



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur



**Fachworkshop im Rahmen der
Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie
der Bundesregierung (MKS)**

**„Stand der Forschung, Marktpotenziale und
Forschungsbedarf für Brennstoffzellen-Lkw“**

am 30. Mai 2016

Berlin, 22. Juni 2016

Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie für Deutschland (MKS)

Im Rahmen der Energiewende steht auch der Verkehrssektor vor der Aufgabe, seine Energiebasis zu verändern und Treibhausgasemissionen einzusparen. Heute hat der Verkehrssektor einen Anteil von rund 30 Prozent am Endenergieverbrauch und ist für etwa 18 Prozent der CO₂-Emissionen in Deutschland verantwortlich. Zudem ist der Verkehr zu 95 Prozent von fossilen Energieträgern abhängig. In ihrem Energiekonzept hat sich die Bundesregierung deshalb das ambitionierte Ziel gesetzt, 40 Prozent des Endenergieverbrauchs im Verkehr bis 2050 gegenüber 2005 einzusparen.

Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie (MKS) ist der konkrete Beitrag zur Gestaltung der Energiewende im Verkehrssektor und damit zur Erreichung der übergeordneten umwelt- und energiepolitischen Ziele der Bundesregierung (Klimaschutz, Sicherung der Energieversorgung und der internationalen Wettbewerbsfähigkeit). Damit besteht eine verkehrsträgerübergreifende Informations- und Orientierungsgrundlage über Technologien sowie Energie- und Kraftstoffoptionen. Sie bildet zudem den Ausgangspunkt, die Wissensbasis über Energie- und Technologiefragen zu verbreitern, um Rahmenbedingungen zu analysieren und darauf aufbauend Ziele und Maßnahmen zu priorisieren.

Da sich die Rahmenbedingungen (neue Technologien und Erkenntnisse zur Verfügbarkeit von Rohstoffen) in den Bereichen Verkehr und Energie ständig verändern und auch die Akteurskonstellationen einem stetigen Wandel unterliegen, hat die Bundesregierung beschlossen, die MKS stetig fortzuschreiben und konkrete Maßnahmen (z.B. Pilotprojekte und Markthochlaufprogramme) zu geeigneten Themen voranzutreiben. Für diese Weiterentwicklung wurde das wissenschaftliche Konsortium der MKS mit Untersuchungen zu zentralen Aspekten der MKS beauftragt. Um in den Untersuchungen auch die Perspektiven der Praktiker mit einzubeziehen und relevante Entwicklungen frühzeitig berücksichtigen zu können, werden zu geeigneten Zeitpunkten Fachworkshops mit zentralen Akteuren der Themenfelder umgesetzt.



Abbildung 1: Der Prozess zur Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung

Der Fachworkshop am 30. Mai 2016

Der Fachworkshop „Stand der Forschung, Marktpotenziale und Forschungsbedarf für Brennstoffzellen-Lkw“ am 30. Mai 2016 diente dazu, die in der Untersuchung getroffenen Annahmen der wissenschaftlichen Begleitung (Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), PTV Planung Transport Verkehr AG, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML)) zum Forschungsbedarf der Brennstoffzellentechnologie im Lkw-Verkehr vorzustellen und um das Wissen und die Perspektiven der zentralen Fachakteure zu ergänzen. Damit sollen die Ergebnisse der Untersuchung in einen größeren Zusammenhang gesetzt werden und eine hohe Praxisrelevanz erlangen. Kernergebnis der Studie sind Empfehlungen für zukünftige Forschungsthemen zum Einsatz von Brennstoffzellen in Lkw.

An dem Fachworkshop nahmen neben den verschiedenen Bundesressorts und der wissenschaftlichen Begleitung insbesondere Technologieanbieter (Brennstoffzellen-Hersteller, Wasserstoff-Produzenten, Lkw-Hersteller, Speicher-Hersteller) Logistiker, Mobilitäts-Berater, Verbände sowie weitere Forschungseinrichtungen teil. Die Vorträge des Fachworkshops können [hier](#) heruntergeladen werden.

