

TESLA SEMI

Was Tesla angekündigt hat, würde in Sachen Reichweite Maßstäbe setzen. Entsprechend gespannt sind Beobachter, ob das Unternehmen seine Versprechen halten kann.

GESAMTGEWICHT: k. A.
LADEZEIT: 80 % in 30 min
REICHWEITE: 800 km
PREIS: 180 000 US-Dollar

*Die Angaben beziehen sich jeweils auf das größte Modell der Baureihe.

Noch gibt es den Tesla Semi nur in der Simulation, doch 2021 will Tesla die ersten Modelle ausliefern. Es gibt bereits zahlreiche Bestellungen.



Um das Klima zu schonen, sollen auch Lkw künftig elektrisch fahren. Aber welches ist das beste Antriebskonzept für die Giganten der Straße?

TEXT: CHRIS LÖWER

SCHWER UNTER STROM

W

enn eine nicht enden wollende Sattelschlepperkolonne die rechte Spur der Autobahn besetzt, wenn sich zwei 40-Tonner ein Elefantenrennen liefern und der Verkehrsfluss stockt, dann wünschen sich nicht nur Umweltaktivisten die Güter auf die Schiene. Doch tatsächlich drängen immer mehr Lkw auf die Straße.

»In den nächsten Jahren wird der Schwerverkehr um 20 bis 30 Prozent«, prognostiziert Eric Sax, Leiter des Instituts für Technik der Informationsverarbeitung am Karlsruher Institut für Technologie (KIT). »Obwohl Diesel-Lkw und -Busse sparsamer werden, nimmt der Kohlendioxid-Ausstoß durch den Straßengü-

terverkehr zu.« 2018 lag er in Deutschland bei knapp 48 Millionen Tonnen CO₂, was gut einem Viertel der gesamten Emissionen aus dem Straßenverkehr entspricht und einem Anstieg seit 1995 um 22 Prozent.

»In keinem anderen Sektor, vom Individualverkehr bis zur Landwirtschaft, ist europaweit seit den 90er-Jahren der CO₂-Ausstoß gestiegen. Nur bei Lkw und Bussen ist das der Fall«, sekundiert Stef Cornelis vom europäischen Umweltverband Transport and Environment. Folgerichtig hat die Europäische Union CO₂-Grenzwerte für Lastwagen mit mehr als 16 Tonnen Gesamtgewicht beschlossen: ▶

»Um 20 bis 30 Prozent wird der Schwerverkehr in den nächsten Jahren wachsen.«

Eric Sax, Karlsruher Institut für Technologie

Ihr Ausstoß muss bis 2025 um 15 Prozent, bis 2030 um 30 Prozent gegenüber dem Stand von 2019 sinken. »Dafür sind alternative Antriebe unumgänglich«, sagt Cornelis. »Wirklich CO₂-neutraler Transport funktioniert nur mit elektrischem Antrieb. Die gute Nachricht ist: Das ist machbar. Es gibt genügend Ansätze. Alle großen Hersteller haben zumindest elektrisch betriebene schwere Nutzfahrzeuge angekündigt.« Während Lieferwagen und kleinere Lkw schon länger elektrifiziert sind, sind Volvo, Renault, MAN, Daimler, Iveco und Co. dabei, auch die Schwergewichte ihrer Fahrzeugflotte unter Strom zu setzen.

Die Hersteller bringen elektrisch angetriebene Schwerlasten für Transporte im Umkreis von gut 300 Kilometern zur Marktreife. Mercedes zum Beispiel sammelt mit seiner »Innovationsflotte« aus zehn Elektro-Lkw

vom Typ »eActros« Erfahrungen im Alltagsbetrieb bei Testkunden, vom Baustoff- bis zum Lebensmittelhandel, in Deutschland und in der Schweiz. »In der zwei Jahre dauernden Erprobungsphase sollen mögliche Schwachstellen der Technik identifiziert werden. Ab 2021 ist die Serienfertigung geplant«, lässt ein Sprecher wissen.

»Es ist ein weitverbreiteter Irrtum, dass Lkw Reichweiten von 1000 Kilometern haben müssen«, sagt Cornelis. Tatsächlich würden gut zwei Drittel aller Lieferfahrten hierzulande im Radius von weniger als 300 Kilometern erfolgen. Hinzu komme, dass die Fahrer nach viereinhalb Stunden Lenkzeit eine 45-minütige Pause machen müssen, bei der sie die Akkus wieder füllen könnten. Bei einer zulässigen Geschwindigkeit von 80 Kilometern pro Stunde kämen sie bei diesen Fahrintervallen mit den derzeit

8-Glötzer

Zwischen 1907 und 1942 wurde in den USA der Walker-Elektrotruck gebaut. Er hatte 3,5 PS, eine Reichweite von 80 Kilometern und fuhr etwa 18 Kilometer pro Stunde. Aufgeladen wurde er nachts.

verfügbaren Reichweiten fast aus. Vollelektrische Trucks seien also für solche Fahrten durchaus praktikabel, meint Cornelis.

