

Die Lkw der Zukunft sind startbereit

Alternative Antriebe werden im Güterverkehr wettbewerbsfähig. Bei der Lade- und Tankstelleninfrastruktur hakt es aber noch. Ist Flüssig-Wasserstoff die Lösung für lange Strecken?

Von Joachim Becker

Runter kommen sie immer – aber bergauf? Am Fuß des Brenners steht ein Fernverkehrs-Lkw und stößt weiße Wölkchen aus wie eine alte Lokomotive. Unter dem Fahrerhaus des umgebauten Mercedes Actros steckt keine Dampfmaschine, sondern ein Antrieb mit Zukunft: Brennstoffzellen befeuert von flüssigem Wasserstoff. Sie können den Straßentransport von schweren Lasten selbst auf langen und anspruchsvollen Strecken klimaneutral machen. Um die Reichweite auf bis zu 1000 Kilometer zu steigern, fährt dieses Versuchsfahrzeug nicht mit H₂-Drucktanks, sondern mit speziellen Thermoskannen für tiefkalten Flüssig-Wasserstoff. Bei der Reaktion in den Brennstoffzellen entsteht der Wasserdampf, der wolkig aus dem Auspuff strömt.

Mit dem Sattelzug emissionsfrei über die Alpen – das ist derzeit eines der beliebtesten Schaustücke der Lkw-Hersteller. Solche Leistungstests geben aktuelle Antworten auf die alte Streitfrage, ob Elektro- oder Wasserstofftrucks die Zukunft seien. Vor einem Jahr fuhr etwa ein elektrischer 26-Tonner über die Großglockner-Hochalpenstraße. Das Modell CF Electric des niederländischen Herstellers DAF kraxelte mit 2,2-Tonnen Batteriegewicht die alte Passstraße bis auf 2500 Meter hinauf. Die Bergtour trieb auch den Strombedarf in statliche Höhen; der Energieverbrauch stieg bei der Hochgebirgsfahrt von durchschnittlich 1,7 kWh auf 2,7 kWh pro Kilometer. Selbst mächtige Batteriepakete mit 270 kWh Kapazität sind bei einer solchen Belastung nach 100 Kilometern leer.

Mercedes legt nun mit dem eActros 600 nach – mit einer Kapazität von über 600

kWh. Das entspricht etwa dem Zehnfachen des Energiespeichers in einem reichweitenstarken Elektroauto. Nächstes Jahr soll die Sattelzugmaschine in Serie gehen und auf einen Radius von 500 Kilometer ohne Nachladen kommen. Bis 2030 will Mercedes Trucks 60 Prozent der Neufahrzeuge emissionsfrei machen. Die Frage ist, wie weit die alternativen Antriebe dann ohne Zwischenstopp kommen.

Die Tour über die Alpen braucht eng getaktete Ladestops – oder Wasserstoff im Tank

Das Problem ist nicht so sehr das Batteriegewicht von etwa 4,5 Tonnen für 500 Kilometer Reichweite. Bei emissionsfreien Lastwagen erlaubt der Gesetzgeber ein höheres Gesamtgewicht von bis zu 42 Tonnen. Der Batteriesummer bietet also dieselbe Nutzlast von rund 25 Tonnen wie ein Diesel-Truck. Allerdings wird der Platz für weitere Batteriepakete unter und hinter der Fahrerkabine knapp, zumal derzeit nur Eisenphosphat-Zellen eine Laufleistung von etwa 1,2 Millionen Kilometer in zehn Betriebsjahren garantieren können.

Der vollelektrische Straßentransport kommt im Schwerlastverkehr also an seine Grenzen. Ohne eine genau geplante Route mit eng getakteten Ladestops und der Möglichkeit zum Zwischenladen etwa beim Auf- und Abladen funktioniert die Langstreckenfahrt oder die stromzehrende Alpenüberquerung nicht. Zeit ist im Güterverkehr jedoch bares Geld, das gilt auch für die Ladezeit. Lkw-Fahrer müssen zwar nach 4,5 Stunden Fahrt eine gesetzlich vorgeschriebene Pause von 45 Minuten einlegen. Um währenddessen derart große Batteriepakete mit Gleichstrom nachzuladen, verfügt der eActros 600 über ein 800-Volt-Bordnetz und eine Ladeleistung von einem Megawatt. Das Problem ist nur: Entsprechende Ladesäulen gibt es bisher nur in wenigen Pilotprojekten.

