

INNOVATIVE ANTRIEBE MIT BRENNSTOFFZELLE – POTENZIAL UND BEISPIELE

Alexander TRATTNER¹, Frank MAIR¹, Patrick PERTL¹, Manfred KLELL^{1,2}

Problemstellung und Motivation

Um die in Paris 2015 beschlossenen Klimaziele zu erreichen, ist die Dekarbonisierung unseres Energiesystems erforderlich. Grüner Strom und grüner Wasserstoff aus Power-to-Gas-Anlagen sind die einzigen kohlenstofffreien Energieträger für diese Energiewende. Sie erlauben nicht nur einen emissionsfreien Energiekreislauf, sondern durch Nutzung von elektrochemischen Maschinen anstelle von Wärmekraftmaschinen auch einen deutlich höheren Wirkungsgrad und damit geringeren Energiebedarf. Wasserstoff ist der Schlüssel für den Ausbau der erneuerbaren Stromproduktion aus Wind, Wasser und Sonne, da langfristige und effiziente Energiespeicherung kostengünstig ermöglicht wird. Zudem ermöglicht Wasserstoff eine Verschränkung der verschiedenen Energie- und Nutzungssektoren (Haushalt, Industrie und Mobilität) und bietet damit gleichzeitig die nötige Flexibilität und Netzstabilisierung für Energiesysteme mit hohen erneuerbaren Anteilen. Durch die essentielle Bedeutung des Wasserstoffs für das erneuerbare Energiesystem wird dieser kostengünstig und in großen Mengen für die Mobilität verfügbar sein.

Speziell im Verkehrssektor ist die derzeit zu über 90 % fossil basierte Mobilität vollständig auf Elektromobilität, Brennstoffzelle und Batterie, umzustellen. Für kurze Strecken bei niedrigen Lasten bietet sich dabei die Batterie-Elektromobilität mit Battery Electric Vehicles (BEVs) an. Diese bieten höchste Wirkungsgrade, erfordern aber lange Ladezeiten. Die Aufladung der Batterien erfolgt derzeit mit maximal 120 kW, bei zunehmender Fahrzeugzahl stellen die bereitzustellende Energie und Leistung noch nicht gelöste Anforderungen an die Stromnetze. Die Aufladezyklen begrenzen die Lebensdauer der Batterien, Aufladungsverhalten und Reichweite der Batterien verschlechtern sich bei tiefen Temperaturen. Innovative Antriebe mit Brennstoffzelle kompensieren diese konzeptbedingten Nachteile der rein batterieelektrischen Antriebe und sind vor allem bei geforderten hohen Reichweiten und Zuladungen das bevorzugte Konzept. Nichtsdestotrotz benötigt jedes Brennstoffzellen-Fahrzeug (FCEV - fuel cell electric vehicle) auch eine Batterie für die Rekuperation der Bremsenergie und ist somit ein Elektro-Hybrid-Fahrzeug, so dass Batterie und Brennstoffzelle synergetisch zusammenarbeiten und keinen Widerspruch darstellen.

Inhalt

Der erste Teil dieser Veröffentlichung zeigt einen Überblick über den derzeitigen Technologiestatus von wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellenfahrzeugen. Die entsprechenden Fahrzeugkonzepte reichen von fast reinem Brennstoffzellenbetrieb mit sehr kleiner Batterie bis zu Range Extender Konzepten, in denen eine kleine Brennstoffzelle vor allem zur Ladung der Batterie und damit Erhöhung der Reichweite eingesetzt wird. In der Mobilität werden aufgrund ihres guten dynamischen Verhaltens und der geringen Kosten in Serienproduktion überwiegend PEM (Polymerelektrolytmembran) Brennstoffzellen verwendet, die hochreinen Wasserstoff benötigen. Beispielhaft werden Projekte mit Anwendungen von PEM Brennstoffzellen in PKW, LKW und Bus vorgestellt. Auch Sonderanwendungen, wie zum Beispiel Züge und Pistengeräte werden betrachtet.