Ablauf des Fachworkshops

Uhrzeit	Programmpunkt
11.00 Uhr	Begrüßung <ul style="list-style-type: none"> • <i>Dominik Borowski, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)</i>
11.05 Uhr	Einführung in die Veranstaltung <ul style="list-style-type: none"> • <i>Christian Klasen, IFOK GmbH</i>
11.10 Uhr	Einführung in die wissenschaftliche Untersuchung im Rahmen der MKS <ul style="list-style-type: none"> • <i>Prof. Dr. Martin Wietschel, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung</i>
11.25 Uhr	Praxisvorträge: Die Entwicklung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie im Lkw-Verkehr <ul style="list-style-type: none"> • <i>Prof. Dr. Werner Tillmetz, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)</i> • <i>Thomas Melczer, Proton Motor Fuel Cell GmbH</i>
12:15 Uhr	Schwerpunktthema I – Marktpotenzial für Brennstoffzellen-Lkw <ul style="list-style-type: none"> • <i>Dr. Till Gnann, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ Vorstellung der erlangten Untersuchungs-Ergebnisse ○ Diskussion der Studienergebnisse mit den Teilnehmenden
13.00 Uhr	<i>Mittagspause</i>
13.45 Uhr	Schwerpunktthema II – Stand der Forschung und Entwicklung <ul style="list-style-type: none"> • <i>Dr. Axel Thielmann, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ Vorstellung der erlangten Untersuchungs-Ergebnisse ○ Diskussion der Studienergebnisse mit den Teilnehmenden
14.30 Uhr	Schwerpunktthema III – Forschungsbedarf und Handlungsempfehlungen für die Politik <ul style="list-style-type: none"> • <i>André Kühn, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung</i> <ul style="list-style-type: none"> ○ Vorstellung der erlangten Untersuchungs-Ergebnisse ○ Diskussion, Ergänzung und Priorisierung der Studienergebnisse mit den Teilnehmenden
15.50 Uhr	Zusammenführung der Diskussion <ul style="list-style-type: none"> • <i>Christian Klasen, IFOK GmbH</i> • <i>Prof. Dr. Martin Wietschel, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung</i>
16.00 Uhr	Gemeinsamer Ausklang der Veranstaltung

Einführung in die wissenschaftliche Untersuchung im Rahmen der MKS

Prof. Dr. Martin Wietschel, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)

- Die Dringlichkeit, Klimaschutzmaßnahmen in allen Sektoren und damit auch im Verkehr umzusetzen, ist allein daran ersichtlich, dass die Summe der zukünftig zulässigen Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) heute allein durch den Landwirtschaftssektor erzeugt werden.
- Die Brennstoffzellentechnologie bietet eine Möglichkeit, den Güterverkehr zu elektrifizieren und bei Nutzung von erneuerbarem Wasserstoff die THG-Emissionen deutlich zu reduzieren. Eine besondere Herausforderung stellen dabei die großen Gewichtsklassen und Sattelzugmaschinen aufgrund ihres hohen Leistungsbedarfs dar. Aber auch die kleineren Gewichtsklassen sind aufgrund ihrer größeren Anzahl interessant zu betrachten. In der vorliegenden Untersuchung wurden Wirtschaftlichkeitsberechnungen für alle Größenklassen durchgeführt.
- Bei der Elektrifizierung des Lkw-Verkehrs müssen auch Konkurrenztechnologien wie PtL-Kraftstoffe und Oberleitungen sowie deren Akzeptanzchancen betrachtet werden. So gilt es bei dem Einsatz von Erneuerbaren Energien auch weitere sensible Aspekte zu berücksichtigen. In einer dekarbonisierten Welt ist für strombasierte Kraftstoffe etwa die Abscheidung von CO₂ aus der Luft notwendig, was zu einem deutlichen Kostenanstieg führt. Für die direkte Nutzung des Stroms wäre wiederum der Aufbau einer zusätzlichen Netz-Infrastruktur notwendig.
- Für die aktuelle Untersuchung wurden gründliche Studienanalysen sowie ergänzende internationale Expertenbefragungen durchgeführt. Mit dem Fachworkshop sollen nun weitere relevante Perspektiven eingebunden werden. Dazu erhalten die Teilnehmenden die Möglichkeit, auch im Nachgang der Veranstaltung auf Basis der Diskussionsfolien noch weitere Anmerkungen einzureichen.