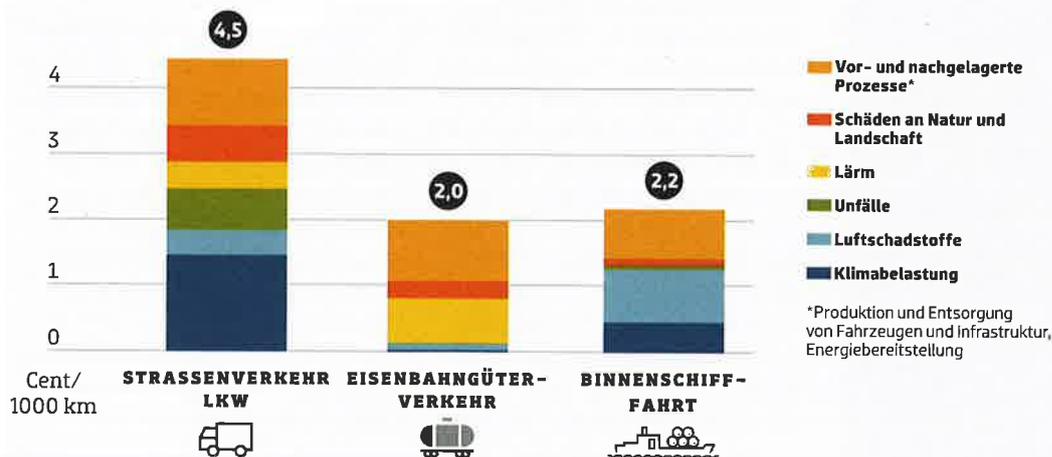
Tesla plant, im nächsten Jahr mit dem dreiachsigen 40-Tonner »Semi« einen Sattelzug auf den Markt zu bringen, der mit einer Akkuladung bis zu 800 Kilometer weit kommen soll. Per Schnellladestation (von denen allerdings noch keine einzige installiert ist) soll der Semi innerhalb einer halben Stunde für eine Fahrstrecke von 640 Kilometern aufgeladen werden können. Angaben zu Nutzlast, Leer- und Batteriegewicht bleibt Tesla bis dato schuldig.

Die vollmundigen Versprechen der Kalifornier müssen sich daher noch in der Praxis beweisen – was spannend werden dürfte. Sax, der als Teamleiter bei Daimler für die weltweite Elektrik- und Elektronik-Entwicklung bei Bussen verantwortlich war und so die Zukunft des Schwerverkehrs mitgestaltet hat, ist skeptisch: »Eine Disruption bei der Batterietechnologie erwarte ich nicht.« Soll heißen: Die Akkus an Bord werden auch auf längere Sicht tonnenschwer bleiben, was nicht nur die Nutzlast verringert, sondern auch wertvollen Platz raubt. »Es ist nicht sinnvoll, auf der Langstrecke bis zu zehn Tonnen Batterien spazieren zu fahren«, sagt Sax.

Immerhin: Schwere Dieselmotoren, Tanks, wuchtige Getriebe und etliche Nebenaggregate entfallen bei vollelektrischen Lastern, was die Gewichtsbilanz verbessert. Weitere grundsätzliche Vorteile: kein CO₂-Ausstoß, solange mit Strom aus erneuerbarer Energie gefahren wird, und weniger Feinstaub beim Brem-

Die versteckten Kosten

NACHHALTIGKEIT Die heutigen Lkw erzeugen **mehr Schäden** an Klima und Natur als Eisenbahn und Schiffe. 4,5 Cent pro 1000 Kilometer Transportweg betragen die Kosten, für die die Gesellschaft aufkommt. 2017 lagen diese externen Kosten im gesamten Verkehrsbereich bei 149 Milliarden Euro. Auftraggeber der Studie war »Allianz pro Schiene«.



sen. Statt durch Reibung zwischen Reifen und Asphalt, was zu Reifenabrieb führt, verzögern die E-Laster idealerweise per Rekuperation, indem sie überschüssige Bewegungsenergie in elektrische Energie umwandeln und der Batterie zuführen.

