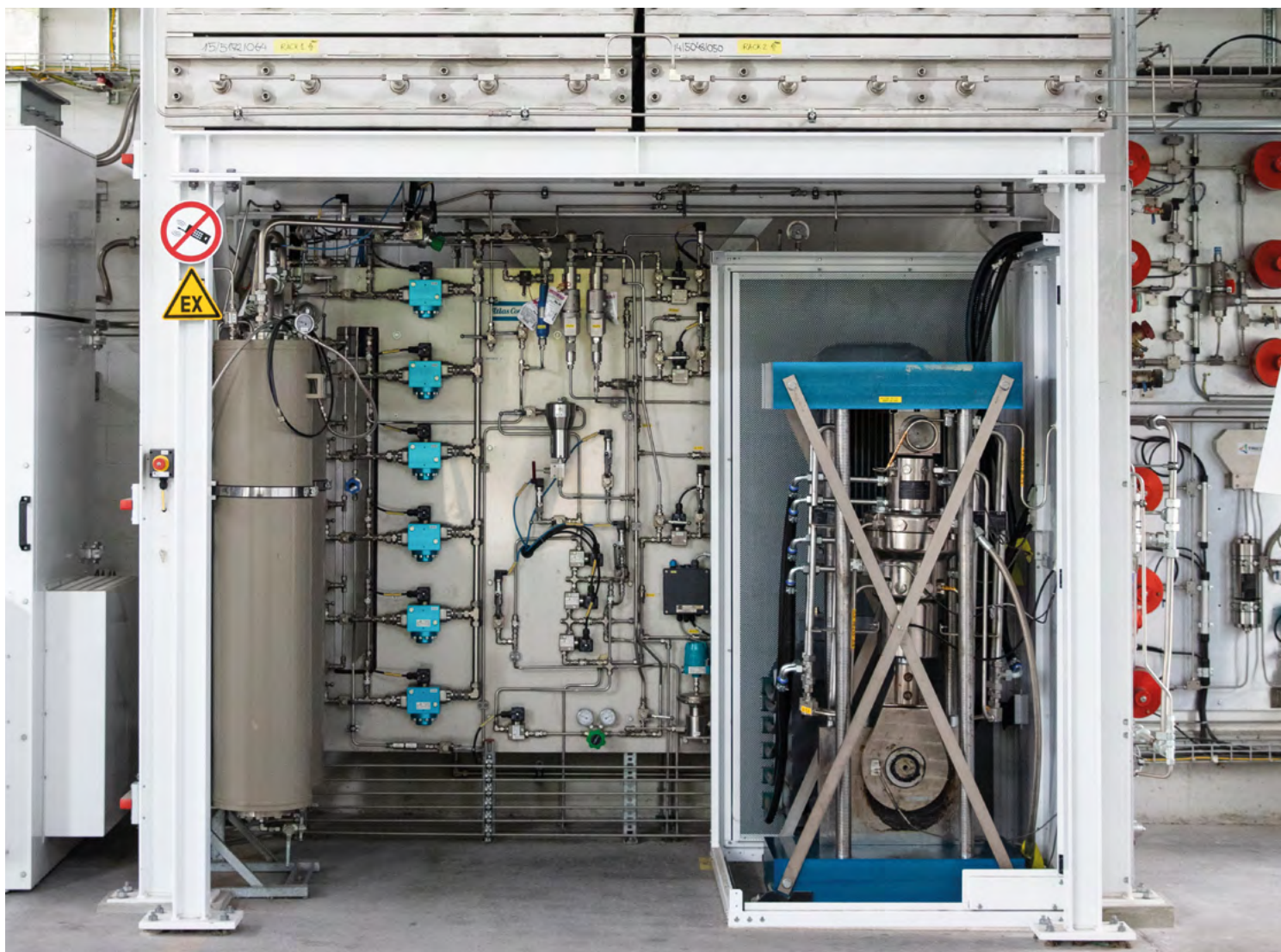
Dies gilt auch für die Kosten für Anschaffung und den Bau von Elektrolyseuren, die in den letzten zehn Jahren um bis zu 50% gesunken sind, und etwa 20% der Kosten für die Herstellung von grünem Wasserstoff ausmachen.

Der größte Elektrolyseur in Betrieb hat derzeit eine Leistung von 10 MW, aber es wird erwartet, dass in den nächsten Jahren Projekte von 50 MW und mehr in Betrieb genommen werden. Nach Angaben von Hydrogen Europe wird sich die installierte Elektrolyseurkapazität bis Ende 2022 auf 319 MW verdoppeln. Solche Skaleneffekte dürften bis 2030 zu einer Halbierung der Einheitskosten führen. Bis dahin sollte grüner Wasserstoff in Regionen mit billigen erneuerbaren Energien, darunter viele Teile Europas, in der Lage sein, mit Alternativen zu fossilen Brennstoffen zu konkurrieren. Der Schlüssel liegt in der Skalierung der Nachfrage und des Angebots. Schwerlastkraftwagen können einen erheblichen Beitrag leisten, vorausgesetzt, die Kosten für Brennstoffzellen-LKW werden ebenso schnell gesenkt. Im Strategiepapier der Europäischen Kommission werden Schwerlastkraftwagen als "erster Einführungsmarkt" für

Wasserstoff bezeichnet, da die Emissionsstandards für Fahrzeuge verschärft werden und die Brennstoffzellen-Technologie ausgereift ist.

Wie wir im weiteren Verlauf dieses Whitepapers zeigen möchten, ist es ausschlaggebend, dass Entscheidungsträger alle Bereiche des Ökosystems von der Wasserstoff-Brennstoffzellen-Technologie, über die Bereitstellung von Strom aus erneuerbaren Energien, die Wasserstoffspeicherung, den Transport und den endgültigen Vertrieb berücksichtigen. Ziel sollte es sein, die wirtschaftlich effizienteste Lösung für alle Bereiche zu finden.

Es sollte nicht gezweifelt werden, dass, trotz aller Herausforderungen, die Schaffung eines funktionierenden Wasserstoff-Ökosystems für den LKW-Verkehr möglich ist. In der Tat gibt es in Europa bereits eines. In der Schweiz hat H2 Energy ein Ökosystem geschaffen, um grünen Wasserstoff herzustellen und ihn zu wettbewerbsfähigen Kosten an die Schweizer LKW-Industrie zu liefern. Aus dieser Anstrengung lassen sich Lehren ziehen und es besteht das Potenzial, es in anderen Ländern zu wiederholen, worauf wir in den folgenden Kapiteln näher eingehen möchten.



