Schwerlastfahrzeuge werden unbedingt gebraucht – Gedanken zu den Möglichkeiten eines Batteriebetriebs

geschrieben von Andreas Demmig | 6. September 2019

Einführung in batterieelektrische Flurförderzeuge

Alice J. Friedemann,

Schwerlast-Dieselmotoren (in der Landwirtschaft, Bergbau, Holzeinschlag, Bauwesen, Müll, Zement, Schwerstlast Transporter) sind die Haupt-Antriebsmotoren der Zivilisation. Ohne sie könnten keine Waren geliefert werden, keine Lebensmittel gepflanzt oder geerntet, kein Müll aufgesammelt, keine Mineralien abgebaut, kein Beton hergestellt, Öl und Gas gebohrt und auch Straßen gebaut, um sie alle am Laufen zu halten. Wenn Lastwagen nicht mehr fahren würden, würden Tankstellen, Lebensmittelgeschäfte, Fabriken, Apotheken und Fabriken innerhalb einer Woche schließen.

> […] Anfang 2016 hielt man den „peak" von Öl , Kohle und Erdgas als erreicht, bzw. man meinte, es wäre kurz davor. Die Fracking-Revolution in Amerika, war noch nicht in aktuell und Wasserstoff ist eine Energiesenke, da es keinen freien Wasserstoff auf der Erde gibt. – Daher habe ich diesen Abschnitt weggelassen]

Lkws, die eine Rolle spielen – die 30 Tonnen Güter und mehr befördern können, Zement oder Erz liefern – sind gut 40-mal schwerer als ein durchschnittlicher PKW. Ein Hochskalieren von Batterien für schwere Nutzfahrzeuge (NRC 2014 – *Nationaler Forschungsrat Kanada)* ist daher nach dem Stand der Batterietechnologie nicht mehr möglich. Zum Beispiel würde ein beladener 30-Tonner LKW, der in der Lage ist 1000 km zu fahren, eine Batterie von rund 25 Tonnen benötigen und könnte daher nur etwa 2 Tonnen Fracht befördern (den Boer et al. 2013). Und weil eine Hochleistungs-Lkw-Batterie so schwer und groß ist, dauert der Ladevorgang lange – typischerweise 12 Stunden oder länger.

> [Nach den Informationen für Deutschland, hier folgend, ist im vorstehendem Beispiel das Leergewicht des LKWs zu niedrig angesetzt, 30 Tonner, oder auch 40 Tonner bezeichnet das zulässige Gesamtgewicht des LKWs und wird z.B. auch von der Anzahl der Achsen bestimmt. Kompakt erklärt https://www.bussgeldkatalog.org/zuladung-lkw/ … die individuelle Zuladung für den LKW. Bei 40 t sind das oft um die 27 t bei einem Leergewicht von 13 t, beim 12-Tonner etwa 7 t bei einem Leergewicht von 5 t.]

Oder wie Ryan Carlyle, Ingenieur der Ölgesellschaft, es ausdrückt: „Was schwere Lkws betrifft, gibt es keinen Ersatz für Kohlenwasserstoffkraftstoffe. Die Physik der Leistung/Gewichts-Verhältnisse und das Vorhandensein gesetzlicher Grenzwerte für das

zulässige Gesamtgewicht bedeuten, dass Sie einfach kein „elektrischen LKW“ bauen können und erwarten, dass dieser etwas befördert, das dem entspricht, was Diesel-LKWs heute leisten. Dies ist kein Bereich, in dem Tesla einen 30% besseren Akku bauen kann, und damit wäre das plötzlich möglich. Die erforderliche Energiedichte ist ungefähr 50-mal kleiner als sie sein müsste. **Ein Batteriebetriebener LKW würde mehr als die Hälfte seiner Nutzlast für die eigenen Batterien nutzen**, was als Güterbeförderungssystem praktisch nicht funktioniert. **Die Möglichkeiten von Batterien sind chemisch begrenzt**. Die erste wieder aufladbare Batterie [Akkumulator] wurde vor mehr als 200 Jahren erfunden und seitdem ständig weiterentwickelt. Fortschritte sind nur noch in winzigen Schritten absehbar, aber mit der bekannten **Elektrochemie** können Zellen physikalisch nicht genug Energie speichern, um sich den heutigen großen Dieselmotoren zu nähern (Carlyle 2014).

