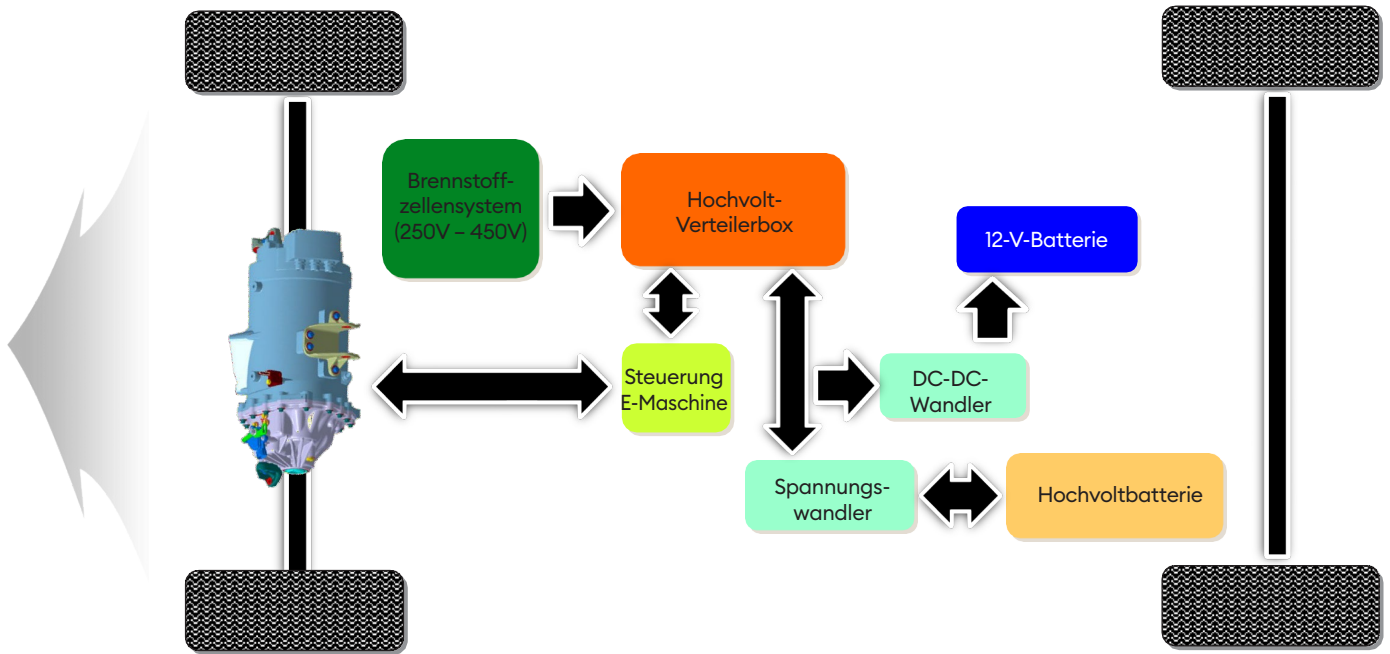


FC-Antriebsregelung

Gas: Wasserstoff



Die Brennstoffzelle versorgt die E-Maschine, die 12-Volt-Batterie via DC-DC-Wandler sowie die Hochvoltbatterie (Zwischenspeicher) mit elektrischer Energie. Bei transientem Verhalten (Beschleunigen) erhält die E-Maschine die elektrische Energie von der FC und der Hochvoltbatterie.

Die Antriebsregelung bei einem Brennstoffzellenfahrzeug (FCEV) ist komplex und technisch aufwendig. Die Brennstoffzelle liefert über die kalte Verbrennung von Wasserstoff H_2 und Sauerstoff O_2 die elektrische Energie für den Antrieb. Die Zelle weist im mittleren Lastbereich den höchsten Wirkungsgrad auf. Die Antriebsregelung wird so ausgelegt, dass die Brennstoffzelle nach Möglichkeit in diesem Betriebsfenster arbeitet. Die Herausforderung besteht darin, dass beim Beschleunigen, also dem transienten Betrieb, die Brennstoffzelle zu wenig rasch reagieren kann, um die Antriebsenergie direkt für die E-Maschine zu liefern. Die E-Maschine bezieht in diesem Betriebsfall einen Teil der elektrischen Energie aus der Hochvoltbatterie. Um die verbrauchte Energie wieder zu kompensieren, wird das Lastmanagement der Brennstoffzelle angepasst und die Leistung der FC erhöht, bis der SOC wieder ausgeglichen ist. Dies ist auch akustisch vernehmbar: Durch Hochfahren der FC-Leistung wird die Gebläsedrehzahl für die Zuführung von Luft zu den FC-Stacks erhöht.

