

Batteriebetriebener Elektroantrieb

Die Fahrleistungs- und Reichweitenanforderungen an Elektrostraßenfahrzeuge ergeben sich aus den spezifischen Anforderungen des Einsatzes im Stadtverkehr. Hier hat ein Elektrofahrzeug aufgrund seiner lokalen Emissionsfreiheit und Geräuscharmheit Vorteile gegenüber Fahrzeugen mit konventionellen Verbrennungsmotoren. Bevor es jedoch um die Auslegung und Dimensionierung von Antriebssträngen geht, muss das Einsatzgebiet oder auch der Verwendungszweck klar definiert werden.

Beispielsweise wird ein Pkw im Durchschnitt für 3,4 bis 4,3 Fahrten pro Tag genutzt. Die mittlere Fahrweite pro Fahrt liegt zwischen 16 km und 26 km, wobei die mittlere Fahrgeschwindigkeit zwischen 35,7 km/h und 51,5 km/h liegt.

Interessant sind auch die mittleren Standzeiten zwischen zwei einzelnen Fahrten. Sie betragen 3 Stunden und können zu Zwischenladungen verwendet werden. Über Nacht stehen im Mittel sogar 9 Stunden für Batterieladungen zur Verfügung.

Die Antriebsleistungen, die im Stadtverkehr benötigt werden, sind ebenfalls gering. Hierzu zeigt Abbild. 1 die Betriebspunkte eines Mittelklasse-Pkw im Stadtverkehr über Geschwindigkeit und Beschleunigung aufgetragen. Aus der Verteilung der Punktwolke lässt sich entnehmen, dass mit geringen Spitzenleistungen von 10 bis 15 kW ein Großteil der anfallenden Betriebszustände abgedeckt wird.

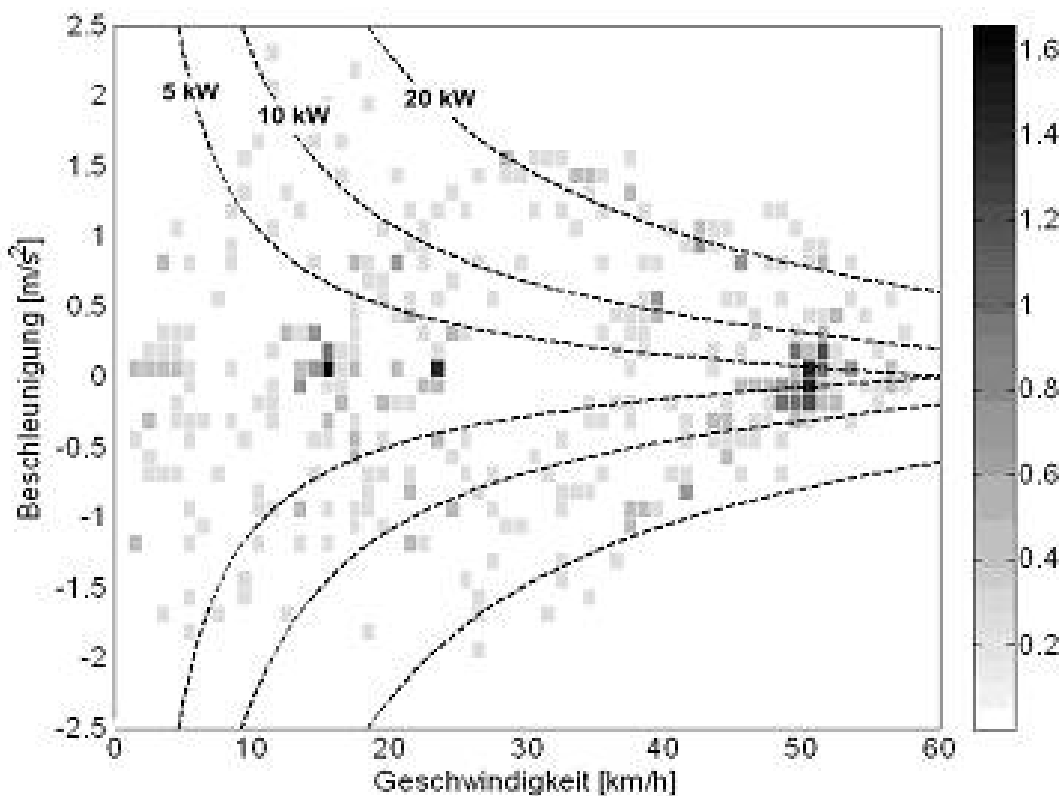


Abbildung 1:
Punktwolke der Betriebspunkte eines Mittelklasse-Pkw im Stadtverkehr

Diese Anforderungen bezüglich Reichweite und Leistungsbedarf kann heute schon ein als Stadtfahrzeug konzipiertes Elektrofahrzeug mit vorhandener Technik erfüllen. Anders formuliert bedeutet dies, das Mobilitätsangebot heute realisierbarer elektrischer Stadtautos passt zu der Mobilitätsnachfrage motorisierter Haushalte. Das heißt aber auch, dass die Reichweitenbeschränkung bei der Nutzung ein eher psychologisches Problem ist, dem durch ein positives Image eines Elektrofahrzeugs begegnet werden kann. Eine weitere Abhilfe gegen die limitierte Reichweite könnte die Schaffung einer Infrastruktur zur Schnellladung von Fahrzeugen sein.

