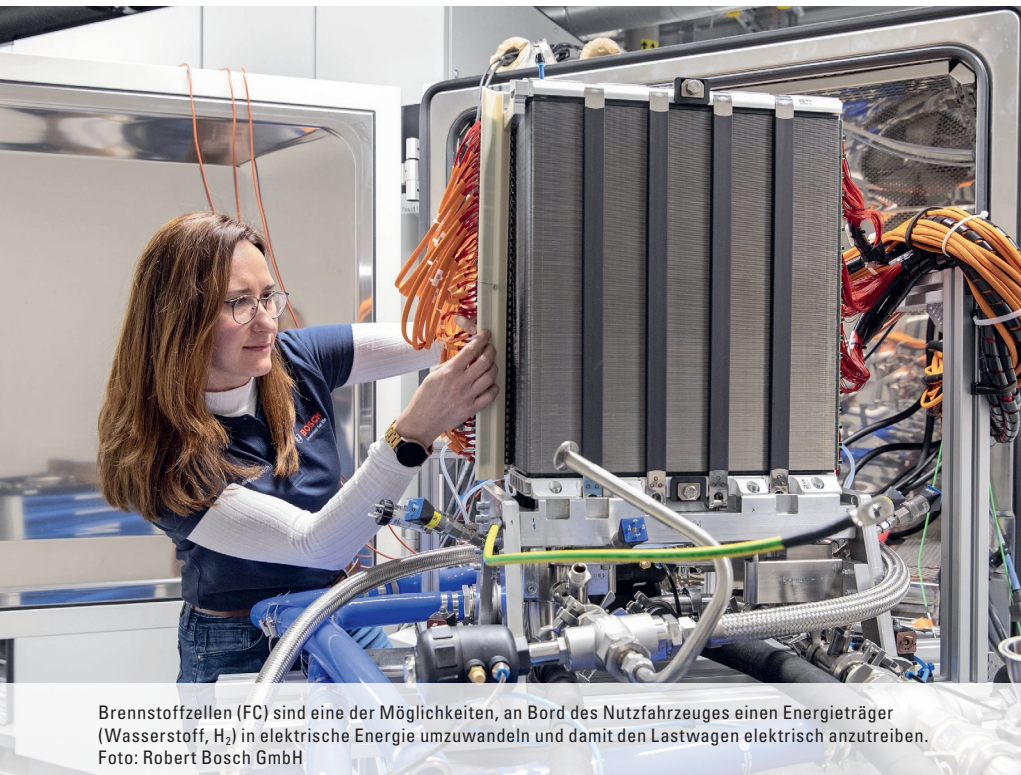


Die Herausforderung Defossilisierung und Dekarbonisierung bei Nutzfahrzeugen

Die Qual der Antriebswahl

Die Substitution von fossilen Energieträgern im Strassenverkehr ist im Nutzfahrzeugsektor im Gegensatz zum Personenwagen vielfältiger. Die Anwendung und die Kosten bestimmen den sinnvollsten Antrieb. Entsprechend werden verschiedene Technologien erforscht und entwickelt. Aktuell duellieren sich batterieelektrischer Antrieb mit Wasserstofflösungen am vielversprechendsten. **Andreas Senger**



Brennstoffzellen (FC) sind eine der Möglichkeiten, an Bord des Nutzfahrzeuges einen Energieträger (Wasserstoff, H₂) in elektrische Energie umzuwandeln und damit den Lastwagen elektrisch anzutreiben. Foto: Robert Bosch GmbH

Der dieselbetriebene Lastwagen wird – zumindest in Europa – seine Daseinsberechtigung verlieren. Der Druck auf den Transportsektor steigt, umweltfreundlichere Antriebssysteme einzusetzen und die CO₂-Emissionen zu reduzieren. Als Übergangstechnik bieten sich aktuell CNG/CBG (Compressed natural Gas, Biogas) oder auch LPG (Liquified petroleum gas) an. Das fossile Erdgas (gasförmig betankt oder flüssig) erlaubt eine CO₂-Reduktion im Verbrennungsmotor von etwa 25%, weil das Verhältnis von Kohlenstoff C zu Wasserstoff H dank dem atomaren Aufbau des Moleküls Methan (CH₄) optimaler ist als andere fossile Treibstoffe wie Diesel. Das Biogas wird mehrheitlich aus Pflanzenabfällen produziert und hat das bei der Verbrennung freigesetzte CO₂ beim Pflanzenwachstum gebunden.