> Auch die Entwicklung von Autobatterien stößt bereits an die Grenzen der Gesetze der Physik und Thermodynamik , doch LKW-Batterien müssen noch leistungsfähiger, langlebiger und langlebiger sein.

Außerhalb des städtischen Busverkehrs, gibt es derzeit keine kommerziell erhältlichen Hochleistungsbatterie-Elektrofahrzeuge Es ist nicht zu erwarten, dass Elektrobusse in den nächsten Jahrzehnten in den Fernverkehr vordringen können, wo der stationäre Betrieb mit hoher Geschwindigkeit den Arbeitszyklus des Fahrzeugs dominiert, ohne dass wesentliche Fortschritte bei der Batterieenergiedichte und Ladetechnologien erzielt werden. (ARB 2015).

> [Probleme der Elektrobusse in Berlin sind u.a. die viel zu geringe Reichweite und die Ladezeiten: https://www.spiegel.de/auto/aktuell/berlin-neue-e-busse-der-bvg-koennen-nur-halbtags-eingesetzt-werden-a-1271623.html und https://www.bz-berlin.de/berlin/kolumne/wer-bezahlt-die-elektrobusse-die-die-bvg-bestellt-hat]

Es gibt elektrische Lastwagen, meistens mittelschwere Hybridfahrzeuge, die viel anhalten müssen und trotz (etwas) Rückspeisung den Hilfsmotor starten, um die Batterie aufzuladen. Dies beschränkt ihre Anwendung auf Liefer- und Müllwagen und Busse. Diese Lkw werden auf Landes- und Bundesebene stark subventioniert, da sie im Durchschnitt das Dreifache eines Diesel-Lkw-Äquivalents kosten (Tabelle 1). *[Testphase von Hybridbussen im Stadtverkehr Nbg. ergab, Lebensdauer der Batterien 4 Jahre, aufgrund der häufigen Lade-/ Entlade-Zyklen].*

Immer wenn ich im Internet nach Elektrofahrzeugen suche, taucht etwas Neues auf. „Elektrotraktor“ wurde kürzlich im Dezember 2016 vorgestellt. Der John Deere-Akku-Traktor der Serie 7030. Wenn Sie jedoch auf die John Deere-Website gehen, ist von diesem Traktor absolut nichts zu finden.

John Deere arbeitet nicht an elektrischen Traktoren, da Traktoren eine **mobile oder stationäre** mechanische Leistung für Zusatzgeräte bieten müssen. Das Stromnetz ist an abgelegenen Orten einfach nicht verfügbar.

Nur Verbrennungsmotoren [mit großem Tank] können einen effizienten mobilen und stationären Hochleistungsantrieb bereitstellen (DTF 2003).

Der Hafenbetreiber von Los Angeles dachte darüber nach, vollelektrische Schwerlast-Muldenkipper einzusetzen, um die Luftqualität zu verbessern. „Drayage Trucks“ fahren täglich mindestens 360 km zwischen dem Hafen und den Binnenlagern hin und her. Es blieb beim Gedankenexperiment, weil elektrische Muldenkipper zu viel kosten, 307.890 US-Dollar. Allein die 350-kWh-Batterie kostet 110.880 US-Dollar. Das ist dreimal so viel wie ein Diesel-Lkw für 104.360 US-Dollar und 100-mal mehr als ein gebrauchter Drayage-Truck für 3.000 US-Dollar. Und die Kosten waren nicht das einzige Problem (Calstart 2013a):

> [Das Wort “ Drayage“ stammt ursprünglich von “ Dray“ ab , einem niedrigen Wagen ohne feste Seiten, der zum Transport schwerer Lasten über eine kurze Distanz verwendet wird, typischerweise in allen Güterumschlagzentren, Schiffs-, Flughafen],