H2 Energy: Europas erstes Wasserstoff-Ökosystem für den LKW-Verkehr



H2 Energy ist ein Vorreiter, wenn es darum geht, wasserstoffbetriebene LKW zu einer wirtschaftlichen Realität zu machen. Das im Jahre 2014 gegründete Unternehmen mit Sitz in Zürich, hat mit einer Reihe von Partnern zusammengearbeitet, um das erste funktionierende, auf grünem Wasserstoff basierende Ökosystem für schwere Nutzfahrzeuge in Europa aufzubauen.

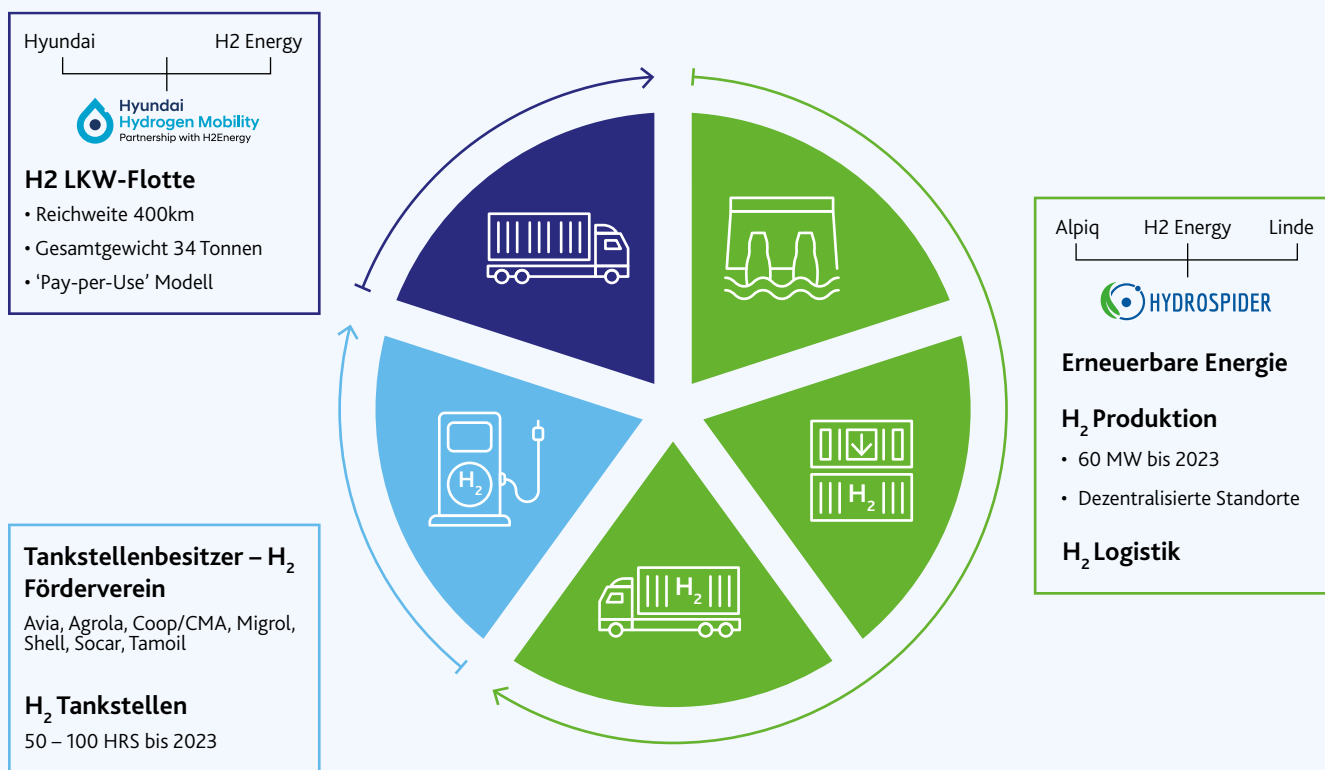
H2 Energy betreibt ein einzigartiges Pay-per-Use Geschäftsmodell und hat inzwischen 46 LKW mit Wasserstoff-Brennstoffzellen auf der Straße, wobei eine breite Einführung in der Schweiz für Ende des Jahres geplant ist. H2 Energy Europe, ein Joint Venture mit Trafigura, arbeitet an Plänen, ähnliche Wasserstoff-Ökosysteme in weiteren Ländern in Europa aufzubauen.

Der erfolgreiche Aufbau in der Schweiz liefert nützliche Lehren für jene, die versuchen, wasserstoffbetriebene LKW andernorts zu etablieren. Sie unterstützen insbesondere die Notwendigkeit einer Kooperation zwischen unterschiedlichen Akteuren und die Rolle steuerlicher Anreize, um die anfänglichen Kostenunterschiede zwischen Wasserstoff und fossilen Brennstoffen auszugleichen. In der Schweiz gleicht eine Befreiung

für emissionsfreie LKW von der Schwerverkehrsabgabe (bekannt als LSVA) dieses Kostengefälle aus. Diese Steuer wurde ursprünglich 1998 mit dem Ziel eingeführt, die Emissionen von Schwerlastkraftwagen im Alpenraum zu reduzieren.

Die Brennstoffzellen-LKW-Flotte wird von Hyundai Hydrogen Mobility geliefert, einem Joint Venture zwischen H2 Energy und dem LKW-Hersteller Hyundai, dem weltweit ersten Serienhersteller von wasserstoffbetriebenen Schwerlastkraftwagen. Hydrospider, ein weiteres Joint Venture zwischen H2 Energy und dem Schweizer Energieunternehmen Alpiq sowie dem Industriegasunternehmen Linde, betreibt Elektrolyseure zur Herstellung von grünem Wasserstoff, der mit erneuerbarem Strom (Wasserkraft) betrieben wird, und stellt Spezialbehälter für den Transport und die Lagerung von gasförmigem Wasserstoff bereit. Ein Zusammenschluss aus sieben Schweizer Tankstellenbetreibern und 14 Logistikunternehmen hat vereinbart, bis 2023 an bis zu 100 bestehenden Tankstellenstandorten im ganzen Land Wasserstofftankstellen zu errichten, die drei Viertel des Schweizer Marktes abdecken.

