

Transporter mit batterieelektrischem Antrieb

Der nationale Entwicklungsplan „Elektromobilität“ schließt nicht nur Pkw, sondern auch Zweiräder, leichte Nutzfahrzeuge und Stadtbusse mit ein. Für den Elektro-Antrieb erscheinen im Kurzstreckenverkehr betriebene Transporter aber besonders geeignet. Mehrere Prototypen befinden sich noch im Feldtest, einige Modelle kann man sogar schon kaufen.



③

Antriebstechnik für den Einsatz maßgeschneidert

Jeder elektrische Fahrzeugantrieb hat sein ganz spezifisches Einsatzgebiet (Tafel ①). Das Comeback der Elektrotransporter ist nicht verwunderlich – waren doch schon Mitte des vorigen Jahrhunderts die batterieelektrisch angetriebenen Paketauslieferungswagen der Post recht verbreitet.

Unter bestimmten Einsatzbedingungen sind Transporter für den batterieelektrischen Antrieb besonders geeignet – sofern sie als Liefer- oder Servicefahrzeuge im Kurzstreckenverkehr eingesetzt werden, besonders bei

- viel Stadtverkehr
- geringer Tageskilometerzahl
- geringer Geschwindigkeit – die

EU erwägt ohnehin eine generelle Begrenzung der Geschwindigkeit auf 120 km/h

- viel Bauraum für die Batterie unter der Ladefläche
- Auflademöglichkeit der Batterie nachts „zu Hause“.

Hersteller unter Druck

Die EU plant nun auch CO₂-Grenzwerte für Transporter – vgl. dazu Beitrag: „Auch Transporter müssen sparsamer werden“, ep 2/2010, S. 116–118. Für Neufahrzeuge bedeutet dies eine 33-prozentige Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs bis 2020. Das ist mit der Optimierung des Dieselantriebs allein nicht zu schaffen. Zusätzliche Modellvarianten mit Elektroantrieb wären hier sehr hilfreich. Dabei können die Hersteller bei der Berechnung



① Ford Transit Connect Electric

Werkfotos



② Mercedes Sprinter Plug-in-Hybrid

des durchschnittlichen Flottenwertes der CO₂-Emission mit der schon bei Pkw angewendeten Vergünstigungsklausel rechnen. Das heißt nicht nur, dass zumindest in der Anfangsphase Elektroautos emissionsfrei als Zero-Emission-Vehicles gerechnet werden dürfen, sondern in der Flottenbilanz zählt jedes E-Auto wie 3,5 Fahrzeuge.

Aktuelle E-Transporter

Für drei Transporter-Modelle wird es schon 2010/2011 serienmäßig eine zusätzliche Elektrovariante geben. Sie heißen dann Mercedes Vito E-Cell (Bild in Tafel ②), Kangoo Rapid Z.E. (Zero Emission) (Bild in Tafel ②) und Ford Transit Connect Electric (Bild ①). Wegen der Unterfluranordnung der Batterien und Auflastung der Fahrgestelle sind keine Abstriche an Laderaum und Zuladung zu befürchten (Tafel ②). Bereits in diesem Jahr laufen entsprechende Modellvorhaben und Feldtests. Die 2100 E-Vitos, die Daimler bis 2011 in Kleinserie herstellen will, sollen per Leasing in Kundenhand gelangen (Vergleich zwischen Elektro- und Dieselvariante in Tafel ③).

In Erprobung

Darüber hinaus sind noch weitere E-Transporter als Prototypen in Erprobung, für die aber zumindest für Deutschland noch keine

Markteinführung geplant ist. Es handelt sich dabei um den Ford Transit BEV (Bild in Tafel ②), den Mercedes Sprinter Plug-In Hybrid (Bild ②) und den Iveco EcoDaily Electric (Bild in Tafel ②). Der Sprinter kann rein elektrisch 30 km fahren, danach übernimmt ein Diesel oder Benziner den Antrieb. Hauptvorteil des Plug-In-Hybrid ist die vierzigprozentige Reduktion des Kraftstoffverbrauchs. Einige umgerüstete Transporter kann man schon heute kaufen. Die bekannten Fiat-Transporter Fiorino (Bild in Tafel ②), Doblo und Ducato (Bild in Tafel ②) werden auf Bestellung von der italienischen Firma Micro-Vett auf Elektroantrieb umgerüstet. In Deutschland werden sie von der Hamburger Firma Karabag importiert. Ihr Preis ist allerdings sehr hoch. Er beträgt etwa das Vierfache der Dieselvariante.