Praxisvorträge: Die Entwicklung der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-technologie im Lkw-Verkehr

Prof. Dr. Werner Tillmetz, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

- Die Brennstoffzellen-Technologie für Nutzfahrzeuge sei prädestiniert für den ÖPNV und den innerstädtischen Liefer- und Verteilverkehr, um dort einen Beitrag zur Einhaltung der sich verschärfenden Emissionsgrenzen zu leisten.
- Zur Erhöhung der Leistung könnten mehrere Stacks modular zusammengestellt werden.
- Wichtig sei eine angepasste Hybridisierungs- und Betriebsstrategie für die Nutzfahrzeugantriebe.
- Technologieentwickler und -treiber seien traditionell die Pkw-Hersteller. Um Brennstoffzellen auch im Nutzfahrzeugbereich zu etablieren, müssten entsprechend Synergien mit dem Pkw genutzt werden. Weiterhin seien hohe Stückzahlen erforderlich, um Skaleneffekte zu generieren und somit die Kosten zu reduzieren.
- Um die internationale Wettbewerbsfähigkeit zu sichern, bestehe bei der Brennstoffzellen-Herstellung ein akuter Handlungsbedarf für den Aufbau einer Zulieferindustrie in Deutschland.
- Über das nationale Investitionsförderprogramm (NIP) sollen bis 2023 durch die H₂-Mobility Initiative 400 kommerzielle H₂-Tankstellen aufgebaut werden. Hier würde es sich anbieten, Tankstellen auch in den Depots von Unternehmen mit entsprechender Flottengröße aufzubauen.

- Es werde für die Zukunft eine deutliche Kostensenkung bei Brennstoffzellen erwartet. Derzeit lägen die Kosten (für hohe Stückzahlen) bei ca. 47\$/kW. Das Ziel des US Department of Energy (DOE) liege bei 30\$/kW. Der größte Kostentreiber sei derzeit das benötigte Platin. Laut einer Studie aus dem Jahr 2010 seien ab ca. 2025 jedoch alle Antriebsarten im gleichen Kostenkorridor (Vgl. McKinsey, a portfolio of power-trains for Europe: a fact based analysis).
- Die Gesamtnutzungskosten (Total Cost of Ownership – TCO) würden gerade im Güterverkehr von den Betriebskosten (Personal) dominiert. Abschreibungen hätten im Vergleich dazu einen eher geringen Anteil. Aufgrund der schnellen Betankung und hohen Reichweite würden die Kosten ähnlich wie bei heutigen Dieselfahrzeugen liegen (EU Busstudie von Roland Berger).