6 Ökosystem schafft die Voraussetzung für die Markteinführung von emissionsfreien Schwerlastkraftwagen

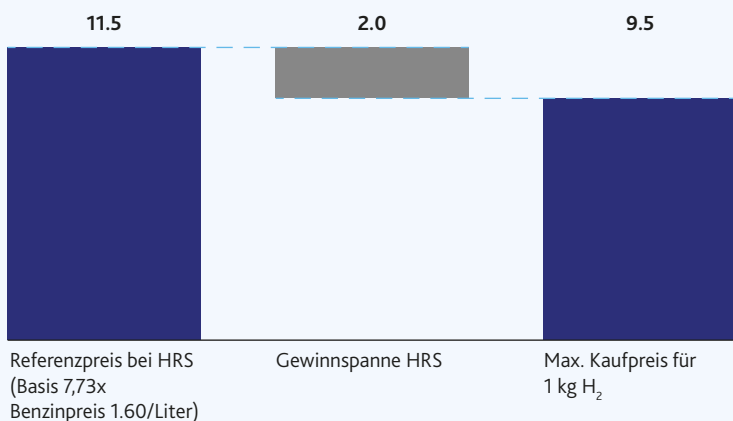


Diese enge Zusammenarbeit hat dazu beigetragen, einheitliche technische und sicherheitstechnische Standards festzulegen und ein kommerziell tragfähiges und skalierbares System zu schaffen. Eine entscheidende Komponente dieses Ökosystems sind die vertraglichen Vereinbarungen zwischen diesen unterschiedlichen Parteien, in denen Preise und Gewinnspannen festgelegt sind. Der Verkaufspreis für Wasserstoff an der Zapfsäule für die LKW-Betreiber ist in einem festen Verhältnis von 7,73 an den Benzinpreis gekoppelt.

Dies lässt den Betrieb von Brennstoffzellen-LKW zu gleichen Kosten wie Diesel-LKW zu und bietet zugleich feste Gewinnspannen für alle Akteure in diesem Ökosystem, was ihnen das Vertrauen für Investitionen gibt. Die nachstehenden Abbildungen 7 und 8 zeigen auf, wie diese wirtschaftlichen Anreize für Hersteller und Tankstellenbetreiber wirken.

7 Wirtschaftliche Anreize für HRS Betreiber

Finanzplanung aus HRS-Sicht
in CHF pro kg Wasserstoff, ohne MwSt



Betriebskosten
in CHF pro kg, ohne MwSt

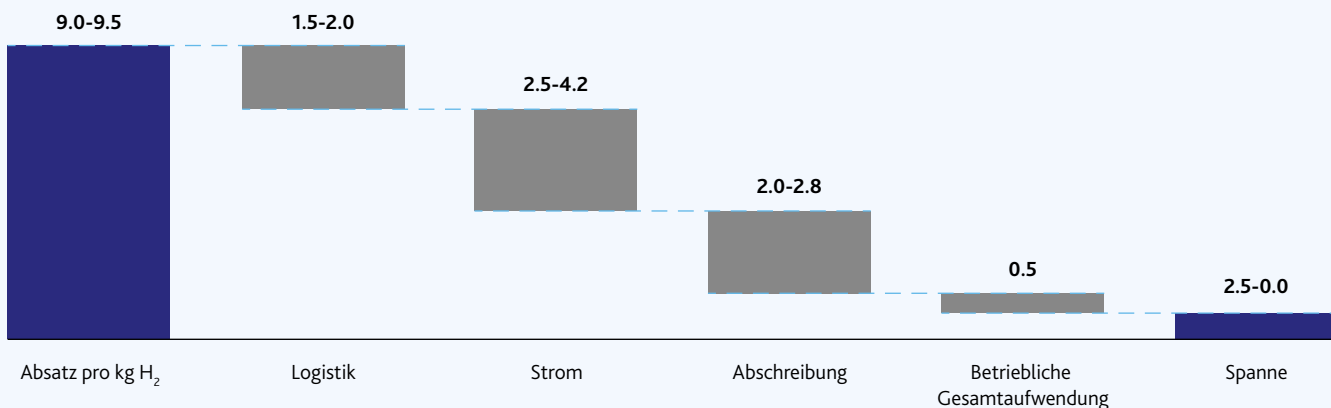
Abschreibung	130 000
Service/Verwaltung	20 000
Strom	15 000
Fläche	25 000
Gesamt	190 000

CHF190 000 / 2.0 = 95 Tonnen
Entspricht Deckungskosten @
~ 15 H₂ LKW
~ 750 H₂ PKW

Quelle: H2 Energy

8 Wirtschaftliche Anreize für H₂ Produzenten

Finanzplanung H₂ Anbieter
in CHF pro kg Wasserstoff (USD/CHF: 0.93)



Quelle: H2 Energy

Das von H2 Energy etablierte Pay-per-Use Modell ermöglicht es, diese Preisbeziehungen ganzheitlich zu pflegen und das Wasserstoff-Ökosystem ständig zu optimieren. Es funktioniert ähnlich wie das Leasing. Anhand verschiedener Faktoren wie der Größe der LKW-Flotte eines Unternehmens, der durchschnittlichen Fahrstrecke pro Jahr eines LKW und der benötigten Serviceebenen werden die geschätzten Betreuungskosten für einen Kunden berechnet, die dann in eine Kilometerpauschale umgerechnet werden, die die LKW-Nutzung, Wartung, Finanzierung, Versicherung und den Treibstoff abdeckt: in anderen Worten, alle Aspekte, außer dem LKW-Fahrer

Dieses Modell, mit seinen garantierten Beziehungen zwischen den Kosten für Wasserstoff und den Kosten für Diesel, trägt zur Überwindung des Problems bei, das Flottenbetreiber andernfalls

darin hindern würde, in Wasserstoff-LKWs zu investieren, deren Kapitalkaufwand vier- bis fünfmal so hoch ist wie der entsprechender Dieselfahrzeuge.

Der bisherige Betrieb von H2 Energy unterstreicht die Rolle, die der LKW-Verkehr bei der Schaffung einer breiteren Wasserstoffwirtschaft spielen kann. Da ein LKW im Durchschnitt 30- bis 50-mal mehr Wasserstoff pro Tag verbraucht als ein Pkw, schafft die Nutzung von Wasserstoff im Schwerlastverkehr eine Nachfrage nach Wasserstoff, die schnell wachsen kann. Dies trägt dazu bei, die Verwendung der notwendigen Infrastruktur zu optimieren, und das während der Einführungs- und initialen Investitionsphase in Wasserstoff-Infrastruktur häufig auftritt.