Spezielle Ausführungen

Auch spezielle Elektro-Transporter sind schon auf dem Markt. Von EcoCraft Automotive in Wunstorf wurde ein Fahrzeug unter Verwendung von Fahrwerkteilen von VW entwickelt. Hergestellt wird der EcoCarrier (Bild in Tafel ②) im VW-Werk in Sarajevo. Es gibt den Kastenwagen in zwei Aufbauvarianten, zunächst mit Blei-Akku, später auch mit Lithium-Ionen-Batterie. Aixam-Mega, der französische Spezialist für Elektro-Kleinfahrzeuge, bietet über den deutschen Importeur Iseki einen Kastenwa-

Tafel ① Elektrische Antriebsarten und Einsatzgebiete

Antriebsart	Nutzung des Stromnetzes	typische Anwendungsfälle
batterieelektrischer Antrieb	100 %	Pkw Transporter mit Kurzstreckenprofil Elektro-Fahrräder (Pedelec), in Serie Elektro-Roller, in Serie
mit Reichweitenverlängerer Plug-in-Hybrid	teilweise	Pkw
	teilweise	Pkw Transporter, Prototyp
Hybrid	ohne	Pkw Stadtbusse, USA in Serie Verteiler-Lkw, Prototypen Müllsammelfahrzeuge, Prototypen
Brennstoffzelle	zur Wasserstoffherstellung, Elektrolyse	Stadtbusse, Feldversuch

Tafel 2 Technische Daten der aktuellen Elektro-Transporter

Hersteller	Renault	Ford	Ford	Mercedes-Benz	Mercedes-Benz	Fiat	Fiat	Iveco	EcoCraft	Mega
Typ	 Kangoo Rapid Z.E.	 Transit Connect Electric	 Transit BEV	 Vito E-Cell	 Sprinter Plug-In-Hybrid	 Fiorino E	 Ducato E	 EcoDaily Electric 35/50	 EcoCarrier ES/EL	 Multitruck Van
Elektroausrüster	–	Dynamics Corp.	Smith Electric Vehicle	–	–	Micro-Vett	Micro-Vett	–	–	–
Entwicklungsstand	Prototyp Feldversuch	käuflich in USA	Prototyp Feldversuch	Kleinserie 100 Fz	Prototyp	käuflich	käuflich	Prototyp	käuflich	käuflich
Markteinführung in Deutschland	Ende 2011	Mitte 2011	offen	August 2010	offen	erfolgt	erfolgt	offen	erfolgt	erfolgt
Fahrzeug										
Gesamtmasse in t	2,06	2,25	2,6–3,5	3,05	3,88	1,7	3,3	3,5/5,2	1,75/2,25	1,12
Zuladung in kg	650	454	950–1800	900	1600	488/604	1000/1350	–/2150	370/750	315–680
Laderaum in m³	3,0–3,5	3,8	6–12	4,7	9,0	2,5/2,8	13,0	7,3–17,2	1,8/4,9	3,0
Elektroantrieb										
Antriebsachse	Vorder-A.	Vorder-A.	Hinter-A.	Vorder-A.	Hinter-A.	–	–	–	Vorder-A.	Vorder-A.
Motor	Synchronmotor	Induktionsmotor	Induktionsmotor	Permanentmagnet-SM	Permanentmagnet-SM	–	–	–	Asynchron	Drehstrom
Spannung in V	–	260–380	320	380–400	250–450	–	–	–	84	48
Leistung (Spitze/Dauer) in kW	44	100/50	90/30	70/60	75	60/26	60	–	15	13/8
Drehmoment (Spitze/Dauer) in Nm	226	235/158	239	280	325	–	–	260/300	–	45
Höchstgeschwindigkeit in km/h	130	120	80	80	160	115/75	90	70/70	75	45
Batterie										
Typ	Lithium-Ionen	Lithium-Ionen	Lithium-Ionen	Lithium-Ionen	Lithium-Ionen	Lithium-Ionen	Lithium-Ionen	Natrium-Ni-Chlorid	Blei-Gel	Blei-AGM
Kapazität in kWh	22	28	40	36	14,4	31,3/13,8	62,6/31,3	–	15,1	–
Gewicht in kg	–	300	528	500–420	173	–	–	–	380	–
Anordnung	Unterflur	Unterflur	Unterflur	Unterflur	Unterflur	–	–	Unterflur	Unterflur	–
Reichweite in km	160	130	160	130	30 (rein elektrisch)	140/70	145/75	120/130	50–80	65
Preis (ohne MwSt.) in Euro	–	–	–	–	–	57 000/37 000	115 000/86 000	–	26 300/30 450	17 885
Bemerkung	Feldversuch mit 40 Fz	–	Feldversuch mit 10 Fz	Leasing für 4 Jahre	mit Diesel- od. Benzinmotor	Importeur Karabag	Importeur Karabag	–	–	Importeur Iseki