Thomas Melczer, Proton Motor Fuel Cell GmbH

- Deutschland dürfe bei der Anwendung der Brennstoffzelle im Verkehr nicht den Anschluss an China und Japan verlieren. Wichtig seien dafür insbesondere langfristig stabile Rahmenbedingungen bei der Technologieförderung.
- Auf Angebotsseite sollte die Förderung vor allem die technische Weiterentwicklung der Komponenten (Luftversorgung, Kompressoren, Stromwandler) fokussieren. So gebe es derzeit erhebliche Probleme mit der Zulassung der Komponententeile. Weitere Forschung sei hinsichtlich des Aufbaus von Produktionsanlagen für Stacks notwendig.
- Ergänzend zur Förderung des Angebots müsse auch über eine Förderung der Nachfrage (z.B. Kaufprämien) bzw. Regulierung der Nachfrage (z.B. konsequente Umsetzung von Umweltzonen) nachgedacht werden; begleitet von einer entsprechenden Kommunikationskampagne.
- Große Potenziale gebe es insbesondere im Segment der Hybrid-Lösungen, bei denen Brennstoffzellen als Range-Extender in Ergänzung zur Batterie eingesetzt werden. Der Einsatz der Brennstoffzelle erhöhe dabei die Lebensdauer der Batterie. Die größte Herausforderung bestehe jedoch darin, die Nutzlast innerhalb des akzeptablen Bereichs zu halten. So könne etwa weniger Last transportiert werden, wenn die Batterie sehr groß und damit sehr schwer ist. Kleinere Batterien erhöhten hingegen den Ladebedarf.
- Die Brennstoffzelle sei im Lkw-Segment zunächst bei leichten Fahrzeugen durchzusetzen. Langfristig können sie aber auch im schweren Lkw-Verkehr eingesetzt werden.

Diskussion

- Für den erfolgreichen Aufbau der Brennstoffzellen-Industrie müsse in langfristigen Zyklen (mind. 10 Jahre) gedacht und geplant sowie in diesem Zeitraum konsequent gefördert werden.
- Für ein Gelingen der Energiewende seien nicht nur innerstädtische Verteilverkehre, sondern insbesondere auch schwere Überlandverkehre einzubeziehen. Hier sei der Diesel bereits stark optimiert, was den Wettbewerb der Technologien aktuell erschwere. Doch lassen sich weitere THG-Reduktionen beim Diesel-Lkw nur noch durch den Einsatz von Biodiesel oder PtL-Kraftstoffen realisieren. Die meisten Teilnehmenden vertreten die Ansicht, dass das Potenzial zur vollständigen Dekarbonisierung aufgrund unklarer Verfügbarkeiten und Kosten von Bio- und PtL-Kraftstoffen nur gering sei.

Schwerpunktthema I – Marktpotenzial für Brennstoffzellen-Lkw

Dr. Till Gnann, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung

- Für Fahrzeuge in unterschiedlichen Größenklassen und mit verschiedenen Fahrleistungen wurden die TCO für heute (2015) und die Zukunft (2030) berechnet. Die Abstimmung einiger Eingangsparameter wurde bereits im [MKS-Fachworkshop zum Hybrid-Oberleitungs-Lkw](#) (HO-Lkw) am 1. März 2016 abgestimmt.

- Das Marktpotential für Brennstoffzellen-Fahrzeuge wurde eher in den kleinen Größenklassen ermittelt (3,5-7,5 t, Größenklasse 2).
- Über alle Größenklassen hinweg stehen insbesondere Gasfahrzeuge (CNG/LNG) in Konkurrenz zu Brennstoffzellen-Fahrzeugen. In den kleinen Größenklassen konkurrieren sie zudem mit reinen Batteriefahrzeugen (BEV). In der Größenklasse 4 und bei Sattelzugmaschinen (SZM) sind zudem HO-Lkw die größten technischen Konkurrenten.
- Der erwartete Marktanteil der Brennstoffzellen-Lkw liegt im Jahr 2030 bei ca. 1-3%. Ausschlaggebend für diesen Wert sind insbesondere die Konkurrenztechnologien, die Jahresfahrleistung und die Energiepreise, jedoch weniger die technischen Parameter.
- Relevante Treiber der Brennstoffzellen-Technologie im Verteiler-Verkehr können die Schadstoff-Grenzwerte in urbanen Räumen sowie die damit verbundenen möglichen Einfahrverbote für Verbrennungsmotoren sein.
- In den Berechnungen wird eine Abgabe für den CO₂-Ausstoß berücksichtigt. Wenn keine Abgaben für den Ausstoß von Emissionen zu bezahlen sind, ändert sich das Ergebnis nicht wesentlich im Vergleich zum Basisszenario, bei dem die Durchschnittsemissionen der Stromerzeugung für Brennstoffzellen-Fahrzeuge angesetzt werden. Mit Nullemissionen ergibt sich ein deutlich positiveres, mit Grenzemissionen ein deutlich negativeres Bild.