Der letztendliche Erfolgsfaktor für H2 Energy ist die Befreiung seiner Lastwagen von der Schweizer Schwerkverkehrsabgabe. Dies ist wichtig, weil Wasserstoff-Brennstoffzellen-Fahrzeuge ohne diese Befreiung nicht wettbewerbsfähig im Vergleich zu dieselbetriebenen LKW sein könnten. In der Tat gleicht der durch die Befreiung der Schwerkverkehrsabgabe entstehende Abgabenschied die Wettbewerbsbedingungen zwischen Wasserstoff und Diesel aus. Nachstehende Abbildung 9 zeigt, wie es funktioniert.

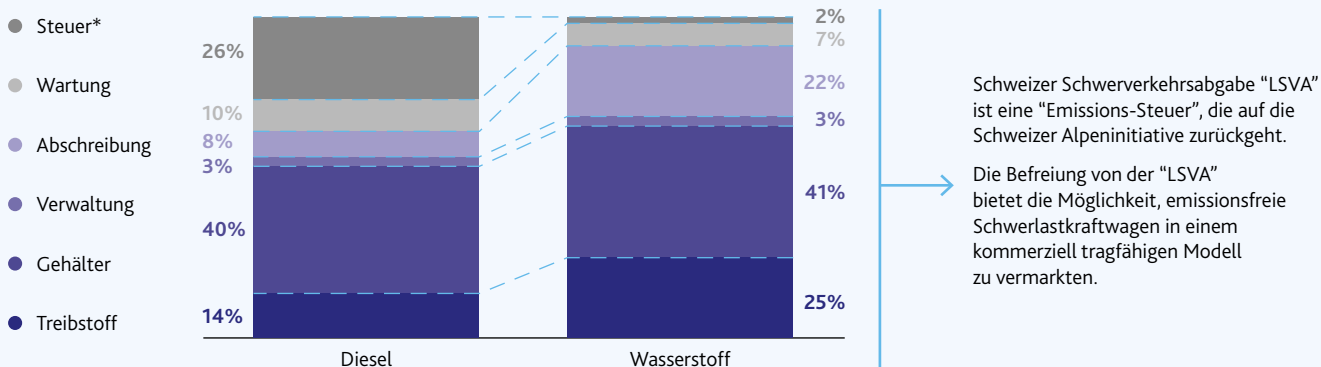
Die Abgabenbefreiung, die reichlich vorhandene Wasserkraft und die überschaubare Größe des Gebietes gehören zu den einzigartigen Faktoren, die die Schweiz zu einem idealen Land für die Etablierung eines Wasserstoff-Ökosystems für den LKW-Verkehr macht. Darüber hinaus konnten die LKW auf den anspruchsvollen Schweizer Straßen getestet werden, die steil sind und starken Temperaturschwankungen unterliegen.

Länder, die den Einsatz von Wasserstoff-LKW-Transport in Betracht ziehen, müssen überlegen, wie sie die Ressourcen, z.B. die vorhandenen Kapazitäten für erneuerbare Energien, optimal nutzen können, und welche Maßnahmen – ob steuerliche Anreize, Subventionen oder Leistungsstandards – sie ergreifen können, um die Kostenwettbewerbsfähigkeit mit Diesel zu erreichen.

Wie H2 Energy zeigt, lässt sich ein solches System, wenn es erst einmal etabliert ist, relativ schnell ausweiten. Dies schafft erhebliche Vorteile für die Umwelt und trägt zum weltweiten Ziel der Reduzierung von Treibhausgasemissionen bei. Die Einführung von wasserstoffbetriebenen LKW in der Schweiz hat bei Flottenbetreibern und Verbrauchern große Begeisterung ausgelöst und eine steigende Zahl von Schweizer Unternehmen dazu ermutigt, sich einem emissionsfreien LKW-Betrieb zu verpflichten.

9 LSVA – Befreiung ermöglicht Kostengleichheit mit Diesel

100% approx. CHF250,000



Schweizer Schwerkverkehrsabgabe "LSVA" ist eine "Emissions-Steuer", die auf die Schweizer Alpeninitiative zurückgeht.

Die Befreiung von der "LSVA" bietet die Möglichkeit, emissionsfreie Schwerlastkraftwagen in einem kommerziell tragfähigen Modell zu vermarkten.

* Inklusive Versicherungs- und Finanzierungskosten, Schweizer Schwerkverkehrsabgabe "LSVA" für Euro-6-Lastwagen (2,28 Rp./tkm; d.h. 0,91 CHF pro km für ein 40-Tonnen-Fahrzeug).

Quelle: H2 Energy



Nächster Halt: Dänemark

Mit seinem ehrgeizigen Ziel einer 70-%igen Emissionsreduzierung bis 2030 und reichlich erneuerbaren Energien ist Dänemark der nächste Zielmarkt für H2 Energy Europe. Das Land hat seinen Energiesektor bereits dekarbonisiert, wobei die Offshore-Windstromerzeugung bereits den Bedarf des nationalen Stromnetzes übersteigt. Die Nutzung dieser überschüssigen Energie zur Herstellung von grünem Wasserstoff wird es Dänemark ermöglichen, schwer zugängliche Sektoren, wie die Industrie und den Schwerlastverkehr, zu dekarbonisieren.

Der Bau von Elektrolyseuren im Inland ermöglicht auch eine effizientere Nutzung der Windenergie, da die Produktion je nach Windaufkommen hoch- und runtergefahren wird. Dänemark hat diese Vorteile erkannt und in eine Reihe von Power-to-X-Projekte investiert, die die Entwicklung von Technologien zur Speicherung und Umwandlung erneuerbarer Energien beinhalten.

Im August 2021 erwarb H2 Energy ein 11 Hektar großes Gelände in der Nähe des Hafens von Esbjerg, auf dem das Unternehmen das größte Power-to-X-Projekt Europas errichten will. Dabei handelt es sich um einen 1-GW-Elektrolyseur, der bis zu 90 000 Tonnen grünen Wasserstoff pro Jahr produzieren kann, was für die Betankung von bis zu 15 000 Lastwagen ausreicht.

Der Plan von H2 Energy Europe besteht aus zwei Teilen: Erstens soll bis Ende 2022 ein Fokus auf die Produktion von grünem Wasserstoff in kleineren Mengen gelegt werden, damit die ersten wasserstoffbetriebenen LKW auf den dänischen Straßen fahren können. Zweitens der Bau der 1-GW-Anlage, die bereits 2024 in Betrieb genommen werden könnte, wobei die Zeitpläne von der Unterstützung der Regierung sowie von Genehmigungen und Zulassungen abhängen.