- Die Reichweite ist aufgrund des Batteriegewichts und der Größe zu gering. Drayage-Trucks müssen mindestens 200 Meilen (320km) pro Tag zurücklegen, aber im besten Fall kann ein Elektro-Truck 100 Meilen zurücklegen, bevor er aufgeladen werden muss, was zu lange dauern würde und eine teure Infrastruktur erfordert, um jeden Truck mehrmals pro Tag aufzuladen.
- Die Batterien / Akkupacks kosten zu viel.
- Das Überwinden der langen Ladezeit durch Schnellladen verkürzt die Batterielebensdauer, was zu inakzeptablen Kosten für einen neuen Batteriesatz führten würde, bevor die Lebensdauer des Lastwagens endet
- Obwohl Elektrizität fast überall verfügbar ist, sind die Mengen, die für eine Flotte von Batterie-Elektrofahrzeugen benötigt werden, sehr hoch und erfordern möglicherweise eine erhebliche Infrastruktur. Es wären mehrere teure Hochleistungs- und / oder Schnellladestationen erforderlich
- Fahrbahnstrominfrastruktur ist kompliziert und teuer und möglicherweise nur in bestimmten Bereichen oder Anwendungen geeignet. Die Auswirkungen auf das Stromnetz und die Frage, ob genügend Strom geliefert werden kann, sind für die rund 10.000 Muldenkipper in der Region Los Angelas Interstate – 710 nicht bekannt [
- Lebenszyklus- und Wartungskosten für große Akkus in mobilen Anwendungen sind nicht bekannt
- Tauschstationen sind unpraktisch und erfordern eine „industrielle Standardisierung und“ Robustheit „von Batteriepacks sowie standardisierte Software- und Kommunikationsprotokolle für die Batterie- und Systemintegration sowie viele Standorte und Lager- und Betriebsraum für mehrere große LKWs und Hunderte von großen Akkus.

Manufacturer	Vehicle	Battery kWh	Model year	GVWR	Electric vehicle	Conventional truck	Difference	Times more
AMP trucks, Inc.	E-100 workhorse electric walk-in Van	100	2013	14,001-19,500	$133,000	$58,000	$75,000	2.3
BYD Motors Inc.	BYD K9M Bus		2014	39,683	$850,000	$422,000	$428,000	2.0
BYD Motors Inc.	T5		2016	16,100	$165,000	$47,888	$117,112	3.4
BYD Motors Inc.	T7		2016	23,600	$195,000	$84,995	$110,005	2.3
BYD Motors Inc.	T9		2016	120,000	$300,000	$117,500	$182,500	2.6
BYD Motors Inc.	Package Truck		2016	23,500	$175,000	$83,343	$91,657	2.1
Motiv Power Systems	FE4 with Ford E-450 chassis	80	2014	14,500	$181,000	$29,605	$151,395	6.1
Motiv Power Systems	FE4 with Ford E-450 chassis	100	2014	14,500	$195,000	$29,605	$165,395	6.6
Motiv Power Systems	FE4 with Ford E-450 chassis	120	2014	14,500	$212,000	$29,605	$182,395	7.2
New Flyer	Xcelsior XE40 100	100-300	2015	44,312	$750,000 - $920,000	$465,000	$285,000 - $455,000	1.6-2.0
New Flyer	Xcelsior XE 35 100	100-200	2015	44,312	$735,000 - $825,000	$450,000	$285,000 - $375,000	1.6 -1.8
New Flyer	Xcelsior XE60 100	100-300	2015	69,000	$1,075,000- $1,210,000	$745,000	$330,000 - $465,000	1.4-1.6
Proterra Inc	Proterra BE40 All-electric Bus		2014	39,500	$825,000	$635,000	$190,000	1.3
Trans Tech	Trans Tech Bus SSTe		2015	14,500	$180,000	$60,000	$120,000	3.0
Zenith Motors	Cargo Van 136" WB	51.84	2014/15	10,050	$92,900	$32,500	$60,400	2.9
Zenith Motors	Shuttle Van	51.84	2014/15	10,050	$92,900	$33,595	$59,305	2.8
Zenith Motors	Cargo Van 136" WB	62.1	2014/15	10,050	$97,900	$35,595	$62,305	2.8
Zenith Motors	Shuttle Van	51.84	2016	10,050	$109,000	$37,204	$71,796	2.9
Zenith Motors	Cargo Van 159" WB	51.84	2016	10,050	$99,000	$37,364	$61,636	2.6
Zenith Motors	Cargo Van "136" WB	51.84	2016	10,050	$99,000	$32,419	$66,581	3.1

Tabelle 1. Elektrofahrzeuge verbrauchen im Durchschnitt dreimal mehr Kraftstoff als ihre Diesel-Äquivalente (ICEV). Quelle: 2016 New York State Electric Vehicle – Zulassungsliste (NYSEV-VIF) des Staates New York für bezuschusste vollelektrische Fahrzeuge https://truck-vip.ny.gov/NYSEV-VIF-vehicle-list.php.