Tafel 3 Vergleich Diesel- und Elektroantrieb am Beispiel des Mercedes-Benz Vito

Antrieb	Diesel	Elektro
Fahrzeugtyp	Vito 109 CDI	Vito E-Cell
Nutzmasse kg	900–980	900
Laderaum m³	4,7	4,7
Nennleistung kW	70	70
Höchstgeschwindigkeit km/h	160	80
Energiespeichereinheit	l (Tank)	kWh (Batterie)
Energieverbrauch im eur. Fahrzyklus	l/100 km	kWh/100 km
Reichweite	km je Tankfüllung	km je Batterieladung
Energiekosten pro Einheit	Euro/l DK	Euro/kWh
Energiekosten auf 100 km	Euro/100 km	Euro/100 km

*) Durchschnittsangaben, Stand Juli 2010

Tafel 4 Für und Wider Elektrofahrzeug

Das Für	Das Wider
einfacher Aufbau des Antriebsstrangs, keine Kupplung und kein Schaltgetriebe	teure Lithium-Ionen-Batterien 14000–63000 Euro*) erhöhen stark den Fahrzeugpreis
hohes Anfangsdrehmoment erleichtert das Anfahren	schwere Li-Ion-Batterien von 300–528 kg*) erhöhen Fahrzeuggewicht
einfache Möglichkeit der Bremsenergieerückgewinnung	geringere Reichweite durch geringe Energiedichte der Batterien von etwa 65–160 km*)
keine lokale Schadstoffemission geringere CO ₂ -Emission weniger Lärm	lange Aufladezeiten der leeren Batterie von etwa 4–8 h an der Haushaltsteckdose 30 min an der Ladestation*)
niedrige Energiekosten z. B. 4,25 Euro/100 km 37 % gegenüber Diesel*)	geringere Höchstgeschwindigkeit von etwa 45–130 km/h*)
künftig mehr Freiheiten in der Fahrzeuggestaltung durch Radnabenmotoren	

*) Werte beziehen sich auf den gegenwärtigen Entwicklungsstand der Elektro-Transporter gemäß Tafel 2, Batteriepreise wurden mit der Annahme 1000 Euro/kWh berechnet

gen mit nur **13 kW Höchstleistung** (Bild 3) an. Das Chassis besteht aus Aluminium, der Aufbau weitgehend aus Kunststoff. Immerhin verfügt er über 3 m³ Laderaum und 315–680 kg Zuladung. Als Speicher dient eine spezielle Bauform des Blei-Akkus, bei der das Elektrolyt in einem Glasfaservlies gebunden ist (AMG Absorbent Glass Matt). Die Hochschule Bochum arbeitet an einem Entwicklungsprojekt für einen **optimalen batterie-elektrischen Kleintransporter**, der für die Großserienproduktion geeignet ist mit den Zielstellungen:

- Radnabenmotoren
- Leichtbauweise
- Zuladung 400 kg
- Höchstgeschwindigkeit 120 km/h und Reichweite 150 km
- Preis 20000 Euro sowie
- Serieneinführung 2016.