Politische Einblicke aus Deutschland, den Niederlanden und dem Vereinigten Königreich



Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die Strategien in drei Europäischen Ländern, die kohlenstoffarmen Wasserstoff zu einer Priorität gemacht haben: Deutschland, die Niederlande und das Vereinigte Königreich. Strategien und Projekte in diesen Ländern können politischen Entscheidungsträgern und anderen Akteuren Aufschluss darüber geben, wie das Wachstum dieses Marktes beschleunigt wird.

Die Entwicklung eines erfolgreichen Marktes für wasserstoffbetriebenen Schwerlastverkehr erfordert starke politische Unterstützung, die den Ausbau der Infrastruktur ermöglicht. Schwerlastverkehr wird sowohl zwischen als auch innerhalb der Länder betrieben, weshalb integrierte politische Rahmenbedingungen für eine grenzüberschreitende Entwicklung von entscheidender Bedeutung sind.

Deutschland

Im Juni 2020 veröffentlichte das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) seine Nationale Wasserstoffstrategie.¹² Die Strategie kündigte 7 Mrd. Euro an Fördermittel, Pläne für Steuer- und Abgabensenkungen zur Unterstützung der Wasserstoffproduktion und ein Ziel von 5 GW Elektrolyseurkapazität für 2030 an, was dem Sektor Vertrauen brachte.

Die deutsche Regierung hat vor kurzem beschlossen, Strom für die Wasserstoffproduktion von der EEG-Umlage zu befreien.¹³ Diese Befreiung senkt die Strompreise für die Produktion von grünem Wasserstoff und damit die Durchschnittskosten von Wasserstoff.

Zum Aufbau eines Betankungsnetzes für Nutzfahrzeuge hat Deutschland im Rahmen des Energie- und Klimafonds 3,4 Mrd. Euro (verfügbar bis 2023) für Lade- und Tankstellen für alle alternativen Antriebstechnologien, einschließlich Wasserstofftankstellen, bereitgestellt. Deutschland hat auch die Erneuerbare-Energien-Richtlinie Recast (RED II) erfolgreich in deutsches Recht umgesetzt. RED II ist eine Richtlinie auf EU-Ebene, die den Mitgliedstaaten vorschreibt, dass 14% des gesamten Energieverbrauchs im Verkehrssektor aus erneuerbaren Quellen stammen müssen. Die deutsche Politik ist über die Mindestanforderungen der RED II hinausgegangen und hat den Kraftstoffanbietern vorgeschrieben, bei den von ihnen auf den Markt gebrachten Kraftstoffen bis 2030 eine Treibhausgasreduktion von 25% zu erreichen.

Um die Anschaffung und den Betrieb von Brennstoffzellen-LKW zu unterstützen, hat das Ministerium für Wirtschaft und Energie angekündigt, bis zu 80% der Kostendifferenz zwischen emissionsarmen und Diesel-Nutzfahrzeugen zu finanzieren, wobei bis 2024 bis zu 1,6 Mrd. Euro für Fahrzeuge mit neuer Energie zur Verfügung stehen.¹⁴ Dies trägt dazu bei, die finanziellen Auswirkungen des Umstiegs auf Wasserstoff-LKW zu verringern und macht sie für Flottenbetreiber attraktiver.

Gegenwärtig gibt es in Deutschland etwa 90 Wasserstofftankstellen. Obwohl dies eine beträchtliche Anzahl ist, können die meisten nur leichte Nutzfahrzeuge versorgen. Nur sechs bieten eine 350-bar-Betankung für Busse und Lkw. Es gibt jedoch Pläne, die bestehenden Wasserstofftankstellen so auszubauen, dass sie auch für schwere Nutzfahrzeuge geeignet sind, und zwar im Rahmen des Projekts H₂Mobility SENECA.¹⁵ Das Projekt umfasst die Entwicklung eines Wasserstoff-Tankstellennetzwerks für 700 bar und 350 bar, das entlang der Haupttransportrouten die Betankung von LKW's und Bussen mit einer Reichweite von 500 km sicherstellt.

Die Unterstützung von Investitionen in der gesamten Wertschöpfungskette in Verbindung mit einer großen Marktgröße macht Deutschland zu einem führenden Beispiel für die Entwicklung einer Wasserstoffwirtschaft für den Transportsektor.



12 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Juni 2020) Die Nationale Wasserstoffstrategie. Strategiepapier des Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, <https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Publikationen/Energie/the-national-hydrogen-strategy.html>

13 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Mai 2021) Kabinett beschließt grobes Verordnungspaket zur Umsetzung des EEG 2021 – Starkes Signal für Markthochlauf von Wasserstoff. Federal Ministry for Economic Affairs and Energy press release, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2021/05/20210519-Kabinett-beschliesst-grosses-Verordnungspaket-zur-Umsetzung-des-EEG-2021.html>

14 Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur (Oktober 2021) Förderung von Fahrzeugen verkehrsträgerübergreifend Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur, Artikel über Neuigkeiten, <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/Alternative-Kraftstoffe/foerderung-von-fahrzeugen.html>

15 H2 Mobility (Mai 2021) H2 Mobility strategy for H2 commercial vehicle selected by BMVI. H2 Mobility Pressemitteilung, <https://h2.live/en/press/h2-mobility-strategy-for-h2-commercial-vehicle-selected-by-bmvi/>

Die Niederlande

Die niederländische Regierung hat in ihrer im Juni 2019 veröffentlichten nationalen Klimavereinbarung Ziele für Wasserstoff festgelegt.¹⁶ Diese Vereinbarung enthält spezifische Ziele für den Mobilitätssektor für 15 000 Brennstoffzellen-Fahrzeuge, 3 000 Brennstoffzellen-Schwerlastkraftwagen und 50 Wasserstofftankstellen bis 2025. Im April 2020 veröffentlichte die Regierung ihre nationale Wasserstoff-Strategie¹⁷ in der die Bedeutung von Wasserstoff für die Dekarbonisierung der Niederlande hervorgehoben wird. Das Dokument führt eine Reihe von Zielen auf, darunter eine installierte Elektrolysekapazität von 500 MW bis 2025, die bis 2030 auf 4 GW steigen soll. Die Regierung hat auch die RED II verabschiedet, die im Januar 2022 in Kraft treten soll.