Im Vergleich zu anderen alternativen Antriebssystemen besitzt das batteriegetriebene Elektrofahrzeug aufgrund der überschaubaren Anzahl an eingesetzten Komponenten und den geringen Anforderungen an die Betriebsstrategie eine relativ einfache Struktur. Die wesentlich neuartigen Komponenten, im Vergleich zu einem verbrennungsmotorisch getriebenen Fahrzeug, betreffen den Antriebsstrang (Motor und Steuerung), den Energiespeicher (Batterie und Zusatzaggregate), die Brems- und Lenkkraftunterstützung sowie die Klimatisierung des Fahrzeugs. In Abbildung 2 sind zwei Varianten eines elektrischen Antriebsstrangs schematisch dargestellt.

In Variante (a) wird die durch die Batterie zur Verfügung gestellte elektrische Leistung über eine E-Maschine in mechanische gewandelt und über ein Differential an die Räder übertragen.

Variante (b) zeigt ein Konzept mit zwei E-Maschinen die direkt am bzw. im Rad platziert sind, sog. Radnabenmotoren. Je nach gewünschter Fahrzeughöchstgeschwindigkeit und Auslegung der E-Maschinen kann auch hier eine Übersetzungsstufe in Form eines Planetengetriebes integriert werden.

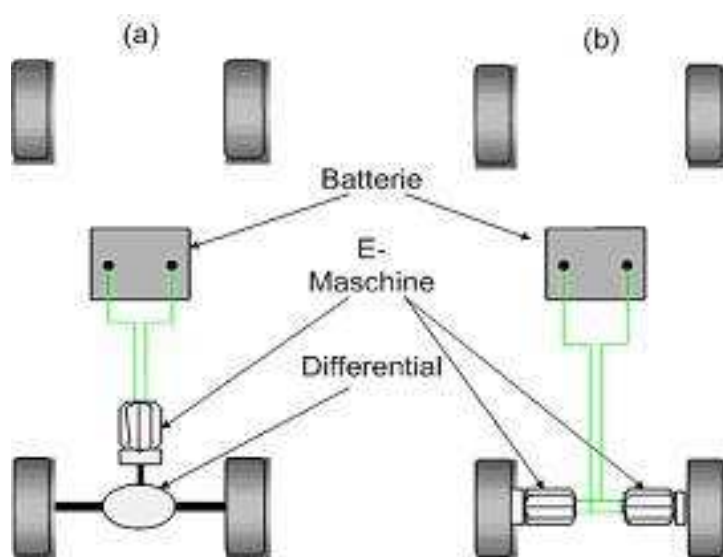


Abbildung 2:
Strukturen von
Elektroantrieben

Der Radnabenmotor bietet hinsichtlich des Packagings große Vorteile gegenüber dem herkömmlichen Konzept (a). Der eingesparte Bauraum kann z.B. für die Unterbringung einer größeren Batterie oder als Stauraum genutzt werden. Des Weiteren werden hinsichtlich Fahrzeugdesign neue Freiheiten geschaffen, die gerade bei Umsetzung eines Drive-by-Wire Konzepts große Auswirkungen hätten.

Ein Nachteil der Radnabenmotoren ist die Erhöhung der ungefederten Massen wodurch sich die Fahreigenschaften verschlechtern können. Die Verwendung eines Elektromotors mit Differential nach Konzept (a) hat weiterhin den Vorteil der einfachen Integration in bestehende Fahrzeuge und der einfacheren Umsetzung. Des Weiteren ist die E-Maschine hier nicht unmittelbar den Witterungsbedingungen ausgesetzt, was die Lebensdauer erhöht. Allerdings ergibt sich durch die Platzierung vor dem Differential und den Gelenkwellen im Vergleich zu Konzept (b) ein schlechterer Gesamtwirkungsgrad des Systems.

Problem: Energiedichte

Die Realisierung reiner Elektroantriebe in Kraftfahrzeugen ist derzeit noch sehr spekulativ. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in Europa lange Zeit die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten im Bereich der elektrischen Energiespeicher vernachlässigt worden sind. Momentan beträgt die Energiedichte von Batteriesystemen nur ein bis zwei Prozent der von flüssigen Kraftstoffen.