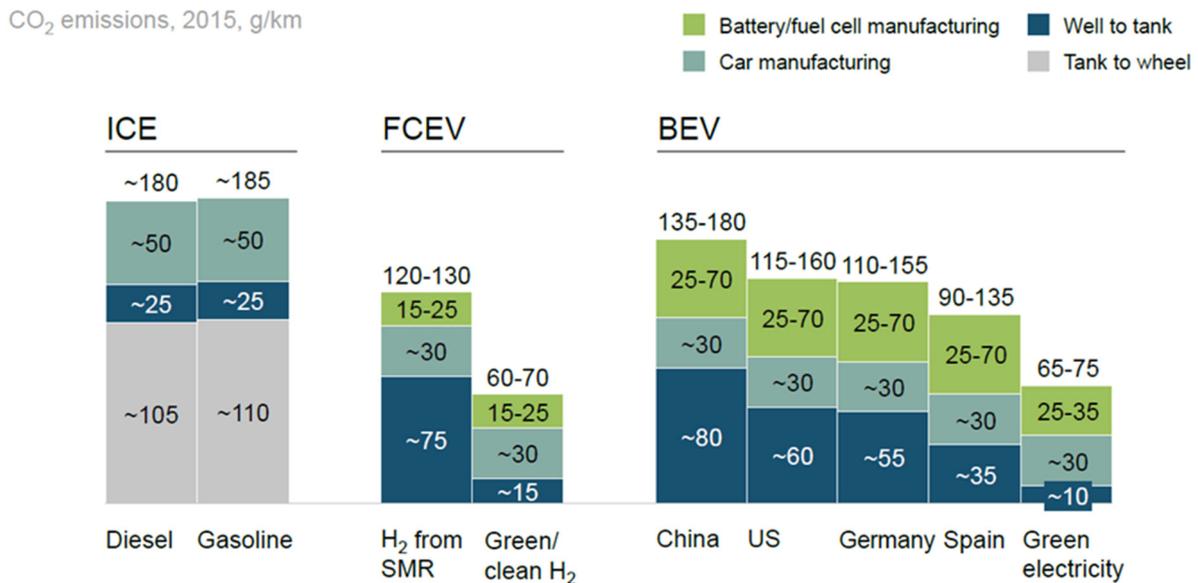
Der zweite Teil beinhaltet detaillierte Lebenszyklus- und Kostenanalysen von Brennstoffzellenantrieben im Vergleich zu verbrennungskraftmotorischen und rein batterieelektrischen Antrieben. Die Lebenszyklusanalyse berücksichtigt dabei die Umweltwirkung (CO₂-Emissionen) von Produktion, Nutzung und Entsorgung. Des Weiteren wird der Einfluss von Heizung bzw. Kühlung der Fahrgastzelle untersucht. Die Ergebnisse basieren auf Längsdynamiksimulationen verschiedener Fahrzyklen und Anwendungen.

¹ HyCentA Research GmbH, Inffeldgasse 15, 8010 Graz, Tel.: +43 316 873-9501, office@hycenta.at, www.hycenta.at

² Technische Universität Graz, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik, Inffeldgasse 19, 8010 Graz, klell@ivt.tugraz.at

Ergebnisse

Der PEM Brennstoffzellentechnologie in Kombination mit grünem Wasserstoff kommt eine essentielle Bedeutung zur Emissionsreduktion zu, da diese die geringsten CO₂-Emissionen aller Fahrzeugkonzepte über den gesamten Lebenszyklus (Produktion, Betrieb, Recycling) aufweist, siehe Abbildung 1. Selbst bei der Verwendung von Wasserstoff aus Dampfreformierung (SMR - steam methane reforming) sind die Emissionen eines PEM FCEV um 20 bis 30 % geringer als bei einem vergleichbaren Fahrzeug mit Verbrennungsmotor (ICE - internal combustion engine). Zusätzlich weisen Elektrofahrzeuge mit PEM Brennstoffzellen in Großserie geringere Kosten als reine batterieelektrische Fahrzeuge bei gleichen Stückzahlen auf.



Assumption: compact car (C-segment) as reference vehicle (4.1 l/100 km diesel; 4.8 l/100 km gasoline; 35.6 kWh battery), 120,000 km lifetime average grid emissions in China, Germany, Spain in 2015; EV manufacturing (excl. fuel cell and battery) 40% less energy-intensive than ICE manufacturing; 10 kg CO₂/kg H₂ from SMR; 0.76 kg H₂/100 km; 13 kWh/100 km

Abbildung 1: CO₂-Emissionen über den gesamten Lebenszyklus eines C-Segment PKWs (Quelle: Hydrogen Council: „Hydrogen scaling up - A sustainable pathway for the global energy transition“, Nov. 2017)

Ein weiterer Vorteil von FCEVs zeigt sich bei der Beheizung des Fahrzeuginnenraums. Dazu kann bei Brennstoffzellenantrieben die Abwärme, bei einem Temperaturniveau von ca. 90 °C, genutzt werden. Bei batterieelektrischen Fahrzeugen hingegen, muss dazu eine elektrische Heizung vorgesehen werden. Dies führt speziell bei tiefen Umgebungstemperaturen zu einem deutlich höheren Energieverbrauch und somit zu einer geringeren Reichweite des Fahrzeugs.

Durch die Trennung von Energiespeicher, meist der Wasserstofftank, und Energiewandler, die Brennstoffzelle, sind gegenüber Batterien deutlich höhere Leistungsdichten und damit Reichweiten bei kurzer Betankungsdauer realisierbar. An der Tankstelle wird Wasserstoff gelagert und wie bei konventionellen fossilen Kraftstoffen sind hohe Betankungsleistungen durch das Überströmen aus dem Tankstellenspeicher in den Fahrzeugtank möglich. Die Elektromobilität mit Brennstoffzelle bietet daher vor allem bei schwereren Fahrzeugen, höheren Belastungen, tiefen Temperaturen und Spezialanwendungen deutliche Vorteile gegenüber der Batterie-Elektromobilität. Entsprechende Serienprojekte befinden sich in Umsetzung, der Einsatz von Brennstoffzellen in Flugzeugen und Schiffen befindet sich im Versuchsstadium.