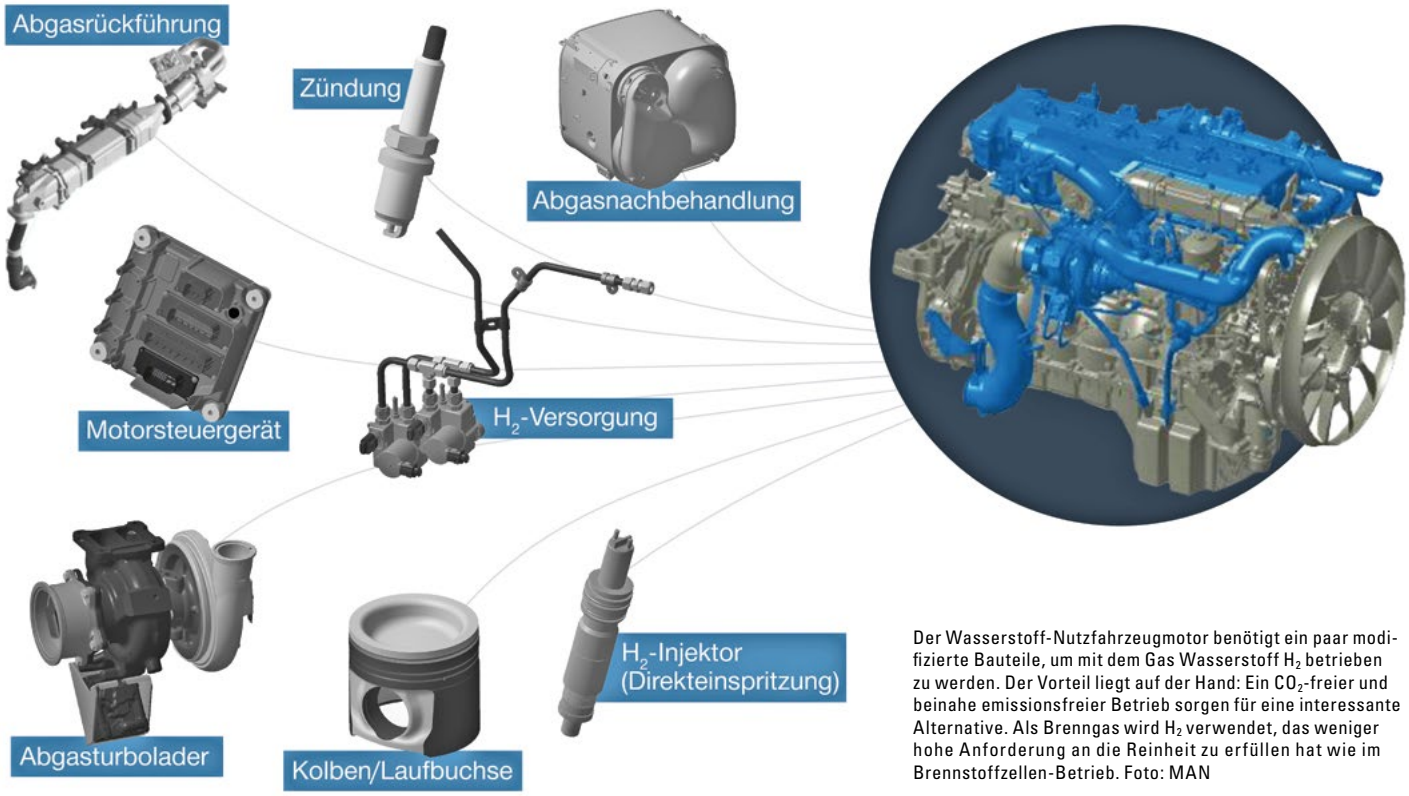
Nutzfahrzeugantrieb mit Wasserstoff–Brennstoffzelle oder Verbrennungsmotor