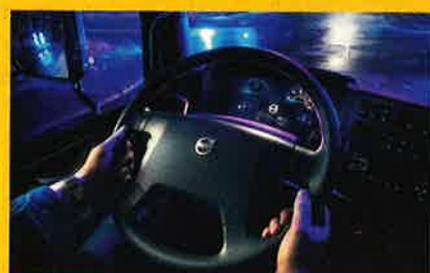
Zudem sind Elektro-Lkw deutlich leiser als Dieselfahrzeuge, sie können daher in bewohnten Gegenden auch außerhalb der Stoßzeiten in den frühen Morgen- und Abendstunden fahren, um die Verkehrsdichte tagsüber zu verringern. Nicht zuletzt deshalb sind bereits zahlreiche Müllautos und Lieferfahrzeuge mit Elektroantrieb unterwegs. Die werden dann über Nacht in ihren Depots aufgeladen und sind für den nächsten Tag einsatzbereit.

Doch diese Möglichkeit hat ein Fernfahrer, der seine Fracht von Hamburg nach Neapel bringt, nicht: »Lange Ladezeiten passen nicht in den Rhythmus des länderübergreifenden Schwerverkehrs«, sagt Sax. »Mein Favorit im Fernverkehr ist daher die Brennstoffzelle – ich sehe hier keine Alternative.« Zwar fehlten noch praktische Erfahrungen im rauen Truckeralltag, gerade was Verlässlichkeit und Lebensdauer der Zellen anbelangt. Auch sei es nicht trivial, Wasserstoff unter Hochdruck durch die Gegend zu fahren, weiß der Ingenieur. Doch letztlich seien das klassische Entwicklungsaufgaben, die lösbar seien.

Wie es laufen kann, zeigt Hyundai mit dem »H₂ Xcient«. Dieses Modell wird mit Wasserstoff betankt. Sein Brennstoffzellensystem liefert 190 Kilowatt Leistung. Gespeist wird es von sieben Tanks, die rund 35 Kilo-



Der Volvo FE Electric wurde speziell für die Abfallwirtschaft und andere städtische Aufgaben entwickelt.



VOLVO FE ELECTRIC

Das Modell hat zwei Elektromotoren (links) mit 370 kW Maximalleistung. Aktuell testet die Hamburger Stadtreinigung das Fahrzeug.

GESAMTGEWICHT: 27 t
BATTERIEN: max. 400 kWh
REICHWEITE: 200 km
LADEZEIT: < 1h (schnell)/6,5 h (regulär)



ogramm Wasserstoff fassen, was für 400 Kilometer reichen soll. Die ersten 50 Fahrzeuge werden noch in diesem Jahr in der Schweiz ausgeliefert.

Die Wasserstoffantriebe kommen dem gewohnten Dieselstandard bei vielen Werten wie Nutzlast, Reichweite oder Betankungszeit schon recht nahe. Wasserstoff wird per Elektrolyse gewonnen und dann meist gasförmig unter Druck in einen Speichertank gepresst. Die Brennstoffzelle wandelt das Gas in elektrischen Strom für den Elektroantrieb um. Als einzige Emission wird Wasser freigesetzt.

Was Hersteller allerdings nicht so gern kundtun, ist, dass die Brennstoffzelle relativ ineffizient ist. Von der Energie, die für die Elektrolyse, den Transport des Wasserstoffs und die erneute Umwandlung in Fahrstrom eingesetzt wird, kommt nur etwa ein Drittel am Rad an. Der Wirkungsgrad von rein batteriebetriebenen Fahrzeugen liegt bei 70 bis 80 Prozent. Das treibt die Fahrtkosten für Lkw mit Brennstoffzelle in die Höhe und erfordert eine höhere Stromproduktion.

Hinzu kommt: Mehr als 90 Prozent des deutschen Wasserstoffs werden derzeit aus fossilem Erdgas erzeugt. Die Ökobilanz stimmt nur dann, wenn der Strom für diesen energieintensiven Prozess komplett aus regenerativen Quellen stammt, etwa

aus Sonnen- oder Windenergie. Die Bundesregierung sieht daher den Aufbau der Produktion von »grünem Wasserstoff« als zentral für die Energiewende.

Hyundai wirbt damit, dass der Strom für die ersten Trucks aus einem Schweizer Wasserkraftwerk bezogen wird. In den nächsten fünf Jahren wollen die Koreaner 1600 Brennstoffzellen-Lkw in der Schweiz verkaufen und von da aus die Welt erobern.

Sie sind damit nicht allein. Scania lässt ein Wasserstoff-Müllauto durch Göteborg fahren, und vier Lebensmitteltransporter beliefern die norwegische Supermarktkette Asko. Nach leichten Transportern bringt Mercedes-Benz die Zellen in diesem Jahr in Busse und schwere Laster.