Diskussion

- Es wurde angemerkt, dass sich ein Infrastrukturaufbau für Erdgas langfristig nicht lohne, wenn die Klimaziele ernstgenommen werden. Statt Erdgas steuerlich zu fördern, sollten die Gelder lieber in die Förderung der zunehmenden Elektrifizierung des Lkw-Verkehrs fließen.
 - ➔ Im Rahmen der MKS werden die vorhandenen Technologien separat voneinander hinsichtlich ihrer Marktchancen und ihrem damit verbundenen Beitrag zur Dekarbonisierung betrachtet. Unter Berücksichtigung der europäischen Entwicklungen sowie unterschiedlicher Zeiträume dienen diese Untersuchungen als Grundlage für die Gestaltung von Maßnahmen zur Energiewende im Verkehr.
 - ➔ Bei Power-to-Liquid oder Power-to-Gas Optionen würden Infrastrukturinvestitionen nicht umsonst sein bzw. gar nicht erst notwendig werden. In den vorliegenden Untersuchungen würden jedoch bislang keine Infrastrukturkosten für die Technologien berücksichtigt.
- Fraglich sei, ob die in der Untersuchung angegebenen Kostensteigerungen für Energie ausreichend seien.
 - ➔ Für den Abschlussbericht wurde eine weitere Detaillierung der Energiekosten (inkl. einer Rechnung ohne Steuern und Abgaben) in Aussicht gestellt. Die Quellen zu den angenommenen Preisen werden dokumentiert.
- Ungeklärt sei, wie sich niedrige Strompreise (z.B. im Nahen Osten) auch auf die Wasserstoff-Preise in Europa auswirken könnten.
 - ➔ Ein Import über Energiekorridore sei grundsätzlich denkbar, jedoch nicht zwingend wirtschaftlicher als die Herstellung vor Ort. Denn die Herstellung, Verflüssigung und Verteilung des Wasserstoffs habe einen erheblichen Einfluss auf die Preise. Dieser Sachverhalt könnte in einer anderen Untersuchung betrachtet werden.
- Ein TCO-Ansatz sei mit hohen Unsicherheiten und einer hohen Komplexität behaftet, die Anwendung sei daher zu hinterfragen.
 - ➔ Der TCO-Ansatz sei aufgrund des Bedarfs nach einer detaillierten und möglichst realistischen Wirtschaftlichkeitsberechnung erforderlich.

Der Transportmarkt sei hart umkämpft (Deutschland verliere jährlich ca. 1% Marktanteil ans Ausland) und TCO sei daher ein guter Indikator, welche Technologien Marktpotential besitzen. Speditionen rechnen alle auf Basis von TCO.

- Weiterhin wurde darauf hingewiesen, dass keine Infrastrukturkosten bei den SZM einbezogen seien (wie auch beim HO-Lkw).
- Die Lkw-Hersteller teilen die Meinung der Wissenschaftler, dass die Technologiediffusion ausreichend Zeit benötigt, da der Lkw-Markt nicht besonders innovationsfreudig sei. Entscheidend sei für sie, dass für den Kunden ein entsprechender Nutzen generiert werde.