Emission Wasserdampf

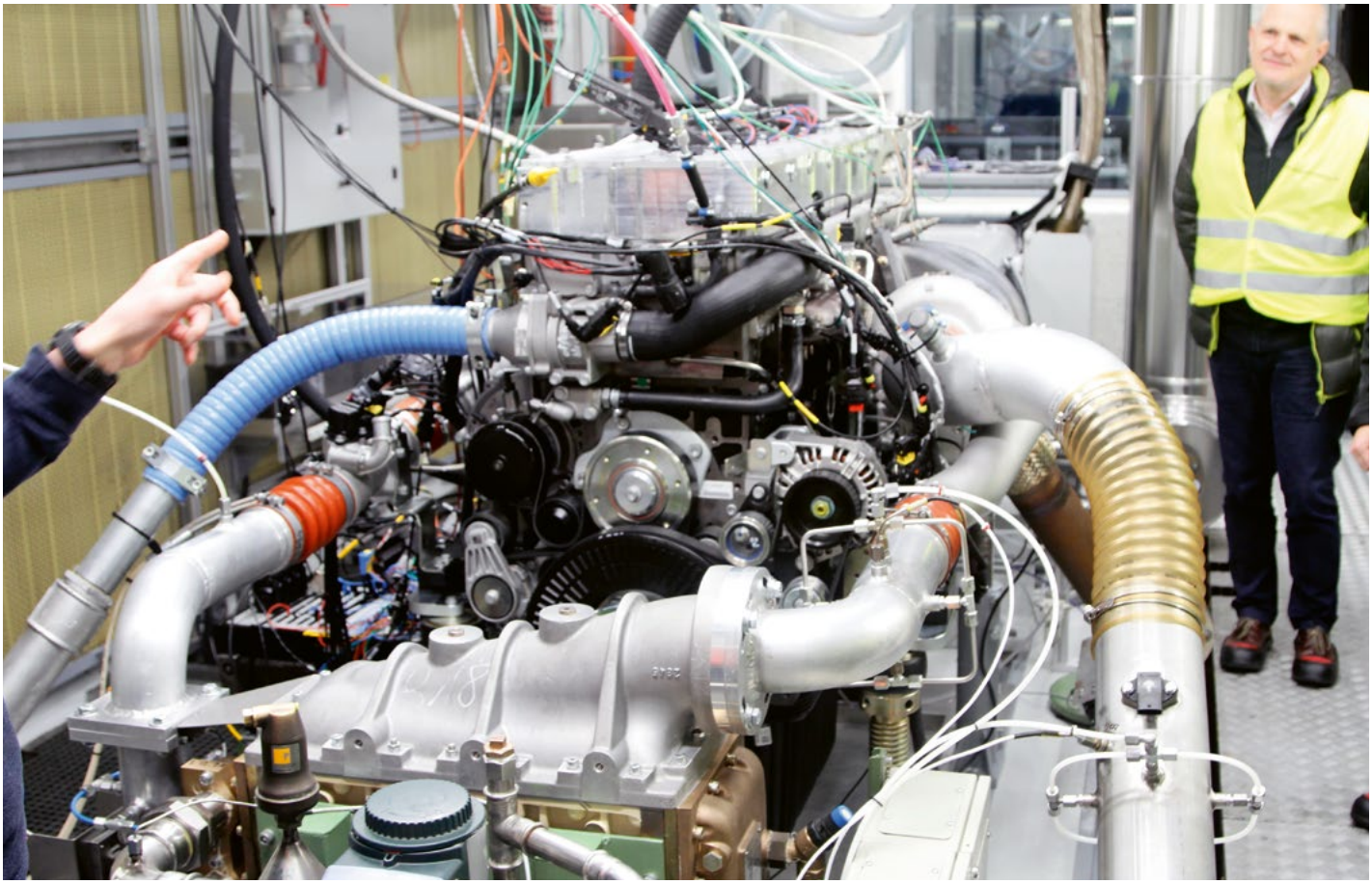
Der batterieelektrische Antrieb ist auch bei den leichten und schweren Nutzfahrzeugen auf Rang 1 zur Reduktion der lokalen CO_2-Emissionen. Aufgrund der hohen Batteriegewichte, welche auf Kosten der Nutzlast verbaut sind, und den hohen Kosten stellt sich die Frage nach einer mittel- bis langfristigen Alternative. Wasserstoff könnte in Brennstoffzellen oder im Verbrennungsmotor eine valable Alternative darstellen. **Andreas Senger**

Still und leise sind die Nutzfahrzeughersteller in den Forschungs- und Entwicklungsabteilungen am Arbeiten. Während bei Personenwagen der Fokus auf dem batterieelektrischen Antrieb liegt, sind die «Schweren» eindeutig der Technologieoffenheit verpflichtet. Je nach Last und Anwendungszweck wollen die Nutzfahrzeughersteller den Kunden Mobilitätslösungen anbieten, welche punkto Anschaffungs- und Betriebskosten (TCO), aber auch im Bereich Ökologie optimal sind. Bei schweren Nutzfahrzeugen ist der batterieelektrische Antrieb für den Verteilerverkehr eine interessante Variante. Sollen aber lange Strecken in möglichst kurzer Zeit zurückgelegt werden, dann ist die Batterietechnologie ein Hemmschuh. Nebst den hohen Massen ist eine Nachladung von 10 bis 80 % SOC nicht wie bei modernen Personenwagen innert rund 30 Minuten realisierbar, sondern dauert deutlich länger. Bis Megawattcharger flächendeckend verfügbar sind, um auch die Nutzfahrzeugbatterien während der Ruhepause von 45 Minuten grösstenteils nachzuladen, wird es noch dauern. Was sind also mittel- und langfristig die fossilfreien Antriebsalternativen? Hier drängt sich ein Gas auf, das in der Schweiz längst erprobt ist und dank Pionierarbeit auch ein Fuhrpark unterwegs ist. Einzig aufgrund der hohen Energiepreise ist es ins Hintertreffen geraten. Gemeint ist Wasserstoff H_2 als Energieträger für Brennstoffzellen FC (fuel cell) oder sogar Verbrennungsmotoren.