Letztlich werden auch die Betriebskosten entscheidend sein: Wie teuer sind die alternativen Antriebe inklusive Energiekosten über eine Million Kilometer? „Der eActros 600 setzt für unsere Kunden in Sachen Wirtschaftlichkeit neue Maßstäbe“, ist Karin Rädström überzeugt. Mittlerweile seien die alternativen Antriebe auch im Langstreckenverkehr wettbewerbsfähig, meint die Vorstandschefin von Daimler Truck. Der neue eActros 600 habe das Potenzial, die

Mehrheit der Diesel-Lkw im wichtigen Fernverkehrs-Segment abzulösen, weil Elektro-Lkw viel effizienter als Diesel-Trucks seien.

Derzeit sieht die Branche trotzdem rot. Zu den niedrigen Betriebskosten kommen zwar Subventionen bei der Anschaffung, CO₂-Gutschriften und wesentlich geringere Mautgebühren. Wo um jeden Cent bei den Transportkosten gefeilscht wird, er-

Um grünen Wasserstoff billiger zu machen, muss die Produktion massiv ausgebaut werden

scheint die geplante Erhöhung der deutschen Lkw-Maut jedoch als existenzielle Bedrohung. Vom nächsten Jahr an soll es einen Aufschlag in Höhe von 200 Euro pro Tonne CO₂ geben, darauf einigte sich das Bundeskabinett Ende März.

Während emissionsfreie LKW bis Ende 2025 von der Gebühr befreit sind und danach nur 25 Prozent der Mautgebühren anfallen, wird sich die Straßenmaut für Diesel-Lkw nahezu verdoppeln: „Diese Kosten werden sehr schnell über den Handel beim Endverbraucher – also bei uns allen – landen und die Inflation weiter anheizen“,

warnet Dirk Engelhardt, Vorstandssprecher des Bundesverbands Güterverkehr und Logistik (BGL).

Ist die Antriebswende also ein Kostentreiber? Tatsächlich haben heute mehr als 96 Prozent aller Lkw in Europa einen Diesel unter der Haube. In Deutschland kommen die alternativen Antriebe im Straßengüterverkehr nur auf einen verschwindend geringen Anteil von 0,03 Prozent der Flotte. Die Herausforderungen sind also enorm, das Potential zur CO₂-Ersparnis ist es allerdings auch. Allein die schweren Lkw und Busse stoßen rund ein Drittel der CO₂-Emissionen im Straßenverkehr aus. Deshalb will die EU den CO₂-Flottengrenzwert für Nutzfahrzeuge bis 2040 um 90 Prozent reduzieren. Als Zwischenschritt wird bis 2030 eine Minderung um 45 Prozent anvisiert. Eine hohe Hürde angesichts der fehlenden Infrastruktur.

„Solange nicht erkennbar ist, wann für die schweren Fahrzeugklassen im Fernverkehr ein ausreichendes, öffentlich zugängliches Lade- und Betankungsnetz vorhanden ist, haben die angestrebten CO₂-Reduktionsziele und Verbrenner-Ausstiegsweg für schwere Nutzfahrzeuge reinen Symbolcharakter“, sagt Hildegard Müller, Präsidentin des Verbands der Automobilindus-

trie VDA. Dabei bleiben Lkw das dominierende Verkehrsmittel im landbasierten Güterverkehr. Bis zum Jahr 2051 soll die Verkehrsleistung des Straßentransports sogar um die Hälfte steigen – von 679 auf 990 Milliarden Tonnenkilometer. Das prognostiziert die Langfrist-Verkehrsprognose im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums (BMDV).

Rein technisch steht einem emissionsfreien Straßengüterverkehr im Grunde nichts mehr entgegen. Immer mehr Hersteller bieten Elektro-Lkw an, die in einem Radius von 200 bis 300 Kilometer gut einsetzbar sind. Weil solche Fahrzeuge abends meist in ein Depot zurückkehren, lassen sie sich dort über Nacht mit Pkw-üblichen Ladeleistungen problemlos wieder „auftanken“. Weit schwieriger lässt sich der Energiebedarf im Fernverkehr stillen. Entsprechende Betriebshöfe an der Autobahn mit 20 oder mehr Megawatt-Ladestellen bräuchten die Anschlussleistung einer Kleinstadt. Das ist nur an den Haupttransit-Routen wirtschaftlich darstellbar.

Wo 20 Elektro-Lkw schnell laden, wird die Anschlussleistung einer Kleinstadt benötigt

„Das Stromnetz wird wohl nicht reichen, dass sämtliche Lkw überall batterieelektrisch fahren werden können“, erwartet Karin Rädström. Die Infrastruktur wird zum limitierenden Faktor – das gilt für leistungsstarke Wasserstoff-Tankstellen aber genauso. Flüssig-Wasserstoff gibt es öffentlich nirgends zu tanken. Deshalb wird der eingangs erwähnte Mercedes-Truck mit dem Entwicklungskürzel „GenH₂“ noch auf Jahre ein Einzelstück bleiben. „Die Technologie funktioniert schon heute im Praxiseinsatz“, sagt Karin Rädström, „was jetzt mehr und mehr in den Vordergrund rückt, ist das Thema Infrastruktur.“

Die Politik muss zügig Fragen nach dem Ladebedarf der riesigen Schwerlastflotten, dem teuren Umbau der Stromnetze – und den Strompreisen selbst beantworten. Viele Experten gehen davon aus, dass eine zusätzliche Wasserstoff-Tankinfrastruktur für schwere Lkw entstehen wird, um den Umstieg zu beschleunigen und die Ladeinfrastruktur an den Autobahnen zu entlasten.