Batterietechnik

Derzeit konzentrieren sich nahezu alle Fahrzeughersteller auf die Lithium-Ionen-Batterie, da sie nach gegenwärtigem Stand der Technik am besten die Forderung nach hoher Energiedichte (Wh/kg) und Zyklenfestigkeit (Ladung/Entladung) erfüllt.

Ziele des nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität:

- **Energiedichte** 200 Wh/kg – derzeit 100 Wh/kg
- **Lebensdauer** 10 bis 15 Jahre, etwa 3000–5000 Ladezyklen
- **Kosten** 300–500 Euro pro kWh Speicherkapazität.

Derzeit kostet eine Lithium-Ionen-Batterie noch 1000–1200 Euro/kWh. Demnach würde die Batterie für einen Transporter in der Größenordnung des Vito oder Transit Connect heute rund 30000 Euro kosten. Für den Zeitraum ab 2015 wird durch Stückzahlerhöhung, Kooperation und Rationalisierung ein Preisrückgang auf die Hälfte, also 500 Euro/kWh, erwartet.

Kostenfaktoren der Li-Ion-Batterie

Neben den Materialkosten für Lithium, Kupfer und teure Elektrolyte sind es vor allem die aufwendigen Maßnahmen für die Funktionssicherheit. Die Batterie besteht in der Regel aus etwa 200 Zellen. Diese müssen erwärmt oder gekühlt und überwacht wer-

den. Jede der Zellen besitzt einen eigenen Temperatursensor, der sie ggf. abschaltet, falls sie sich ungewöhnlich stark erhitzt. Natürlich gibt es auch schon Forschungsansätze für eine Nach-Lithium-Ionen-Zeit. So sollen Metall-Luft-Batterien Energiedichten von 1000 bis 14000 Wh/kg ermöglichen. Ihre Praxistauglichkeit ist aber fraglich. Wenn überhaupt, so werden sie frühestens in zehn Jahren einsatzfähig sein.

Batterieladesysteme

Zum Aufladen der leergefahrenen Batterie gibt es drei Wege:

- **Standardladung** an der konventionellen Haushaltsteckdose, vollständige Ladung der Batterien innerhalb von 4–8 h.
- **Schnellaufladung** an einer 400-V-Drei-Phasen-Kraftstromsteckdose auf 80 % der Batteriekapazität, rund 30 min.
- Das von Better Place propagierte **Wechselsystem**, Austausch einer leeren gegen eine volle Batterie innerhalb von fünf Minuten.

Stromanbieter wie RWE arbeiten aktiv daran, eine Infrastruktur mit Ladestationen in vielen deutschen Großstädten aufzubauen. Bis Ende 2010 sind allein in **Berlin 500 Ladepunkte** geplant.

In **NRW** werden es bis dahin **400** sein. Für die Schnittstelle zwischen Ladesäule und Fahrzeug gelten künftig internationale Standards.

Das Better-Place-Wechsel-Akksystem wird zunächst von Renault/Nissan in Israel angewendet. Soll es für alle E-Modelle in Europa tauglich sein, müssten die Akkus und in gewissem Maße auch die Autos standardisiert sein. Das will kein Hersteller. Weiterhin stellt sich die Frage: Ist die notwendige Bevorratung der Wechselbatterien, von denen jede rund tausend Euro kostet, wirtschaftlich vertretbar?