Wenn die Defossilisierung (rohölfreie Energieträger) und Dekarbonisierung (kein zusätzliches CO₂ emittieren) gelingen soll, müssen andere Energieträger künftig in die Bresche springen. Allen voran rückt die elektrische Energie in den Vordergrund. Im Personenwagen sind in Europa die Weichen politisch in diese Richtung gestellt. Im Bereich der Nutzfahrzeug- und dem Off-Road-Sektor (wie Baumaschinen) stellt sich beim elektrischen Antrieb aber die Herausforderung der Energiespeicherung und -ladung im Fahrzeug. Ein Lastwagen oder ein Bagger darf nicht stundenlang an der Ladesäule stehen, um seine Batterien zu laden, sondern muss nach erfolgter Beladung der Fracht sofort losfahren können oder die Baugrube ohne Unterbruch ausheben. Je nach Anwendungszweck funktionieren batterieelektrische Antriebe im NFZ

(kleiner Radius, nicht Ausreizen der maximalen Beladungskapazität). Für längere Distanzen sind Alternativen unumgänglich.

Andreas Gorbach, Mitglied des Vorstands der Daimler Truck AG und verantwortlich für Truck Technology, fasst es wie folgt zusammen: «Um den Transport zu dekarbonisieren, brauchen wir sowohl batterieelektrische als auch wasserstoffbetriebene Antriebstechnologien. Der ideale Anwendungsbereich für Brennstoffzellen-Lkw sind flexible und anspruchsvolle Transportaufgaben im Fernverkehr. Mit dem Knacken der 1000-Kilometer-Marke mit einer Tankfüllung (80 kg flüssiger Wasserstoff, Anm. der Redaktion) haben wir nun eindrucksvoll bewiesen: Wasserstoff ist bei Lkw alles andere als heiße Luft, und wir kommen auf dem Weg zur Serienreife sehr gut voran. Gleichzeitig ist unsere heutige Rekordfahrt ein Appell daran, dass für die Dekarbonisierung des Transports neben den richtigen Antriebstechnologien zwei weitere Faktoren notwendig sind: eine grüne Energie-Infrastruktur und wettbewerbsfähige Kosten gegenüber konventionellen Fahrzeugen.»

Gorbach spricht dabei zwei zentrale Faktoren an: Egal, welcher Energieträger künftig eingesetzt wird, darf bei der Produktion kein CO₂ entstehen. Konkret bedeutet dies, dass die Elektrizität noch der für die Herstellung des Wasserstoffes eingesetzte Strom aus einem fossilen Kraftwerk stammen darf, sondern «grün», also aus regenerativer Quelle (Wasserkraft, Wind, Solar, Biomasse oder Kernenergie), erfolgen muss. Hier hinkt Europa den vorgegebenen Zielen massiv hinterher und Ideen, elektrische Energie in Form von chemischen Energieträgern aus anderen Kontinenten zu importieren, sind zwar vorhanden, aber deren Umsetzung benötigt Jahrzehnte.

Der zweite Punkt ist die Wettbewerbsfähigkeit und damit die TCO eines Nutzfahrzeuges