Spektakuläres plant das US-Start-up Hyzon: Schon ab kommenden Jahr soll ein 50 Meter



Angedockt auf der Autobahn

ELEKTROMOBILITÄT Lkw lassen sich auch via Oberleitung mit Strom versorgen. Wie Züge greifen sie dabei die über der Autobahn installierten Leitungen ab, um ihren Elektromotor anzutreiben und nebenher den Akku aufzuladen. Auf Strecken ohne **Oberleitung** geht es per Batterie oder Diesel weiter. Vor allem auf Pendelstrecken, etwa zwischen einem Produktionsstandort und einem Hafen, gilt dies als mögliche Lösung. Allerdings: »Die **Infrastruktur** ist sehr aufwendig. Fraglich ist, ob es lohnt, einen Kilometer unter der Leitung zu fahren, um Strom für zwei Kilometer zu haben«, sagt Eric Sax. Auch verkürze sich die Ladefläche des Lkw um einen Meter, weil der Stromabnehmer hinter dem Fahrerhaus untergebracht werde. Teststrecken gibt es bereits auf der A5 in Hessen und der A1 bei Lübeck.

HYZON ROAD TRAIN

Das Start-up Hyzon Motors will eine ganze Flotte von Lkw und Pkw mit Wasserstoffantrieb bauen. Der Road Train könnte drei oder mehr Anhänger ziehen.

LÄNGE: 50 m

GESAMTGEWICHT: 140 t

BRENNSTOFFZELLE: 370 kW

REICHWEITE: bis 2000 km



langer Sattelzug mit einem Gesamtgewicht von 140 Tonnen Güter durch die Lande fahren. Der für den Elektroantrieb des »Road Train« nötige Strom wird aus einer 370 Kilowatt-Brennstoffzelle stammen und soll angeblich für die enorme Fahrstrecke von 2000 Kilometern reichen.

Bei kleineren Ablegern des Road Train in der Gewichtsklasse zwischen 15 und 40 Tonnen sprechen die Amerikaner von Reichweiten zwischen 200 und 500 Kilometern. Wie bei Tesla bleibt abzuwarten, ob die Ankündigung nicht etwas hoch gegriffen ist.

Hinzu kommt, dass die Brennstoffzellentechnik wahnsinnig teuer ist. Auch wenn kein Hersteller Preise nennen mag, wäre die Anschaffung wohl drei- bis viermal so kostspielig wie die eines Sattelzuges mit Dieselmotor (der um die 100 000 Euro kostet).

Eric Sax vom KIT kennt die Argumente, baut aber auf Skaleneffekte, die die Preise rasch sinken lassen, wenn viele Autos hergestellt werden. Zudem machen die Anschaffungskosten bei Nutzfahrzeugen nicht einmal 20 Prozent der jährlichen Kosten aus.

Dem Ingenieur bereitet etwas anderes Magengrimmen: die Stromnetze. »Heute sind mehr als drei Millionen Lkw in Deutschland zugelassen. Sollten so viele Fahrzeuge künftig rein batterieelektrisch fahren und alle drei Stunden an die Ladesäule müssen, dann wird das Stromnetz das kaum verkraften.« Extreme Verbrauchsspitzen im Gigawattbereich wären schnell erreicht.

Stef Cornelis verweist auf eine Studie seines Umweltverbandes, der zufolge eine rein bat-



HYUNDAI H2 XCIENT

Bis 2025 will Hyundai 1600 Exemplare seines Wasserstofftrucks ausliefern.

GESAMTGEWICHT: 34 t
BRENNSTOFFZELLE: 190 kW
TANKZEIT: 8–20 min
REICHWEITE: 400 km

auch synthetische Kraftstoffe sowie Oberleitungen (siehe Kasten S. 40) eine Rolle. Auch der Diesel wird aufgrund seines Reichweiten- und Gewichtsvorteils noch eine Weile benötigt werden. Dennoch: »Ab 2030 könnte ein Drittel des Schwer- und Fernverkehrs elektrisch fahren«, schätzt Sax. Die Energiewende im Güterverkehr nimmt endlich Fahrt auf. ■

Mehr Infos über Elektroautobahnen online auf www.pm-wissen.com/auto-auf-schiene

PM KOMPAKT

- Der **Güterverkehr** wird noch weiter zunehmen.
- **Akkus** sind eine Alternative, denn die meisten Fahrstrecken sind kürzer als 300 Kilometer.
- Für längere Strecken gilt **Wasserstoff** als Lösung, denn er liefert viel Energie auf kleinem Raum.



Chris Löwer ist ein großer Freund von Oberleitungen – wenn damit Güterzüge betrieben werden.

terielektrische Lkw-Flotte mit einer durchschnittlichen Fahrleistung von 50 000 Kilometern im Jahr 324 Terawattstunden Strom verschlingen würde – mehr als die Hälfte der heutigen Stromproduktion in Deutschland. Daher erzwingt der Umbau des Verkehrssektors auch einen Umbau der Stromgewinnung und der Verteilernetze.

»An einem Technologiemix führt kein Weg vorbei«, unterstreicht Sax. Das bedeutet: Neben elektrischen Antrieben – Batterie oder Brennstoffzelle – spielen