Am Ende könnte der Technologie-Wettlauf auch in den Alpen mit zwei ersten Plätzen enden: Batterie-Trucks für die Kurz- sowie Mittelstrecke und Wasserstoff-Lkw für den grenzüberschreitenden Güterverkehr auch in abgelegene Gebiete. Wenn die Preise für nachhaltig erzeugten Wasserstoff wie geplant sinken, weil die Produktion in Europa und das Pipeline-Netz massiv ausgebaut werden, dürfte der modernen „Dampfmaschine“ nichts im Wege stehen.

Neue Energie für das alte Erdgasnetz

Wie wird Europa klimafreundlicher – und unabhängiger von fossiler Energie? Eine Alternative ist Wasserstoff. Dieser soll in Zukunft durch Teile der bestehenden Infrastruktur fließen

Billig sind alternative Kraftstoffe nicht. Während Benzin und Diesel wieder etwas günstiger geworden sind, bleibt Wasserstoff teuer: Mit einem Kilogramm kommt ein Pkw etwa 100 Kilometer weit – zum Preis von 13,85 Euro. Ein Dieselmotor schafft die Strecke etwa zum halben Preis. Kein Wunder, dass H2 Mobility, der Betreiber von knapp 100 Wasserstoff-Tankstellen in Deutschland, pro Jahr lediglich 50 Tonnen des Druckgases verkauft.

50 Tonnen? Von fossilen Kraftstoffen wurden im vergangenen Jahr 52 Millionen Tonnen verbraucht. Auch wenn immer wieder von Wasserstoff als Kraftstoff der Zukunft die Rede ist: Im Pkw konnten sich die Brennstoffzellen bisher nicht durchsetzen, weil die Tankstellen rar und reine Batteriefahrzeuge effizienter sind. Experten erwarten einen Durchbruch zur Wasserstoffwirtschaft ohnehin nicht mehr durch Pkw, sondern in der Industrie und in Transportbereichen, in denen Batterien nicht genügend Energie speichern können. „Die Anwendungsfälle reichen von grünem Stahl über die Produktion von Ammoniak für Düngemittel bis hin zu umweltfreundlichen Kraftstoffen für den Flugverkehr, die Schifffahrt und Schwerlasttransport“, sagt Bernd Heid, Wasserstoffexperte der Unternehmensberatung McKinsey.

„Langfristig sehen wir die Produktionskosten in den führenden Produktionsländern in einem Korridor von unter zwei Euro pro Kilogramm“, so Heid. Doch der Aufbau der Wasserstoffwirtschaft werde nicht in fünf Jahren abgeschlossen sein. „Wir reden hier von Zeiträumen jenseits von 2030, in denen eine vernetzte Wasserstoffwirtschaft in der Breite kommerziell angewendet wird.“

Bisher wird Wasserstoff in den allermeisten Fällen per Dampferformierung aus Methan gewonnen, das per Erdgasnetz überall zur Verfügung steht. Dieses Verfahren setzt allerdings CO₂ frei, deshalb ist von grauem Wasserstoff die Rede. Wirklich klimafreundlich ist nur die Aufspaltung von Wasser mithilfe von Grünstrom und Elektrolyse. Der Ausbau erneuerbarer Energien hat sich seit dem Ukraine-Schock rasant beschleunigt, um die Abhängigkeit

von russischem Erdgas zu minimieren. Energie-autark wird Deutschland aber auch im Wasserstoffzeitalter nicht. „Immer dort, wo man erneuerbaren Strom wie in Elektroautos direkt nutzen könne, sollte man das ohne Energiewandlung tun“, meint Bernd Heid. Allerdings werde man auf diese Weise nicht die enormen Potentiale der erneuerbaren Energie auf dieser Erde nutzen können. „Hier ist es besser, Energieverluste durch die Umwandlung in ein Molekül in Kauf zu nehmen“, so Heid, „ohne Wasserstoff werden wir die Sonne Australiens nicht importieren können.“

Fragt sich nur, wie der Energieträger von weit entfernten Wasserkraftwerken, Wind- und Solarfarmen im großen Stil zu den Abnehmern in Europa kommen soll? Flüssig-Wasserstoff lässt sich zwar per Schiff transportieren, doch die Kühlung auf minus 275 Grad Celsius ist energieaufwändig und daher teuer. Deshalb wird die Umwandlung von Wasserstoff zum Beispiel in Ammoniak als Dünger-Vorprodukt wichtiger. Auch grüner Rohstahl lässt sich am energieeffizientesten dort gewinnen, wo viel Grünstrom zur Verfügung steht.