Beinahe serieller Hybrid

Aufgrund dieser Konzeption ist die Brennstoffzelle wie ein Range Extender dimensioniert. Je nach Fahrsituation wird nur ein Teil des Stromes von der FC direkt in der E-Maschine in mechanische Energie umgewandelt. Entsprechend muss die Hochvoltbatterie als Energiepuffer dienen. Weder bei Hyundai noch bei Toyota kann die Hochvoltbatterie von extern geladen werden. Neben anderen wurden von Mercedes-Benz Proto-

typen versuchsweise im Plug-in-Betrieb untersucht. Es ist wichtig, dass der SOC der Hochvoltbatterie überwacht und das Hauptsteuergerät für die Energieregulierung kontinuierlich die Last der Brennstoffzelle regelt. Sollte der SOC unter 10-15% fallen, wird die Antriebsleistung reduziert und unter 5% SOC lässt sich das Fahrzeug nicht mehr starten. Dieser Ausfall ist allerdings nur möglich, wenn eine Undichtigkeit im Wasserstoffsystem vorhanden ist oder die Brennstoffzelle nicht korrekt arbeitet (bspw. Luftzufuhr eingeschränkt).

Antriebssteuerung

Bei beiden aktuell auf dem Schweizer Markt erhältlichen Wasserstofffahrzeugen, dem Hyundai Nexo und dem Toyota Mirai, ist ein Hauptsteuergerät verantwortlich für die Antriebsregelung. Im Bild ist die Regelung der Energieflüsse in der Hochvoltverteilerbox untergebracht. Aufgrund des Drehmomentwunsches des Fahrers und der eingeschalteten Verbraucher wie Klimaanlage mit dem elektrisch angetriebenen Klimakompressor errechnet das System kontinuierlich den Bedarf an elektrischer Energie aus der Brennstoffzelle. Angebot und Nachfrage sind also permanent überwacht. Die Brennstoffzelle des aktuellen Mirai vermag maximal 114 kW elektrische Leistung zu erzeugen. Die maximale Antriebsleistung wird mit 134 kW angegeben. Diese Leistungsdivergenz und der Energiebedarf anderer elektrischer Verbraucher wird von der Hochvoltbatterie gedeckt. Diese Energieflussregelung und Regelung der E-Maschine sowie der Brenn-

stoffzelle sind somit der grosse Unterschied zu konventionellen BEV. Was gleich bleibt, ist die Rekuperationsmöglichkeit beim Verzögern. Bei beiden E-Antriebsvarianten sollte die Hochvoltbatterie immer noch verfügbare SOC-Kapazitäten aufweisen, um beim Verzögern die elektrische Energie aufzunehmen. Beim Brennstoffzellenfahrzeug kommt in diesem Fall bei Bedarf das Herunterregeln der Brennstoffzelle hinzu. Ausserdem wird darauf geachtet, dass der SOC beim Abstellen des Fahrzeuges möglichst gross ist. Der Grund: Im Sommer wird durch die Standklimatisierung oder durch das benötigte rasche Herunterkühlen viel Energie benötigt. Im Winter überwacht das Thermomanagement beim abgestellten Fahrzeug die Systemtemperaturen und sorgt dafür, dass bei Minus-Graden die FC nicht einfriert. Die benötigte Heizenergie wird ebenfalls von der Hochvoltbatterie bezogen.

Diverse Spannungen

Die Brennstoffzelle liefert je nach Lastzustand eine andere Hochspannung. Um die Hochvoltbatterie zu laden, benötigen die FC-Fahrzeuge Spannungswandler, welche die Ladung regeln. Zudem ist wie beim BEV ein DC-DC-Wandler für die 12-Volt-Bordelektrik notwendig. Und als weitere Spannungsebene kommt die E-Maschine dazu, welche je nach Last und Drehzahl mehr oder weniger Hochspannung erhält. Die Komplexität der Antriebsregelung ist beim FC-Fahrzeug somit höher als beim BEV. Trotzdem gelingt es den beiden Herstellern, diese Anforderungen technisch bravurös zu erfüllen.