Durch die gestiegene Nachfrage an Hybridfahrzeugen, vor allem in den USA und Japan, kann davon ausgegangen werden, dass die Energiedichten heutiger Consumer-Batterien in den nächsten Jahren auch in automobilen Anwendungen umgesetzt werden können. In aktuellen Hybridkonzepten werden solche Batterien als „High-Power-Batterie“ umgesetzt. So beträgt der Nennenergieinhalt bei Lithium-Ion-Batterien mit heutiger Technologie etwa 60 Wh/kg. Dieser wird jedoch auf 1/3 reduziert, damit diese Batterien eine ausreichende Lebensdauer besitzen. Damit sinkt die Energiedichte bei einer Lithium-Ion-Batterie auf 20 Wh/kg, wodurch die sich dem Kunden zur Verfügung stehende Reichweite noch einmal deutlich reduziert. Kurzfristig ist es mit Hilfe von Fortschritten in den Bereichen Zyklisierbarkeit und Nennenergieinhalt aber wahrscheinlich möglich, die Energiedichte von 20 Wh/kg auf 60 Wh/kg zu steigern. Damit würde die rein elektrische Reichweite deutlich anwachsen.

Es ist jedoch das Ziel, eine Energiedichte von mindestens 200 Wh/kg zu erreichen, nur so lassen sich akzeptable Reichweiten erzielen. Dafür muss die Batterieauslegung aber in Richtung „High-Energy-Batterien“ erfolgen. Heutzutage kann bei einer entsprechenden Auslegung der Batteriesysteme eine Energiedichte von 100 bis 130 Wh/kg erreicht werden. Somit kann das Ziel von 200 Wh/kg für die Lithium-Ion-Technologie als durchaus realistisch eingestuft werden. Im Consumer-Bereich ist diese Energiedichte nahezu erreicht. Die Herausforderungen bei der Entwicklung und Auslegung solcher „High-Energy-Batterien“ liegen in den Bereichen Lebensdauer und Sicherheit. Eine Prognose bzgl. der Entwicklung der Energiedichten von unterschiedlichen Batterietypen ist in Abbildung 3 dargestellt.

Damit elektrische Fahrzeuge eine Reichweite von mehr als 500 km besitzen, wird eine Energiedichte von mehr als 1500 Wh/kg benötigt. Sämtliche momentan bekannten elektro-chemischen Paare sowie die Lithium-Ion-Technologie stoßen hier an ihre jeweiligen theoretischen Grenzen. Deshalb müssen für solche Energiedichten neue Ansätze erforscht und entwickelt werden. Daraus folgt, dass eine Verwirklichung entsprechender Energiedichten erst nach 2020 wahrscheinlich ist. Wenn die entsprechenden Technologien jedoch entwickelt sind, bieten sie viel versprechende Aussichten.

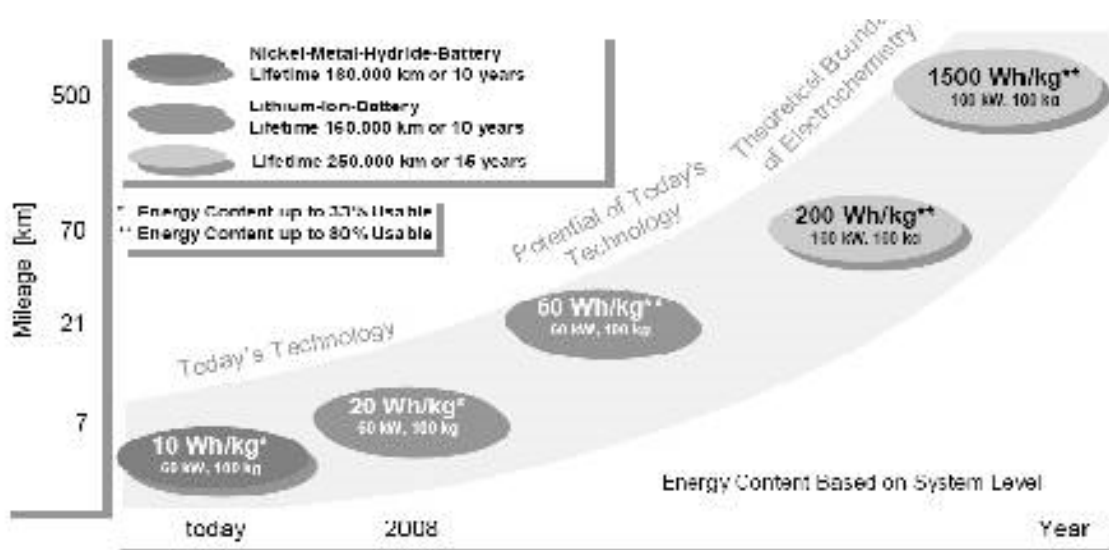


Abb. 3:
Energiedichten
von
Batteriesystemen

Quelle: DGES, Deutsche Gesellschaft für elektrische Straßenfahrzeuge

URL: <http://www.dges.de/alternative-antriebe/4.html>