Schwerpunktthema II – Stand der Forschung und Entwicklung

Dr. Axel Thielmann, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung

- In einem top-down-Ansatz wurden im Rahmen der Untersuchung internationale und nationale Experteninterviews sowie eine Desktop-Recherche zu bisherigen Untersuchungen und Patenten durchgeführt.
- Hinsichtlich der Publikationen zum Einsatz der Brennstoffzellen-Technologie im Lkw dominieren die USA und China. Hauptanmelder internationaler Patente sind neben den USA hingegen Japan und Deutschland. In China werden vor allem nationale Patente angemeldet.
- Der Höhepunkt von Publikationen und Patenten im Bereich des Brennstoffzellen-Pkw war zwischen 2005 und 2010. Aktuell ist eine Stagnation zu beobachten. Bei Brennstoffzellen-Nutzfahrzeugen entwickelt sich seit den Jahren 2010/2011 eine hohe Dynamik, die insbesondere auf Busse zurückzuführen ist. Der Stand der Forschung und Entwicklung beim Brennstoffzellen-Lkw scheint denen der Brennstoffzellen-Pkw um 10 bis 15 Jahre zu folgen. Es ist mit entsprechenden Synergiepotenzialen zu rechnen.
- Auch in den anderen untersuchten Ländern gibt es derzeit keine gezielte Förderung für Brennstoffzellen-Lkw. Der Fokus liegt nach wie vor auf Pkw und Bussen. In vielen Ländern sind Brennstoffzellen-Lkw vor allem für Hafenverkehre interessant.
- Insbesondere Deutschland und Japan haben ein gutes Potenzial für einen Markthochlauf sowie die Technologieführerschaft.

Diskussion

- Ein höheres Gewicht bedeute keine Einschränkung für die Lebensdauer. Bei größeren Klassen werde hingegen die Größe des Tanks eine besondere Herausforderung. Der Energieinhalt pro Volumen müsse entsprechend erhöht werden. Für eine Laufleistung von 800-1.000km/Tag seien ca. 80-90kg Wasserstoff im Lkw unterzubringen. Dies sei mit derzeitigen Längenvorgaben nicht machbar, da die Speicher mehr Platz benötigten. Forschungsbedarf bestehe hinsichtlich preiswerter und großer 700bar Gasdruckflaschen sowie der Zuladung und der Zuverlässigkeit.
- Dass sich der Brennstoffzellen-Lkw in der Forschung 10-15 Jahre hinter dem Pkw befinde, wurde nicht von allen Teilnehmern geteilt. Man sei durch die Bus-Synergien fast gleichauf.
- Es wurde darauf hingewiesen, dass 350 kW Spitzenleistung nur sehr selten benötigt werden. 220-240 kW seien ausreichend und der Rest könne mit einer Hybrid-Lösung erreicht werden.
 - ➔ Anmerkung der Spediteure im Nachgang des Fachworkshops: Im Fernverkehr seien geringere Motorleistungen nicht akzeptabel, wohingegen im Nahverkehr dies evtl. für gewisse Unternehmen möglich wäre.
- Es wurde weiterhin darauf hingewiesen, dass Service-Werkstätten, Infrastruktur und Sicherheitsanforderungen speziell für BZ-Lkw von Nöten seien. Außerdem müsse die Nutzerfreundlichkeit gewährleistet sein (Stack-Tausch). Auch hier bestehe Forschungsbedarf.

Schwerpunktthema III – Forschungsbedarf und Handlungsempfehlungen für die Politik

André Kühn, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung

Im Sinne des added-value werden im Folgenden ausschließlich neue Aspekte aufgeführt:

- Die Marktpotentiale sind maßgeblich von der zukünftigen Energiebesteuerung abhängig, da die Kraftstoffkosten beim Lkw einen wesentlich höheren Anteil an den Gesamtkosten als beim Pkw haben. Insofern ist auch der Wirkungsgrad der Brennstoffzelle entscheidend und die Forschung dazu besonders relevant.
- Weitere Forschungsschwerpunkte sind die Synergiepotenziale zum Pkw und Bus-Bereich, um die Lebensdauer zu erhöhen, die Standardisierung voranzutreiben, die Produktionskosten und das benötigte Volumen zu reduzieren sowie die Sicherheitsanforderungen und die Akzeptanz zu gewährleisten.
- Die Tankstelleninfrastruktur muss konkret auf Lkw zugeschnitten und zuverlässiger werden. Die aktuelle Tankstellenplanung ist nur auf Pkw ausgerichtet; die Zuverlässigkeit der bestehenden Tankstellen beträgt jedoch nur 70-80%. Hier besteht großer Entwicklungsbedarf.
- Um die notwendige Leistung beim schweren Lkw-Verkehr von 300 und 350 kW zu gewährleisten, bedarf es einer Batterie-Hybrid-Lösung oder der kurzfristigen Speicherung mithilfe von Supercaps. Die konkrete Praktikabilität gilt es noch zu untersuchen.
- Bei der Reichweite müssen aufgrund der Dimensionierung des Tanks Abstriche im Vergleich zum Diesel-Lkw in Kauf genommen werden. Während der Diesel-Lkw Reichweiten von bis zu 3.000 km schafft, sind mit dem Brennstoffzellen-Lkw Reichweiten von bis zu 800 km möglich. Diese Einschränkung wirkt sich konkret auf die Positionierung der Tankstellen aus. Umwege für die Betankung werden im Lkw-Verkehr noch weniger akzeptiert als im Pkw-Verkehr. Zu untersuchende Lösungen können daher expeditionsspezifische Routenintegrationen oder betriebseigene Tankstellen darstellen.
- Die sozio-politische Akzeptanz sowie die regionale Akzeptanz für die Anwendung von Wasserstoff ist aufgrund des geringen Wissens in der Gesellschaft noch gering. Es gilt daher das Thema bei Brennstoffzellen-Projekten im Bus- und Bahnbereich zu fördern und Spill-Over-Effekte zu nutzen.

Diskussion

- Vorschlag: Es könnten in einem ersten Schritt die TEN-T Korridore für den Fern- und Verteilverkehr mit Wasserstoff-Tankstellen mit max. 200 km Tankstellen-Abstand ausgebaut werden. Es sei ein politischer Ansatz wie bei AFID (EU-Richtlinie über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe) notwendig.
- Es wurde darauf hingewiesen, dass Tankstellen unterschiedliche technologische Auslegungen aufweisen. Insofern sei eine professionelle Netzwerkplanung von Nöten um die Nutzer der gleichen Systeme zu bündeln. Hier könne eine Anbindung an konventionelle Projekte erfolgen.
- Es wurde vor einer Überdimensionierung der BZ-Leistung gewarnt. Stattdessen sollte es routenspezifische Auslegungen geben (z.B. mit und ohne Steigungen). Dem gegenüber stehe jedoch, dass viele (insbesondere mittelständische) Logistiker auf die Flexibilität der Systeme angewiesen sind. Geringe Leistungen können aber für gewisse Nischen ausreichend sein.

Bewertung von Handlungsempfehlungen

Im Anschluss an die dargestellten Diskussionen wurden von der wissenschaftlichen Begleitung acht Handlungsempfehlungen (s.u.) vorgestellt und begonnen, diese mit den Teilnehmenden zu diskutieren.

Auch im Nachgang zum Fachworkshop erhielten die Teilnehmenden die Möglichkeit, die Handlungsempfehlungen zu bewerten. Dabei konnten sie diese auch hinsichtlich des Zeithorizonts (kurzfristig bis 2020, mittelfristig 2020 bis 2025 sowie langfristig ab 2025) bewerten und untereinander priorisieren. Dabei wurden auch weiterführende Fragestellungen für mögliche Folgeprojekte benannt.

Alle Eingaben wurden von IFOK für die weitere Verwendung im Rahmen der Untersuchung gebündelt und an die wissenschaftliche Begleitung sowie das BMVI weitergeleitet. Die Teilnehmenden des Fachworkshops erhalten nach der Auswertung der Rückmeldungen eine Zusammenfassung aller Eingaben sowie die Einschätzung durch die wissenschaftliche Begleitung.