Andere Kosten

- Die Batteriekosten sind ein Hauptbestandteil der Gesamtkosten und liegen (in 2016) zwischen 500 und 700 USD pro Kilowattstunde (kWh). Dies ist wesentlich mehr als die Kosten für einen herkömmlichen Dieselmotor. In ihrer Kommerzialisierungsstudie I-710 aus dem Jahr 2013 bezifferte CALSTART die Kosten für ein 350 kWh-Batteriesystem auf über 200.000 USD im Jahr 2012.
- **Ein 240-kW-Schnellladegerät von BEV** kann bis zu 1.500.000 USD kosten (mit 300.000 USD zusätzlichen Installationskosten). Pro Ladegerät können 5 Schwerlast-Lkw (ICF 2016) geladen werden: 350.000 US-Dollar für 450 kW (EVSE) + 150.000 bis 200.000 US-Dollar für die Installation pro EVSE (Calstart 2015) oder 350.000 US-Dollar für ein spezialisiertes Proterra-Schnellladegerät für bis zu acht Proterra-Transitbusse (ARB 2015).
- Zusätzliche Kosten für die Aufrüstung des Verteilungssystems, wenn die Nennkapazität der installierten elektrischen Ausrüstung überschritten wird. Eine Flotte mit 20 E-Trucks in Südkalifornien musste mit einen Transformator auf der Kundenseite des Zählers aufgerüstet werden. Der Transformator kostete 470.000 US-Dollar. 100 mittelschwere E-Trucks, die gleichzeitig aufgeladen werden, fordern

1,5 MW Leistung vom Netz, 50 E-Busse benötigen sogar 3,0 MW Leistung. Dies liegt in der gleichen Größenordnung wie der Spitzenstrombedarf des Transamerica Pyramid-Gebäudes, des höchsten Wolkenkratzers in San Francisco, Kalifornien (Calstart 2015).

- Im Gegensatz zu Elektroautos, die vorzugsweise nachts aufgeladen werden können, wenn die Preise am niedrigsten sind (23.00 bis 08.00 Uhr für 0,05 USD / kWh), müssen E-Trucks und Busse tagsüber zu den höchsten Stoßzeiten (12.00 bis 18.00 USD 0,20 USD/ kWh) aufgeladen werden, bei Durchschnittspreisen von 010 USD/kWh in den übrigen Zeiten von 8 bis 12 Uhr und 18 bis 23 Uhr. Damit wird der Strom zu einer nennenswerten Kostenposition [vor allem in USA] (Calstart 2015).
- Es ist unwahrscheinlich, dass kommerzielle Flotten mit Elektrotrucks Geld verdienen, da sie strenge Betriebspläne haben, während sich das Netz ständig und unvorhersehbar ändert. Wenn das Stromnetz E-Truck-Batterien nicht schnell genug laden kann, kann dies die Reichweite verringern oder die Verfügbarkeit verzögern (Calstart 2015).

Elektrofahrzeuge sind auch deshalb noch nicht kommerziell einsetzbar, da sie zu viele Leistungsprobleme haben, wie z. B. reduzierte Leistung bei kaltem Wetter, hoher Bedarf bei Beschleunigter Fahrweise (Zeit ist Geld) und Bergauffahren, zu kurze Reichweite und Batterielebensdauer. Das Aufladen dauert zu lange und die nutzbare Reichweite pro Tag sinkt mit älter werdender Batterie, das erschwert die Planung und macht sie ineffizient.