(Total Costs of Ownership). Die Achillesferse der Elektrifizierung des Antriebssektors stellen nach wie vor die Batterien dar. Aktuell kostet ein kWh-Lithium-Ionenspeicher rund 90 Franken (Quelle statista.com). Wegen der hohen Nachfrage nach Batterierohstoffen wie Lithium sind die Preise für das Ausgangsmaterial gestiegen und sorgen für keine signifikante Reduktion bei den Gestehungskosten. Wenn ein Nutzfahrzeug über 680km Reichweite mit einer Batterieladung erreichen soll, sind über 5,6 Tonnen Batterie mit einer Kapazität von 1000kWh nötig bei einem Verbrauch von 124kWh /100km mit Anhänger (Angaben Designwerk). Die Kosten einzig für die Batterie belaufen sich über den Daumen gepeilt auf rund 90 000 Franken. Der Einsatz in Langstreckenfahrzeugen für den länderübergreifenden Strassentransport wird sich wirtschaftlich nicht rechnen, auch wenn die Batteriepreise künftig gemäss Prognosen tendenziell noch sinken. Im Kurzstreckenverkehr wie für Baustellenfahrzeuge, im Verteilerlogistikverkehr oder im Recyclingsektor (Müllfahrzeuge) funktioniert die batterieelektrische Antriebsvariante durchaus (abgesehen von den Kosten). Im Überlandverkehr müsste auf Oberleitungstechnik zurückgegriffen werden, die in Deutschland seit Jahren erprobt wird. Das NFZ bezieht aus der Oberleitung auf gewissen Autobahnabschnitten Strom und kann sowohl den Antrieb wie auch die Batterieladung in dieser Zeit sicherstellen. Die Infrastruktur ist allerdings so teuer, dass sich eine flächendeckende Einführung kaum lohnt. Die Pantograph-Technik (Stromabnehmer wie bei der Eisenbahn) darf dafür im Linienbusverkehr als probate Möglichkeit angesehen werden. Durch die Elektrifizierung der Linienbusse und die Möglichkeit, an der Endhaltestelle dank Pantograph eine Teilladung der Batterie vorzunehmen, ist ein lokal CO₂-freier Betrieb möglich, ohne dass die Busse übertrieben grosse und damit schwere Batterien mitführen.

Für weitere Distanzen im Transportbusiness sind Alternativen gesucht. Vielversprechend ist das Mitführen der Energie in Form von Wasserstoff. Es verwundert nicht, dass etablierte Hersteller wie Daimler Truck (Mercedes-Benz) mit Volvo oder Iveco mit Nikola Kooperationen für die Brennstoffzellenantriebstechnologie geschmiedet haben. Hersteller wie Hyundai zeigen in der Schweiz seit Jahren, dass der H₂-FC-Antrieb funktioniert.

Fortsetzung Seite 46



- 1 Der elektrische Antrieb unterscheidet sich beim Nutzfahrzeug insbesondere durch die «Befüllung» und das Speichern der Energie. Batterieelektrische Nutzfahrzeuge schleppen eine grosse Batteriemasse mit und sind, um die Standzeiten kurz zu halten, auf Hochleistungs-ladestationen (Megawatt-charger) angewiesen.
- 2 Eine teure, aber ideale Ergänzung ist das Laden während der Fahrt. Mit Oberleitungen kann während der Fahrt sowohl die Traktionsenergie wie auch die Batterien geladen werden.
- 3 Im Linienverkehr bieten sich Pantographladungen an der Endhaltestelle an.
- 4 Wasserstoff H₂ lässt sich flüssig und damit kompakt mitführen. Das Gas muss aber tiefkalt bei unter -250°C getankt und in thermisch isolierten Tanks mitgeführt werden.
- 5 Der gasförmige Wasserstoff ist einfacher in der Betankung (aktuell bei NFZ 350 bar Druck, künftig Erhöhung auf 700 bar wie bei Pw möglich), benötigt aber voluminöse Gastanks an Bord.
- 6 Die Brennstoffzelle wird aktuell bei verschiedenen Nutzfahrzeugherstellern und Zulieferern intensiv erprobt und könnte auf Langstrecken die optimalere Lösung sein als batterieelektrische Fahrzeuge. Fotos: Nikolai, Siemens, Scania, Daimler Truck/ Mercedes-Benz (2), Bosch.

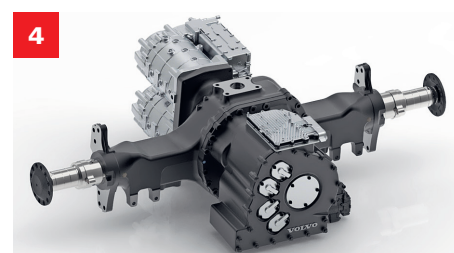
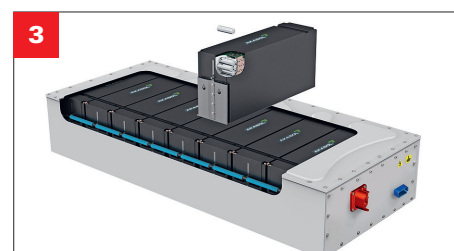
Die Brennstoffzelle (fuel cell, FC) wandelt den Wasserstoff durch eine kalte Verbrennung in Wasser (H₂O) und elektrischen Strom um, der für den Antrieb oder das Laden der Zwischenspeicherbatterie eingesetzt werden kann. Die Energieüberführung ins Fahrzeug erfolgt dabei deutlich schneller als bei batterieelektrischen Fahrzeugen. Wird der Wasserstoff gasförmig betankt, dauert es rund 20 Minuten, um die Gasbehälter mit 350 bar zu füllen. Wird der Wasserstoff tief kalt und damit flüssig betankt, dauert es in etwa gleich lange wie das Auffüllen eines Dieseltreibstoffbehälters. Die NFZ-Branche diskutiert aktuell das Erhöhen des Solldruckes auf 700 bar wie bei Personenwagen, um die rund 70 Prozent höhere Energiemenge bei gleichem Gasbehältervolumen zu speichern oder kleinere Behältervolumina mitzuführen.