Wasserstoff ist ein interessanter Energieträger. Durch die Elektrolyse von reinem Wasser H_2O lässt es sich in Wasserstoff H_2 und Sauerstoff O_2 auftrennen. Stammt die elektrische Energie für die Produktion aus regenerativer Quelle, ist die chemische Umwandlung CO_2-arm. Das Gas lässt sich danach entweder über ein Pipelinesystem verteilen (das Erdgasnetz ist unter gewissen Umständen dazu in der Lage) oder per Container zu den Tankstellen transportiert werden (aktuelle Umsetzung H_2 Energy AG). An



Der Wasserstoff-Nutzfahrzeugmotor benötigt ein paar modifizierte Bauteile, um mit dem Gas Wasserstoff H_2 betrieben zu werden. Der Vorteil liegt auf der Hand: Ein CO_2-freier und beinahe emissionsfreier Betrieb sorgen für eine interessante Alternative. Als Brenngas wird H_2 verwendet, das weniger hohe Anforderung an die Reinheit zu erfüllen hat wie im Brennstoffzellen-Betrieb. Foto: MAN



Auch in der Schweiz wird fleissig am Wasserstoffverbrennungsmotor gearbeitet. Bei Fiat Powertrain Motorenforschung (FPT AG) in Arbon läuft bereits ein modifizierter Versuchsträger, um die Komponenten auf eine hohe Lebensdauer zu optimieren und den Weg zur Serienproduktion zu ebenen. Foto: Se

der Tankstelle wird das Gas mittels Überdruckes in die Nutzfahrzeuge gepresst. Bisher wurde der Betankungsvorgang mit 350 bar Enddruck realisiert. Der Vorteil ist, dass der Wasserstoff vor dem Tankvorgang nicht gekühlt werden muss und einzig Kompressorenergie aufgewendet werden muss. Einzelne Nutzfahrzeughersteller möchten gerne auf die 700-bar-Tankinfrastruktur der Personenwagen wechseln. Dabei muss das Gas auf rund –40 °C gekühlt werden, um in den Fahrzeugtanks die kritische Kompressionstemperatur von rund 85 °C nicht zu überschreiten. Der Vorteil wäre, dass der Betankungsvorgang von statt rund 20 bis 30 Minuten auf rund 8-15 Minuten deutlich verkürzt würde. Insbesondere für Langstrecken-Nutzfahrzeuge wäre dies eine interessante Lösung.

Zwei mögliche Energieumwandler für Wasserstoff

Der bisherige Ansatz den Treibstoff H_2 im Nutzfahrzeug einzusetzen, wird sowohl bei den leichten wie schweren Nutzfahrzeugen mittels Brennstoffzelle realisiert. Durch die kalte Verbrennung des Wasserstoffes mit dem proportionalen Anteil Sauerstoff aus der Luft wird eine Oxidation in der Brennstoffzelle ermöglicht, die elektrische Energie für den Antrieb freisetzt. Die Technologie ist für stationären Betrieb bereits seit Jahren optimiert. Sobald die Energieumwandlung aber transient und damit für den Strassenverkehr dynamisch erfolgen muss, werden hohe Anforderungen an die Regelung gestellt. Um die Spitzenlasten und hochdynamische Lastfelder abzudecken, muss bei einem FC-Antrieb immer mit einer Pufferbatterie für die Energiezwischenspeicherung gearbeitet werden. Weitere Herausforderungen sind tiefe Aussentemperaturen zu beherschen (Wasserdampf gefriert unter 0 °C), ein effizientes Thermomanagement, hohe Lebensdauer aller Komponenten und Robustheit gegen Erschütterungen. Eine weitere Problematik ist die Reinheit des Wasserstoffes für den Betrieb in einer Brennstoffzelle. Diese ist in der ISO 14687 / DIN EN 17124 definiert und verlangt sehr reinen Wasserstoff. Der Anteil H_2 muss im Bereich von 99.999 % und höher liegen (Grade 5.x). Die Verunreinigungen dürfen also höchstens im ppm (parts per million, Teile pro Million) oder ppb (parts per billion, Teile pro Milliarde) sein. Der Aufwand, so reinen Wasserstoff herzustellen, um die Langlebigkeit der Brennstoffzelle sicherzustellen, ist aufwändig.