Um die Verwendung von Wasserstoff im Verkehrssektor zu fördern, plant die niederländische Emissionsbehörde, ihre



bestehende Verpflichtung zur Lieferung von Einheiten erneuerbarer Energie (HBE) zu erweitern und kohlenstoffarmen Wasserstoff als erneuerbaren Kraftstoff in das System aufzunehmen. Ein HBE entspricht einem Gigajoule erneuerbarer Energie, die an den niederländischen Transportmarkt geliefert wird. Unternehmen, die dem niederländischen System "Energie für den Verkehr" entsprechen, unterliegen einer minimalen jährlichen HBE-Verpflichtung. Sobald das System eingeführt ist, wird für Wasserstoff, der an den niederländischen Verkehrssektor geliefert wird, eine HBE-"Gutschrift" erteilt, die praktisch als Subvention für Wasserstoff in Höhe von einem Euro pro Kilogramm dient.¹⁸

Die Regierung hat auch ihr Prämiensystem für den Wechsel zu erneuerbarer Energie erweitert, um den Ersatz der Produktion von grauem Wasserstoff durch kohlenstoffarmen Wasserstoff zu ermöglichen. Die Regelung sieht einen "carbon contract for difference" vor, bei dem die Begünstigten pro Tonne vermiedenen Kohlenstoffs bezahlt werden, wobei der vereinbarte Preis pro Tonne je nach Technologiekosten variiert. Unternehmen können bis zu 300 Euro pro vermiedener Tonne CO₂ erhalten, und zwar für maximal 2 000 Elektrolyseur-Laststunden pro Jahr, was etwa 2,60 Euro pro Kilogramm Wasserstoff bedeutet.

Um die Anschaffung und den Betrieb von Brennstoffzellen-LKW zu unterstützen, hat die niederländische Regierung zugesagt, Subventionsprogramme für den Schwerlastverkehr einzuführen, die im Rahmen des nationalen Klimaabkommens entwickelt werden sollen.

Einige der ehrgeizigsten Wasserstoffproduktionsprojekte Europas sind in den Niederlanden geplant (insgesamt eine Kapazität von 4,8 GW), wobei Abnehmer für die Mobilität anvisiert werden. Die Regierung und der Industriesektor arbeiten direkt zusammen, mit dem Ziel, die wichtigsten Wasserstoffprojekte zu planen und zu verwirklichen. Dies geschieht über die H₂Plattform und den Investitionsplan für Wasserstoff in den nördlichen Niederlanden¹⁹, der einen ehrgeizigen Plan für Investitionen in Höhe von insgesamt 9 Mrd. Euro zum Aufbau der gesamten Wasserstoff-Wertschöpfungskette bis zum Jahr 2030 vorsieht. Eine Investitionsaufwandsunterstützung zusammen mit einer Subvention für gelieferten Wasserstoff wird die Einführung von Wasserstoff im niederländischen Verkehrssektor beschleunigen.

16 Klimaabkommen der niederländischen Regierung. Strategiepapier der niederländischen Regierung, <https://www.government.nl/documents/reports/2019/06/28/climate-agreement>

17 Niederländische Regierung Wasserstoff-Strategie der Regierung. Strategiepapier der niederländischen Regierung, <https://www.government.nl/documents/publications/2020/04/06/government-strategy-on-hydrogen>

18 Niederländische Emissionsbehörde Rohstoff und Doppelzählung. Webseite der niederländische Emissionsbehörde, <https://www.emissionsauthority.nl/topics/claiming-deliveries---energy-for-transport/feedstocks-and-double-counting>

19 Provinz Groningen (Oktober 2020) Der nordniederländische Wasserstoff-Investitionsplan 2020: Ausbau des nordniederländischen Wasserstofftals. Strategiebericht der Provinz Groningen, https://www.provinciegroningen.nl/fileadmin/user_upload/Documenten/Beleid_en_documenten/Documentenzoeker/Klimaat_en_energie/Energie_transitie/Investment_plan_Hydrogen_Northern_Netherlands_2020.pdf

Vereinigtes Königreich

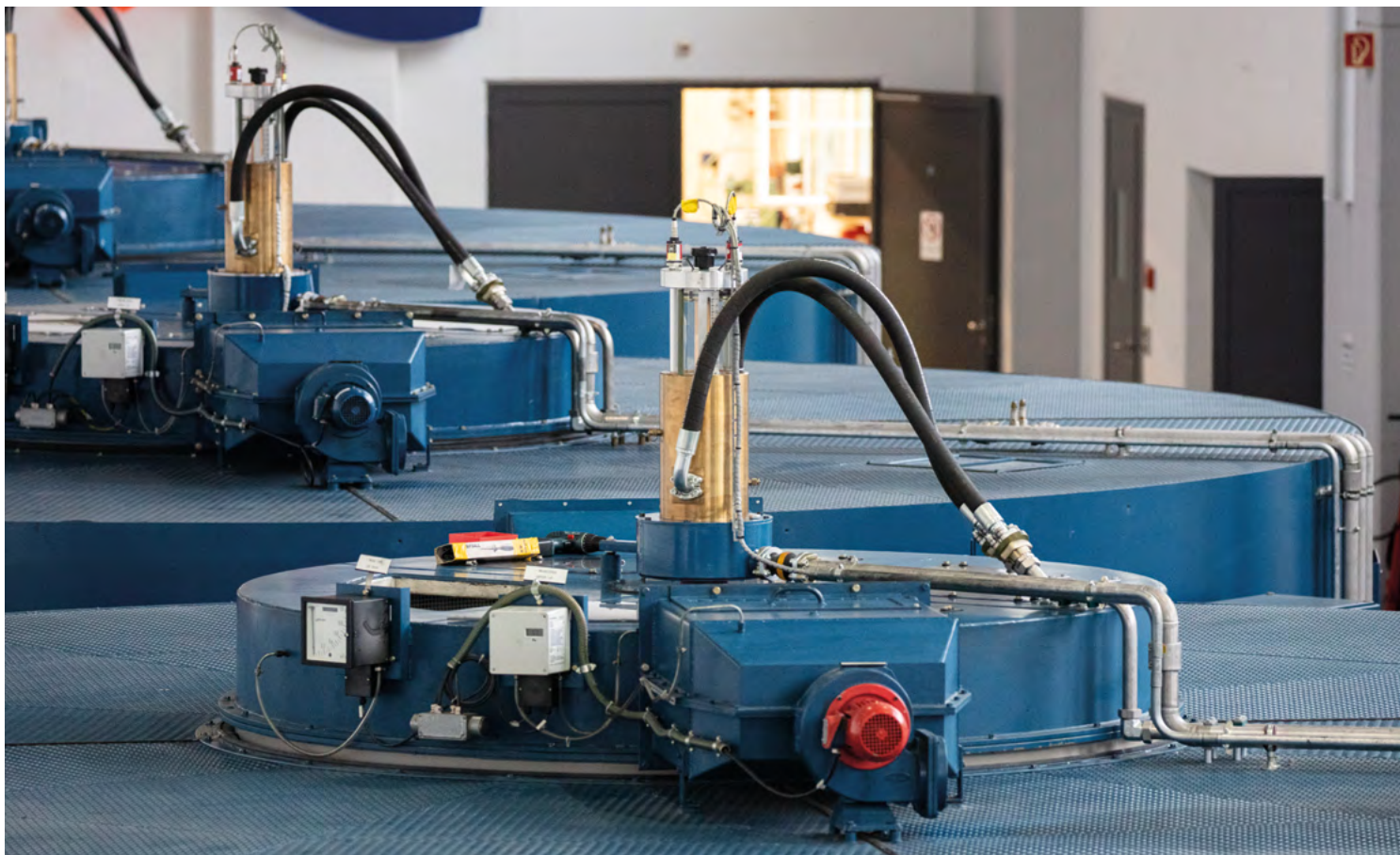
Im August 2021 veröffentlichte die Regierung des Vereinigten Königreichs ihre Nationale Wasserstoffstrategie²⁰, und bekräftigte darin ihr Hauptziel, bis 2030 eine Kapazität von 5 GW für kohlenstoffarme Wasserstoffproduktion zu erreichen.