Es ist auch viel schwieriger, Batterien für Lkws zu entwickeln als für Pkws, da LkWs eine angestrebte Lebensdauer von 15 Jahren haben (gegenüber 10 Jahren für Pkws), bei einer Million Meilen Laufleistung. LKWs müssen auch extremeren Bedingungen wie Temperaturen, Vibrationen und korrosiven Stoffen standhalten als Autos (NRC 2015), und es ist schwierig, Akkus so langlebig zu bauen, für härtere Einsatzbedingungen, längerer Laufleistung und lange Lebensdauer geeignet sind.

Calstart befragte viele Unternehmen ob sie Hybrid – oder Elektro – Lkw kaufen würden. Er stellte fest, dass die größten Bedenken die Anschaffungskosten, das mangelnde Vertrauen in die Technologie, die mangelnde Unterstützung von Industrie und Lkw – Herstellern, die fehlende Infrastruktur und das hohe Gewicht (Calstart) betraf 2012).

Elon Musk hat kürzlich getwittert, dass Tesla einen Sattelschlepper bauen wird, ohne Details zu nennen. Er verspricht, in einem halben Jahr erneut weitere Informationen zu twittern. Warum sollte ich einem Elon Musk-Tweet z.B. mehr als einem Trump-Tweet trauen? Zumal fast alle Elektro-Lkw-Unternehmen, die ich für „When Trucks Stop Running“ studiert habe, trotz enormer Subventionen von Bund und Ländern aus dem Geschäft sind. Angesichts der Tatsache, dass Tesla fast 5 Milliarden US-Dollar Schulden hat ist er eindeutig auf der Suche nach Subventionen, für Drayage Trucks in den Häfen von Los Angeles und San Pedro und nach mehr Geld von Investoren.

> [Aktuelle Informationen habe ich bei AMS gefunden: https://www.auto-motor-und-sport.de/elektroauto/tesla-semi-truck-daten-fotos-marktstart-des-elekto-lkw/
>
> 40 Tonnen Zug, bis zu 960 km Reichweite, AMS errechnet rund 1000 kW Batteriekapazität mit 7,5 Tonnen. Um wie versprochen 80 Prozent dieser 1.000 kWh-Batterie zu laden, bedarf es 800 kWh. Diese in 30 Minuten abzurufen, wären ohne Ladeverluste 1.600 kW.]

Keiner der von mir untersuchten oder auf dem Markt befindlichen Elektro-Lkws war Langstrecken- oder Offroad-Traktoren, Erntemaschinen, Bau- und Holzfahrzeuge oder andere schwere Lkws der Klasse 8 (außer Müllwagen). Es waren alle viel kleinere Lieferwagen oder Busse der Klasse 4-6, weil sie oft genug anhalten und starten, um Hybridbatterien zu verwenden, eine weitaus kommerziell wahrscheinlichere Möglichkeit als Langstrecken-LKWs, die vor dem Anhalten Hunderte von Kilometern weit fahren und 36 Tonnen geladen haben (und noch mehr Gewicht im Gelände). Dieser Artikel von wired.com weist auch auf andere Probleme mit Elektro-LKWs hin.

Aber der Teufel steckt im Detail, lesen Sie weiter unten in meiner Zusammenfassung und in Auszügen eines Studie über elektrische Lastwagen. Oberleitungsfahrzeuge werden in einem anderen Beitrag behandelt. Sowohl Elektro- als auch Oberleitungs-Lkw werden ausführlicher in *“When Trucks Stop Running: Energy and the Future of Transportation”, 2015, Springer („Wenn Lkws stehen bleiben: Energie und die Zukunft des Verkehrs“)*

Erschienen am 01.06.2016 auf
http://energyskeptic.com/2016/diesel-finite-where-are-electric-trucks/

Übersetzt durch Andreas Demmig

Frau AJ Friedemann ist der Schöpfer von http://energyskeptic.com/. Frau Friedemann ist vielleicht am bekanntesten für „Peak Soil“, das David Pimentel in Cornell, Tad Patzek in UC Berkeley und Walter Youngquist (Autor von „Geodestinies“) herausgaben.

Herr Axel Robert Göhring hatte das Thema vor kurzen pointiert beschrieben.

https://www.eike-klima-energie.eu/2019/05/20/elektro-lkw-mit-oberleitung-schoene-stilblueten-der-energiewende/