Entsprechend ist der Denkansatz interessant, den Wasserstoff statt in einer kalten Verbrennung in der FC in einer heissen Verbrennung in einem ICE (Internal Combustion Engine) umzuwandeln. In einem modifizierten Verbrennungsmotor lässt sich auch unreinerer Wasserstoff eingasen und, mittels Zündkerze gezündet, mit dem Luftsauerstoff im Brennraum oxidieren. Die Wärmeenergie sorgt für einen Druckanstieg, welcher via Kolben, Kolbenbolzen, Pleuelstange an der Kurbel-

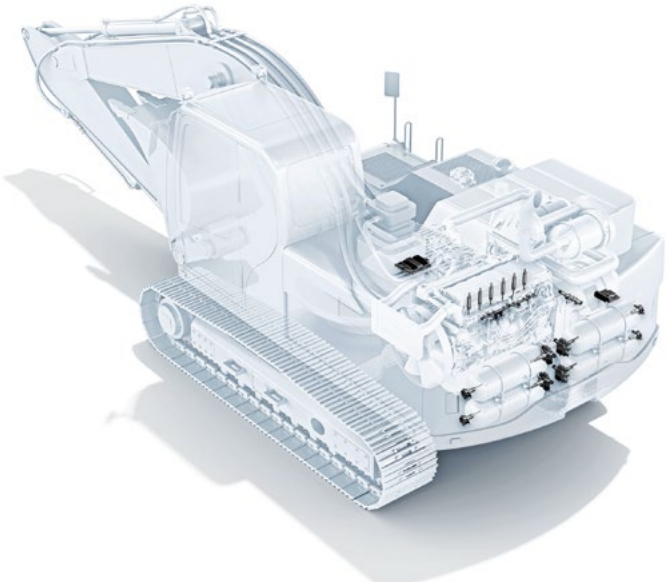
Fortsetzung Seite 18

welle in ein Drehmoment und damit mechanische Energie umgewandelt wird. Das Plus dieses Konzept: Bestehende Fertigungslinien für Verbrennungsmotoren lassen sich weiternutzen, nur einzelne Bauteile müssen modifiziert werden und bei den Emissionen ist einzig durch die hohen Temperaturen das Thema Stickoxide NO_x sowie geringste HC- und CO_2-Emissionen durch Schmierölverbrauch zu reduzieren.

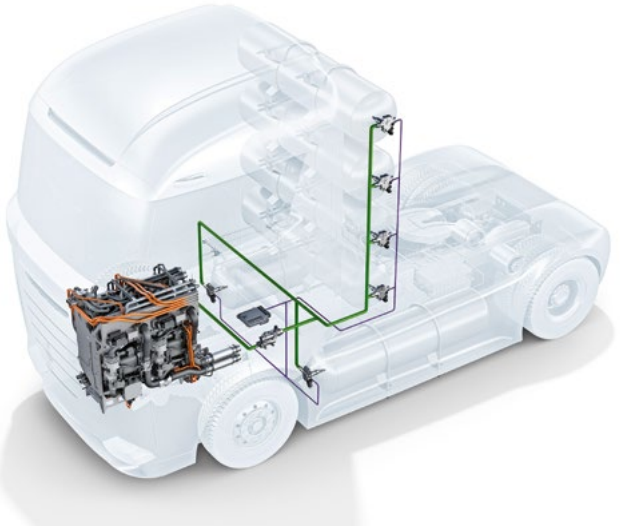
Die Treibstoffversorgung mit H_2 ist sowohl bei FC wie Verbrennern aufwändig. Der Tatsache geschuldet, dass Wasserstoff das kleinste Atom auf Erden ist, müssen Leitungen und vor allem Übergänge und Dichtungen entsprechend angepasst werden. Der Wasserstoff wird bei den Verbrennern mit rund 50 bar eingegast. Die Injektoren müssen also punkto Dichtheit aber auch Schmierung angepasst werden. Grund: H_2 hat keine Schmiereigenschaft wie Diesel. Ein deutlicher Aufwand ist auch für die Abstimmung des Eingasprozesses und den Verbrennungsstart durch die Zündkerze zu finden.