Handlungsempfehlungen

1. *Konkurrenztechnologien angemessen berücksichtigen.*
 - ➔ Im Verteilerverkehr besteht Konkurrenz durch BEV und CNG, im Fernverkehr durch HO-Lkw und CNG/LNG. TCO-Unterschiede sind teilweise gering. Die Betriebskosten der Technologien hängen in nicht unerheblichem Maße von der zukünftigen Besteuerung der Kraftstoffe ab (z.B. CNG/LNG, Wasserstoff).
2. *Spill-Over-Effekte aus dem BZ-Pkw und Bus nutzen, aber nicht überschätzen.*
 - ➔ Fortschritte bei Kaltstartfähigkeit, Zuverlässigkeit, Akzeptanz und Sicherheit können auch für Lkw nützlich sein. Allerdings existieren für Lkw abweichende Anforderungen (z.B. Tankvolumen, Tankstellen, ...).
3. *Verbesserung des Wirkungsgrades zur Senkung der Kraftstoffkosten.*
 - ➔ Der Anteil der Kraftstoffkosten ist bei Lkw bedingt durch die hohen Fahrleistungen deutlich höher als bei Pkw. Effizienzsteigerungen bei der BZ wirken daher deutlich stärker auf die TCO.
4. *Anforderungen des Lkw beim Aufbau einer Tankstelleninfrastruktur berücksichtigen.*
 - ➔ Lkw tanken nicht an denselben Orten wie Pkw oder Busse. Die Tankstelleninfrastruktur muss die Umwege für die Transportdienstleister minimieren. Konzepte für dezentrale H₂-Tankstellen auf Betriebsgeländen sind zu untersuchen.
5. *Energiegehalt des Wasserstofftanks erhöhen.*
 - ➔ Die Energiedichte von Wasserstoff ist deutlich geringer als die des Diesels. Um ähnliche Reichweiten bei geringen Nutzlast- und Volumeneinbußen zu erreichen, müssen bei Lkw über 12 t zGG die zulässigen Maße der Lkw angepasst und / oder alternative Speichertechnologien untersucht werden (Flüssig-H₂, Hydrid-Speicherungen).
6. *Akzeptanz von veränderten Reichweiten, Tankinfrastrukturen und Motorleistungen.*
 - ➔ Minimale Marktanforderungen an die Antriebstechnologie sind zu identifizieren, um marktgerechte Lösungen anbieten zu können, die technologisch umsetzbar sind und attraktive Marktpreise aufweisen.
7. *Brennstoffzellen mit hohen Leistungen bzw. Hybridsystemen.*
 - ➔ Lkw benötigen im speziellen für Beschleunigung und Steigungsfahrten hohe Leistungen. Hybrid-Technologien (z.B. mit Batterien) sind zu untersuchen, um diese Leistungsspitzen bereitstellen zu können.
8. *Skalierbarkeit von Brennstoffzellen.*
 - ➔ Derzeitige BZ-Anwendungen enden bei einer Leistung von etwa 150 kW. Die Produktionskosten könnten bei der Möglichkeit einer Skalierbarkeit der Pkw-BZ auf Leistungsstufen um die 200 bis 300 kW von den Skaleneffekten aus der Pkw-Produktion profitieren.

Impressionen des Fachworkshops



Kontakt und weitere Informationen

Für Rückfragen stehen Ihnen zur Verfügung:

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)

Prof. Dr. Martin Wietschel / Dr. Till Gnann / Dr. Axel Thielmann / André Kühn

Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe

Martin.Wietschel@isi.fraunhofer.de / till.gnann@isi.fraunhofer.de / axel.thielmann@isi.fraunhofer.de / andre.kuehn@isi.fraunhofer.de

IFOK GmbH

Christian Klasen

Reinhardtstraße 58, 10117 Berlin

christian.klasen@ifok.de

Begleitende Webseite zur Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie: www.mks-dialog.de