Im Jahr 2020 kündigte die Regierung ihren Zehn-Punkte-Plan an, der neue Finanzmittel und politische Maßnahmen zur Erreichung umfassender Dekarbonisierungsziele vorsieht. Die Unterstützung für Wasserstoff umfasste 240 Mio. GBP für staatliche Ko-Investitionen in Kapazitäten für Wasserstoffproduktion über den Net Zero Hydrogen Fund, ein Wasserstoff-Geschäftsmodell, das Investitionen des Privatsektors ermöglichen soll, sowie Pläne für einen Einnahme-Mechanismus zur Finanzierung des Geschäftsmodells. Der Zehn-Punkte-Plan wies Wasserstoff als einen der wichtigsten Prioritätsbereiche im Net Zero Innovation Portfolio aus, einem mit 1 Mrd. GBP ausgestatteten Fonds zur Beschleunigung der Kommerzialisierung kohlenstoffarmer Technologien und Systemen für Net Zero.

Die Renewable Transport Fuel Obligation (RTFO) (Verpflichtung zur Verwendung erneuerbarer Energien) ist die wichtigste Maßnahme der Regierung, um Anreize für den Einsatz

erneuerbarer Kraftstoffe im Verkehr zu schaffen. Die RTFO ist seit 2008 in Kraft und wurde im Laufe der Zeit angepasst, um die Kohlenstoffeinsparungen zu erhöhen, die Nachhaltigkeitsstandards zu stärken und das System an umfassendere internationale Standards anzugleichen. In den letzten Jahren beinhaltet dies eine verbesserte Unterstützung für Wasserstoff und andere erneuerbare Kraftstoffe nicht-biologischen Ursprungs. Im Rahmen der RTFO müssen Anbieter von Kraftstoffen im Vereinigten Königreich nachweisen können, dass ein bestimmter Prozentsatz des von ihnen gelieferten Kraftstoffs aus erneuerbaren und nachhaltigen Quellen stammt. Grüner Wasserstoff wird im Rahmen des Systems als "Entwicklungskraftstoff" eingestuft und erhält bei Lieferung an den inländischen Verkehrssektor eine Gutschrift für die Entwicklung erneuerbarer Kraftstoffe für den Verkehr.

Die im Rahmen der RTFO gewährte Unterstützung für Wasserstofflieferungen an den Verkehrssektor ist ein starker Anreiz für Kraftstofflieferanten und Transportunternehmen, Wasserstoff zu liefern und zu verwenden.



20 REGIERUNG DES VEREINIGTEN KÖNIGREICHS (August 2021) UK Wasserstoff-Strategie. Regierungspapier des Ministeriums für Wirtschaft, Energie & Industriestrategie, <https://www.gov.uk/government/publications/uk-hydrogen-strategy>

Schaffung eines Wasserstoff-Ökosystems für den LKW-Verkehr



In diesem abschließenden Kapitel stellen wir politische Überlegungen für Regierungen vor, die ein kohlenstoffarmes Wasserstoff-Ökosystem aufbauen wollen, wobei der Schwerpunkt auf grünem Wasserstoff liegt.

Laut der IEA müssen die Regierungen schnell und entschlossen eine breite Palette von politischen Maßnahmen für kohlenstoffarmen Wasserstoff ergreifen, um die Akzeptanz zu fördern und die Dekarbonisierung zu ermöglichen.

Der relativ niedrige Break-even-Punkt für Applikationen im Schwerlasttransport bedeutet, dass der Einsatz im LKW-Verkehr eine Möglichkeit bietet, die Nachfrage nach kohlenstoffarmem Wasserstoff schnell und zu vertretbaren Kosten zu steigern. Mehrere europäische Länder haben erkannt, dass ein direktes Eingreifen erforderlich ist, um ein Wasserstoff-Ökosystem für den LKW-Verkehr zu schaffen, das mit dem Diesel konkurrieren und ihn letztendlich ablösen kann. Im Folgenden werden die Arten von Maßnahmen beschrieben, die helfen können. Die Liste ist nicht vollständig, und die genaue Mischung der Maßnahmen wird von Land zu Land unterschiedlich sein, je nach den bestehenden Steuerregelungen. Eine Investitionsförderung für Brennstoffzellen-Fahrzeuge und Elektrolyseure ist erforderlich, um die anfängliche finanzielle Hürde für den Markteintritt zu senken, reicht aber nicht aus, um die Lücke zwischen dem gelieferten grünen Wasserstoff und Diesel zu schließen. Dies liegt daran, dass die Abschreibung der Investitionsaufwendungen nur 20 bis 40% der Wasserstoffkosten ausmacht, während die restlichen 60 bis 80% auf die Betriebskosten aufgrund des hohen Energieverbrauchs entfallen. Daher ist eine laufende Förderung pro Kilogramm gelieferten Wasserstoffs erforderlich.

Die Senkung der Kosten für erneuerbare Energiequellen durch Befreiung von den Netzanschlussgebühren und Netztarife, die die Flexibilität, die Elektrolyseure dem Netz bieten können, belohnen, sind Möglichkeiten zur Senkung der Stromkosten, die die Hauptkostenkomponente der Produktion von grünem Wasserstoff darstellen.