Hohe Reichweite und bereit für raue Einsatzgebiete

Der Wasserstoffverbrenner schlägt den batterieelektrischen Antrieb für Nutzfahrzeuge punkto Reichweite wie auch punkto Nachladens von Energie (Betankung). Aktuelle FC-Nutzfahrzeuge weisen Reichweiten von rund 400 km auf und verbrauchen zwischen 8 bis 10 kg H_2 pro 100 km). Beim Vergleich von FC zu Verbrenner ist der Betankungsvorgang identisch. Obwohl die Brennstoffzelle einen besseren Wirkungsgrad aufweist als der Verbrenner (rund 50 % gegenüber rund 30 %), ist der Verbrenner punkto Kosten deutlich im Vorsprung. Der Wasserstoffverbrauch steigt beim Verbrenner also aufgrund des geringeren Wirkungsgrades an. Aktuell ist mit einem Mehrverbrauch von Verbrenner zu FC um den Faktor von rund 1,7 zu rechnen.



Für hohe Lastprofile eignet sich der Wasserstoffmotor wie bei einem Bagger besser, um auch längere Zeit (anstelle eines batterieelektrischen Antriebes) Arbeiten auch unter widrigen und rauen Umständen durchführen zu können. Foto: Bosch



Die Brennstoffzelle FC (fuel cell) benötigt ähnlich viel Platz wie ein Verbrennungsmotor und stellt hohe Anforderungen an die Reinheit des Wasserstoffes. Foto: Bosch

Zudem weisen FC im mittleren Lastbereich den höchsten Wirkungsgrad auf während Verbrenner optimaler im obersten Lastbereich sind. Darum sind H_2-Verbrenner auch im Bereich von Baumaschinen eine intressantere Alternative zu batterieelektrischem Antrieb oder FC-Antrieb, da sowohl hohe Lasten abgerufen werden und die Arbeitsumgebung mit Staub und Dreck für die FC-Stacks ein ungünstiges Umfeld darstellt. Ein weiterer Nachteil für H_2-Verbrenner ist die fehlende Rekuperationsmöglichkeit. Da FC-Antriebe mit E-Maschinen arbeiten, kann kinetische Energie beim Verzögern in die Pufferbatterie gespeichert und beim nächsten Beschleunigen wieder abgerufen werden.

Entsprechend sind H_2-Verbrenner von der Technik her gefordert, durch Downsizing möglichst mit hohen Lastpunkten betrieben zu werden, um den Verbrauch zu minimieren, und zweitens müsste über eine Hybridisierung nachgedacht werden. Wie beim PW ergeben sich durch einen sinnvollen Hybridisierungsgrad grosse Vorteile beim Verbrauch. Durch eine geschickte Auslegung von Verbrenner zu E-Maschine und der Möglichkeit, Teilstrecken beispielsweise in der Stadt mit dem Nutzfahrzeug ebenfalls rein elektrisch und damit sehr leise zurückzulegen, ergeben sich noch umweltfreundlichere und interessante Anwendungsmöglichkeiten (Stichwort Aufhebung des Nachtfahrverbotes). Dem Umstand entsprechend, dass die Nutzfahrzeugbranche die Technologieoffenheit lebt und genau zuhört, was Logistikunternehmen für Transportlösungen benötigen, werden noch viele Antriebsmöglichkeiten die Nutzfahrzeugwelt beleben. Für den Betrieb und Unterhalt der Fahrzeuge wird es auch künftig spannend bleiben, da im Gegensatz zum PW-Markt mehr Antriebsvarianten bei den Schweren im Portfolio sein werden und damit Werkstattprofis sowohl punkto Abwechslung wie auch Herausforderung in der Grund- wie Weiterbildung ein interessantes Berufsumfeld vorfinden. ●

seit 1964 CORTELLINI & MARCHAND AG
061 312 40 40
Rheinfelderstrass 6, 4127 Birsfelden
Der umfassendste Auto-Steuergeräte-Reparatur-Service von Cortellini & Marchand AG.
www.auto-steuergeraete.ch
Sie suchen, wir finden – Ihr Suchservice für Auto-Occasionsteile
www.gebrauchte-fahrzeugteile.ch

Neu: FGS, der Anhänger mit Liftachse und 100%-Achsausgleich
Nutzlast bis 2,9 t
Autotransport-Anhänger und Aufbauten
Besuchen Sie unsere Ausstellung oder verlangen Sie eine Vorführung.
Auch in Kommunalausführung lieferbar.
T&W Technik
Dammstrasse 16, 8112 Otelfingen
Tel. 044 844 29 62
www.fgs-fahrzeuge.ch
FGS