

Einsatzpotential von Brennstoffzellen im Straßengüterverkehr

Projektarbeit

Masterstudiengang

SENCE

Valentin Zeise

Matr.-Nr.: 3114836

Betreuer: Maike Schmidt, Dipl.-Wirt.-Ing., ZSW Stuttgart

Dozent: Dr. Alexander Kabza, Hochschule Ulm

Kurzfassung

Für die Zukunft des Energiesektors sieht die Bundesregierung eine deutliche Reduktion der Treibhausgase vor. Gerade im Verkehrssektor müssen dazu alternativer Kraftstoff- und Antriebspfade eingeschlagen werden. Für den Straßengüterverkehr wird in den kommenden Jahren ein deutlicher Anstieg der Verkehrsleistung erwartet. Dem gegenüber stehen steigende Kraftstoffkosten und die geforderten Senkungen von Emissionen. Effizienzmaßnahmen von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor können diese Reduktionsziele alleine nicht erreichen. In den nächsten Jahren sollen PKW mit Brennstoffzellenantrieben mit steigender Stückzahl in den Handel kommen. Die hier vorliegende Arbeit setzt sich mit dem Brennstoffzellenantrieb in Nutzfahrzeugen ab 3,5 t auseinander und prüft das derzeitige technische und ökonomische Einsatzpotential von Brennstoffzellenantrieben im Straßengüterverkehr. Zur Vermeidung von Emissionen kommt als Kraftstoff ausschließlich Wasserstoff in Frage. Wasserstoff kann elektrolytisch mittels regenerativ erzeugter elektrischer Energie hergestellt werden und kann daher als weitestgehend CO₂-Neutral betrachtet werden. Der Vorteil von Wasserstoff ist dessen zeitlich und räumlich unabhängiger Einsatz und sein hoher Heizwert. Zur Bereitstellung von Wasserstoff für Fahrzeuge muss eine passende Infrastruktur umgesetzt werden. Die Erzeugung von Wasserstoff kann direkt vor Ort an Wasserstofftankstellen eingerichtet werden. Alternativ kommen auch Pipelines oder der Transport mittels LKW in Frage. Pipelines sind sehr kostenintensiv, der Transport per LKW ineffizient und die Vorortherzeugung bedeutet lokal einen hohen technischen Aufwand. Entscheidend für die Bereitstellung von Wasserstoff ist die Menge des möglichen Wasserstoffabsatzes. Als Brennstoffzelle kommt für die mobile Anwendung aufgrund der hohen Leistung (Systemwirkungsgrad bis 40%), des guten dynamischen Verhalten (Einsatzgeschwindigkeit... etc.) und ihrer guten Integrationsfähigkeit nur ein PEMFC (Proton Exchange Membran) in Frage. Die Brennstoffzelle kann mit der Reichweite und der Flexibilität von aktuell eingesetzten Dieselfahrzeug gut mithalten, problematisch ist die Menge Wasserstoff die dafür mitgeführt werden muss. Zwar hat das Brennstoffzellensystem zu Leistungsbereitstellung mit der elektrochemischen Umwandlung von Wasserstoff zu Wasser einen deutlich besseren Wirkungsgrad als jeder Verbrennungsmotor, dafür hat der gasförmige Wasserstoff selbst unter 700 bar einen hohen Raumbedarf. Flüssigwasserstoff mitzuführen ist zwar möglich, aber sehr aufwendig zu erzeugen und mit einer hohen Verlustrate behaftet. Ein 700 bar Wasserstoff-Druckspeichertank für ein schweres Nutzfahrzeug (40 t) bei einer Reichweite von 1000 km wiegt etwa 1,7 t. (Dieseltank: 0,41 t). Ein Kleinlaster (7,5 bis 16 t) benötigt für eine Reichweite

von etwa 550 km einen Druckspeicher mit ca. 170 kg (Dieseltank: 103 kg). Aufgrund der kleinen Stückzahl von Brennstoffzellen sind diese noch sehr kostspielig. Für ein schweres Nutzfahrzeug wird eine Kostensenkung in der Herstellung bis 2030 allein für den Antrieb von derzeit geschätzten 292.000 € auf 24.000 € erwartet. Für Dieselfahrzeuge gleicher Fahrzeugklassen steigen die Herstellungskosten aufgrund teurer Effizienzmaßnahmen auf annähernd denselben Betrag (23.450 €). Ähnlich verhalten sich die Gesamtbetriebskosten (TCO). Derzeit würden die TCO inklusive Steuern für Brennstoffzellen-LKW (40 t) noch 1,68 bis 2,39 € je km (Diesel: 1,19 € je km) und bei Kleinlastern 1,48 bis 1,97 € je km ausmachen (Diesel: 1,08 € je km). Für 2030 werden Kosten von 1,19 bis 1,79 € je km bei schweren Nutzfahrzeugen (Diesel: 1,16 bis 1,24) und 1,07 bis 1,34 € je km bei Kleinlastern abgeschätzt (Diesel: 1,07 bis 1,11). Für Diesel steigen die Kosten aufgrund der Rohstoffpreisentwicklung und des aufwendiger werdenden Dieselmotors weiter an. Für Brennstoffzellen werden sie aufgrund von höheren Produktionsaufkommens der Antriebssysteme und der großflächigeren Wasserstoffher- und bereitstellung weiter fallen.

Insgesamt steht dem technischen Einsatz von Brennstoffzellen nichts im Weg. Etwa 78 % der Gesamtmenge des Transports im Straßengüterverkehr (1,6597 Mrd. t) werden nur bis zu einer Entfernung von 50 km transportiert. Die Ausrüstung mit riesigen Wasserstoffspeichern ist also nicht zwingend notwendig solange Tankgelegenheiten zur Verfügung stehen. Die Entwicklung und Forschung in der Technik rund um das Brennstoffzellensystem und seiner Versorgungsstruktur können noch große Fortschritte erzielen. Ebenso wird die Wirtschaftlichkeit eines Fahrzeugs mit Brennstoffzellenantrieb relativ bald der eines klassischen Fahrzeugs mit fossilem Antrieb entsprechen. Hier kann der Einsatzzeitpunkt politisch durch Subvention der Fahrzeuge vorgelegt und das Konzept insgesamt für Kunden schon früher attraktiv werden.