Die Gesamteffizienz und damit der Wirkungsgrad verschlechtert sich aber zusätzlich. Während der Elektromotor mit enorm hohem Wirkungsgrad die elektrische Energie in mechanische Arbeit umwandelt (rund 95% im optimalen Kennfeld), dümpelt die Brennstoffzelle bei einem Wirkungsgrad von 60% bei einer maximalen Last von 40%. Die vorangegangene Elektrolyse (aus H₂O durch elektrische Energie H₂ produzieren) weist ebenfalls einen Wirkungsgrad von rund 60% auf. Das physikalische Grundgesetz, dass Einzelwirkungsgrade einer Energiekette multipliziert werden, lassen den Gesamtwirkungsgrad ins Grotteschlechte absinken. Erst wenn alternativer Strom im Überfluss vorhanden ist, spielt auch der Wirkungsgrad der Gesamtenergiekette keine Rolle mehr. Je mehr Überflusstrom vorhanden wäre, desto günstiger wäre der Energiepreis. Da hilft es auch nicht, dass mit den aktuellen Energiepreisen Wasserstoff in H₂-Verbrennungsmotoren eingesetzt wird. Vor allem in Grossmaschinen wie mobilen Baukränen mag dies technologisch sinnvoll sein, um die geforderten Leistungen zur Verfügung zu stellen. Für den Gütertransport wäre die FC-Technologie eher im Vorteil.

Der im letzten Abschnitt verwendete Konjunktiv zeigt auf, dass aktuell der Vorwärtsdrang ge-



- 1 Auch andere Nutzfahrzeuge wie Baumaschinen stellen sich der Defossilisierung. Allerdings sind auch hier batterieelektrische Antriebe nur eine Übergangstechnologie, weil die Ladung zu lange dauert. Fotos: Volvo
- 2 Die Speicherung in Batterien funktioniert nur, wenn die Ladezeiten mit Megachargern kurz sind. Foto: Scania
- 3 Teuer und schwer: Die Batterien sind die Achillesferse für die Energiespeicherung. Foto: Daimler Truck
- 4 Ein enorm hoher Wirkungsgrad, ein hohes Drehmoment, Wartungsfreundlichkeit und wenige Komponenten: Der elektrische Antrieb kann viele Trümpfe aufweisen und wird sich auch beim Nfz etablieren. Foto: Volvo



waltig gebremst wird. Nebst der riesigen Lücke an sauberem Strom in Europa (insbesondere in den Wintermonaten) fehlt auch das H₂-Tankstellennetz, das eine deutlich grössere Anzahl von Fahrzeugen mit Energie versorgen könnte. Obwohl in der Schweiz in diesem Bereich viel Pionierarbeit geleistet wurde, wären zu wenige Tankpunkte vorhanden. Noch schlimmer präsentiert sich die Lage in ganz Europa, wo die Strassentransportlogistik gemäss politischen Vorgaben bis 2050 fossilfrei sein soll.

Eine weitere Variante wird in der Branche und von der Politik stiefmütterlich behandelt: e-fuels. Die synthetische Herstellung von chemi-

schen Treibstoffen könnte durch Beimischung zu fossilem Benzin oder Diesel eine grosse Hebelwirkung erzeugen und langfristig auch weltweit für eine deutliche CO₂-Reduktion aus dem Strassenverkehr sorgen. Der dazu benötigte Wasserstoff und Kohlenstoff könnte durch Einsatz von regenerativem Strom produziert und der bisherigen Tankstelleninfrastruktur verteilt werden. Auch synthetisches Methan könnte als grünes CNG auch im NFZ-Bereich mithelfen. Wenn nur der Konjunktiv nicht wäre. <

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



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