Ökonomische und ökologische Bewertung

Ökonomische Faktoren. Der Kaufpreis eines Elektroautos wird wesentlich durch die Batteriekosten bestimmt. Dass umgerüstete Einzelfahrzeuge – vgl. Fiat Fiorino und Ducato – gegenüber den entsprechenden Dieselvarianten heute rund das Vierfache

Tafel 5 CO₂-Emission von E-Autos – Vergleich zu konventionellen Antrieben in Abhängigkeit von der Stromherkunft

Antrieb	Energieträger	CO ₂ g/km
Verbrennungsmotor	Benzin	192
	Erdgas	163
	Dieselmotorkraftstoff	139
elektrisch	Strom aus Kohle	138–123
	durchschnittlicher europäischer Strom-Mix	67
	Strom aus Erdgas	65
	Strom aus Holz	10
	Strom aus Kernkraft	2
	Strom aus Windkraft	0

Quelle: Renault, Well-to-Wheel-Berechnung, d. h. CO₂-Emission von der Energiequelle bis zum Antriebsrad, schließt bei Verbrennungsmotoren auch Herstellung des Kraftstoffs aus Erdöl mit ein

kosten, ist sicherlich kein endgültiger Maßstab. Um es aber gleich vorweg zu sagen: Auch wenn die Betriebskosten noch so verlockend niedrig sind, der Kauf eines Elektro-Transporters wird sich unter den heutigen Bedingungen kaum amortisieren.

Energiekosten. Diese Kosten betragen beim Elektro-Vito nur 44 % des Vito mit Dieselmotor (Tafel 3). Es ist aber zu erwarten, dass später analog zur Mineralölsteuer noch eine so genannte Straßenstromsteuer hinzukommt.

Kfz-Steuer. E-Autos mit Pkw-Zulassung sind 5 Jahre befreit. E-Autos mit Lkw-Zulassung zahlen den halben Steuersatz.

Finanzielle Anreize. In Deutschland gibt es zunächst keine Kaufprämien, wie sie z. B. in Japan mit 10000 Euro, Spanien mit 6000 Euro oder Frankreich mit 5000 Euro vom Staat gewährt werden.

Ökologische Bewertung. Auch wenn Elektroautos keine Abgase ausstoßen, müssen die für die Erzeugung elektrischer Energie anfallenden Emissionen in der Gesamtbilanz berücksichtigt werden. Das gilt vor allem für die Emission des Klimagases CO₂ (vgl. auch Tafel 5).

Den erhofften Umweltvorteil bringt das Elektroauto also nur mit Öko-Strom, d. h. aus Windkraft, Solarenergie, Wasserkraft, Biomasse.

Im Jahr 2009 betrug der Anteil von erneuerbaren Energien am gesamten Stromverbrauch nach Angaben des Bundesverbandes der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) 16 %. Windenergie und Biomasse trugen mit 6,4 und 4,4 % von allen erneuerbaren Energien am meisten dazu bei.

Nach nationalem Entwicklungsplan soll der Ökostromanteil bis 2020 auf 30 % ansteigen. Was die Schadstoffe betrifft, hat der Fahrzeughalter in den Umweltzonen keinen rechtlichen Vorteil. Aber in sensiblen Bereichen wie Kurorten, beim Betrieb in geschlossenen Räumen usw. kann ein Elektro-Transporter schon sehr vorteilhaft sein.

Zudem zeichnen sich Elektroautos durch geringe Lärmemission der Motoren aus. Letztlich genießt man das saubere Image als technischer Vorreiter – ein nicht zu unterschätzender Werbevorteil. In Tafel 4 ist das Für und Wider des Elektroantriebs gegenübergestellt.

Strom aus dem Auto

Je höher der Anteil von Ökostrom, umso mehr muss man sich einem anderen Problem widmen. Der Stromfluss soll nicht nur in Richtung Autobatterie funktionieren. Wenn das Stromnetz schwächelt, weil Windflaute ist oder sich die Sonne nicht zeigt, könnten Millionen von Autobatterien angezapft werden und so die Stromversorgung sicherstellen – mithilfe eines intelligenten Lastmanagement- und Abrechnungssystems. Nach einer Dokumentation des WDR regen sich aber hier auch Bedenken. Wer dem Stromnetz Batteriekapazität zur Verfügung stellt, kann sein Auto nicht mehr spontan und beliebig nutzen. Das Hauptargument für den Besitz eines eigenen Autos wäre damit hinfällig. Die Kritiker bezweifeln, dass Autobesitzer zugunsten der Allgemeinheit eine Lebensdauerverkürzung ihrer Batterie akzeptieren werden. J. Sachse