Darüber hinaus ist eine Investitionsunterstützung für die Wasserstoffinfrastruktur notwendig, um Wasserstoff-Ökosysteme in großem Maßstab zu entwickeln, die von niedrigeren logistischen Kosten, z. B. für den Pipelinetransport, profitieren können. Pipelines und Wasserstofftankstellen sind zwar mit erheblichen Vorlaufkosten verbunden, doch sobald sie eingerichtet sind, werden sie die Betriebskosten und die langfristigen Kosten erheblich senken. Eine standardisierte grenzüberschreitende Zertifizierung von grünem, blauem und kohlenstoffarmem Wasserstoff würde die Optimierung der Handelsströme ermöglichen. Wenn die Wasserstoffproduktion die Kriterien für eine Zertifizierung als "grünen" oder "kohlenstoffarmen" Wasserstoff erfüllt, könnte diese Zertifizierung getrennt vom physischen Wasserstoffprodukt gehandelt werden. Ähnlich wie bei der Herkunftsgarantie für erneuerbare Energiequellen könnten Zertifikate für kohlenstoffarmen Wasserstoff eine breitere Verteilung ermöglichen und so mögliche logistische Engpässe umgehen. Auf nationaler Ebene ist eine Klärung der Additionalität und der Verwendung von Herkunftsnachweisen zur Zertifizierung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen und somit von grünem Wasserstoff erforderlich. Schließlich sind Leitlinien für den sicheren Umgang mit Wasserstoff erforderlich, z. B. Normen für den Transport von Wasserstoff in Tunneln und über/unter Brücken, um Vertriebshindernisse zu vermeiden und Unklarheiten in Bezug auf die Sicherheit von Wasserstoff zu beseitigen.

Die Unterstützung für die Teilnehmer der gesamten Wertschöpfungskette kann und sollte schrittweise reduziert werden, wenn Größenvorteile erreicht werden, so dass an ihrer Stelle ein wirtschaftlicher, autarker, sehr emissionsarmer Sektor für Schwerlastverkehr entsteht. Wir gehen davon aus, dass dies als Katalysator für den Einsatz von Wasserstoff in allen anderen schwer zugänglichen Sektoren dient und die weltweiten Bemühungen um eine Dekarbonisierung beschleunigen wird, was vor allem Priorität hat.

Die wichtigsten unterstützenden Maßnahmen, die wir erkannt haben:



Referenzen

Wasserstoff-Ausschuss (Juli 2021) Wasserstoff-Einblicke 2021. Studie des Wasserstoff-Ausschusses, <http://www.hydrogencouncil.com/en/hydrogen-insights-2021/>

Internationale Energieagentur (2021) Hydrogen. Webseite Internationale Energieagentur, <http://www.iea.org/fuels-and-technologies/hydrogen>

J.P. Morgan Cazenove (Februar 2021) EMEA Wasserstoff: Eine Revolution, die Realismus benötigt; Trennung der Chance vom Optimismus, J.P. Morgan Cazenove Bericht, <https://buyhydrogen.com.au/wp-content/uploads/2021/04/J.P.Morgan-CAZENOVE-EMEA-Hydrogen.pdf>

Transport & Umwelt, Herausforderungen im Straßengüterverkehr, <https://www.transportenvironment.org/challenges/road-freight/trucks/>

Europäische Umweltagentur, Europäischer Verband der Automobilhersteller und Transport & Umwelt.

Molloy, P. (Oktober 2019) 'Weniger verbrauchen mit Wasserstoff-Brennstoffzellen', Rocky Mountain Institute.

Europäische Kommission (Juli 2020) Eine Wasserstoff-Strategie für ein klimaneutrales Europa, Mitteilung der Europäischen Kommission Communication, https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Juni 2020) Die Nationale Wasserstoff-Strategie. Strategiedokument des Bundesministerium für Wirtschaft und Energie <https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Publikationen/Energie/the-national-hydrogen-strategy.html>

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Mai 2021) Kabinett beschliesst grobes Verordnungspaket zur Umsetzung des EEG 2021 – Starkes Signal für Markthochlauf von Wasserstoff. Pressemitteilung des Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilung/2021/05/20210519-Kabinett-beschliesst-grosses-Verordnungspaket-zur-Umsetzung-des-EEG-2021.html>

Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur (Oktober 2021) Förderung von Fahrzeugen verkehrsträgerübergreifend. Nachrichtenartikel Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur, <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/Alternative-Kraftstoffe/foerderung-von-fahrzeugen.html>

H₂ Mobility (Mai 2021) H₂ Mobility Strategie für H₂ Nutzfahrzeuge, ausgewählt von BMVI. H₂ Mobility Pressemitteilung, <https://h2.live/en/press/h2-mobility-strategy-for-h2-commercial-vehicle-selected-by-bmvi/>

Klimavereinbarung der niederländischen Regierung. Strategiepapier der niederländischen Regierung, <https://www.government.nl/documents/reports/2019/06/28/climate-agreement>

Niederländische Regierung, Wasserstoffstrategie der Regierung. Strategiepapier der niederländischen Regierung, <https://www.government.nl/documents/publications/2020/04/06/government-strategy-on-hydrogen>

Niederländische Emissionsbehörde Rohstoffe und Doppelzählung. Webseite der niederländischen Emissionsbehörde, <https://www.emissionsauthority.nl/topics/claiming-deliveries---energy-for-transport/feedstocks-and-double-counting>

Provinz Groningen (Oktober 2020) Der nordniederländische Wasserstoff-Investitionsplan 2020: Ausbau des nordniederländischen Wasserstofftals. Strategiebericht der Provinz Groningen, https://www.provinciegroningen.nl/fileadmin/user_upload/Documenten/Beleid_en_documenten/Documentenzoeker/Klimaat_en_energie/Energie_transitie/Investment_plan_Hydrogen_Northern_Netherlands_2020.pdf

REGIERUNG DES VEREINIGTEN KÖNIGREICHS (August 2021) UK Wasserstoff-Strategie. Regierungspapier des Ministeriums für Wirtschaft, Energie & Industriestrategie, <https://www.gov.uk/government/publications/uk-hydrogen-strategy>

Trafigura Forschung (2021)





HS187

ZE
GREEN

HS164

HYDROSPID

23
1049

23
1049

W 1049 INSEKTIZID HERKÖRIG
Auszugliger Füllmenge 10 Liter
Incode 028



Trafigura Pte. Ltd.

10 Collyer Quay #29-00
Ocean Financial Centre
Singapore 049315

Tel : +(65) 6319 2960
Fax : +(65) 6734 9448

www.trafigura.com

TK/0384.2g

Letztes Update: März 2022



H2 Energy Europe AG

Hohlstrasse 188
8004 Zürich
Switzerland

www.h2energy.ch