Von allen Transportmöglichkeiten sind Pipelines am günstigsten. Das gilt auch für Wasserstoff

Im gasförmigen Zustand ist Wasserstoff zwar nicht ganz so einfach zu handhaben wie Erdgas, doch der Pipeline-Transport ist auch in diesem Fall unschlagbar günstig. Bei Importen aus Regionen mit preiswerter erneuerbarer Energie wie Skandinavien, Spanien und Portugal, Nordafrika oder dem Nahen Osten dürfte die Röhre eine maßgebliche Rolle spielen. Selbst wenn sich der Preis von zwei Euro auf dem Weg zum Kunden verdoppeln würde, wäre der nachhaltig erzeugte Energieträger günstiger als fossile Kraftstoffe. Zumal bei Erdöl- und Erdgasprodukten zunehmend höhere CO₂-Abgaben fällig werden.

Bundeswirtschaftsminister Robert Habeck (Die Grünen) ist zum Vielflieger in Sachen erneuerbarer Energie geworden. „Gemeinsam mit Norwegen und anderen nord-europäischen Ländern wollen wir ein großes Netzwerk zur Wasserstoffproduktion offshore aufbauen“, sagte er Anfang Mai nach einem Besuch seines norwegischen Kollegen Jan Christian Vestre: „In großen Windparks findet die Elektrolyse bald im industriellen Maßstab statt.“ Diese Windparks sollen an das Gasnetz angeschlossen werden, das auch durch die Nordsee verläuft. „Diese Leitung geht dann in Deutschland weiter – wir sind gerade dabei diese zu planen – in die industriellen Abnahmegelände hinein, wo Stahl dann nicht mehr mit Kohle erzeugt wird, sondern mit Wasserstoff“, so Habeck.

Selbst Gasturbinen ließen sich mit überschaubarem Aufwand auf das kohlenstoff-

freie Gas umrüsten, so Habeck. Bei einer Leistung von jeweils 500 Megawatt könnten zwei solcher Turbinen ein Atomkraftwerk ersetzen. Wasserstoff lässt sich in nicht mehr benötigten Teilen des Erdgasnetzes zwischenlagern sowie transportieren. Das deutsche Gasnetz ist mit einer Länge von 511 000 Kilometern der größte Energiespeicher des Landes. Mit neuen Verdichtern kann es relativ einfach auf den günstigen

Transport von großen Wassermengen umgestellt werden.

Der Bundeswirtschaftsminister will die Pläne zum Aufbau eines Hauptleitungsnetzes für Wasserstoff in Deutschland noch vor den Sommerferien vorlegen. Fragt sich nur, wer das alles bezahlen soll: „Die Netzbetreiber müssten jetzt für einen Stoff Leitungen bauen, der erst in fünf oder sechs Jahren in großer Menge kommen wird“, so

der Grünen-Politiker: „Sie müssen in Vorleistung treten.“

Immerhin kann Norwegen als einer der Hauptlieferanten in der Zwischenzeit auch blauen Wasserstoff einspeisen. Das dekarbonisierte Gas wird zwar aus Erdgas gewonnen, das entstehende Kohlendioxid wird jedoch aufgefangen und unter der Erde zwischengespeichert. Bei der Erzeugung von synthetischen Kraftstoffen kann

es weiterverwendet werden – aber auch diese Raffinerien für E-Fuels müssen erst noch gebaut werden.

Joachim Becker

PERSPEKTIVE GRÜNER WASSERSTOFF
Verantwortlich: Jochen Tensch
Redaktion: Joachim Becker
Anzeigen: Jürgen Maukner



Durch Erdgasleitungen soll künftig auch Wasserstoff fließen. FOTO: MARIJAN MURAJ / DPA



Mit Batterie und Wasserstoff auf Alpentour: Mercedes Truck testet einen umgebauten Actros mit Flüssig-Wasserstoff im Tank.

FOTO: MERCEDES TRUCK

Verlässlich visionär.

NET ZERO

Händ i Händ in die Zukunft der Energie.

Seit über 45 Jahren arbeiten Deutschland und Norwegen zusammen an zukunftsfähigen Energielösungen. Neben zuverlässiger Erdgasversorgung liegt der Fokus heute zunehmend auf Offshore-Wind, der sicheren Speicherung von CO₂ und dem Aufbau der Wasserstoffherzeugung. Für sichere Versorgung und eine klimaneutrale Zukunft.

Erfahren Sie mehr auf equinor.de