

- Strom tanken -

Der Elektroantrieb



Sauber, leise und sparsam kann ein Elektroauto sein, aber nur wenn der Strom aus regenerativen Quellen kommt. Doch noch gilt es altbekannte Probleme zu lösen: Durch hohes Gewicht, teure Batterien und geringe Reichweiten sind die Stromer nur für den Stadt- und Kurzstreckenverkehr tauglich.

Technik & Umwelt
& Sicherheit

Kosten

Förderung

 Batterietechnik

Die wichtigsten Anforderungen an den Energiespeicher für ein Fahrzeug sind hohe Energie- und Leistungsdichte (wichtig für die Fahrleistungen) sowie Sicherheit und Funktionsfähigkeit bei üblichen Umgebungstemperaturen.

Derzeit konzentrieren sich nahezu alle Fahrzeughersteller und Zulieferer auf die Lithium-Ionen-Batterie, da diese nach heutigen Kenntnissen alle Anforderungen am besten erfüllt und zudem ein hohes Weiterentwicklungspotential hat. Diese Batterien zeichnen sich durch hohe Zyklenfestigkeit (Ladung/Entladung) aus. Sie stellen die Standardausrüstung in elektrischen Kleingeräten, bei denen erhöhte Anforderungen an das Leistungsgewicht gelegt werden (z.B. Mobiltelefone). In den letzten Jahren konnten Leistungsdichte, Energiedichte und Zyklenfestigkeit weiter verbessert werden. Kritisch zu betrachten ist jedoch deren negatives Kurzschlussverhalten (Zelle kann explodieren). Hinzu kommt, dass die Herstellung noch sehr teuer ist.

Weitere Batterietypen, z.B. Nickel-Metallhydrid, werden heute noch in vielen Hybridfahrzeugen verbaut. Die Blei-Säurebatterien fungiert bei fast allen Fahrzeugen als Starterbatterie – auch bei Elektrofahrzeugen, um das Hochvoltssystem einzuschalten. Für Antriebsbatterien sind sie aufgrund ihrer geringen Energiedichte weniger geeignet. Trotz der hohen Energiedichte bei Lithium-Ionen-Batterien von etwa 0,12 kWh/kg und einer möglichen Verbesserung auf über 0,20 kWh/kg steht dieser Wert einem Liter Dieselmotorkraftstoff mit gut 10 kWh/l (11,9 kWh/kg) erheblich nach – wobei allerdings die Verluste („Wirkungsgrad“) bei einem Verbrennungsmotor etwa dreimal höher ausfallen als bei einem Elektromotor.

 Batterien für Elektrofahrzeuge
 Reichweite und Ladezeiten

Die Reichweite mit einer Batterieladung ist ein entscheidender Faktor für die Akzeptanz von Elektroautos. Dies zeigte die ADAC-Umfrage „ADAC Elektromobilität 2013“. Nur 21 % der Teilnehmer würden sich mit einer Strecke bis 100 km zufrieden geben. 44 % der befragten Autofahrer würden eine Reichweite bis 200 km akzeptieren. 25 % verlangen von ihrem Elektrofahrzeug eine Reichweite über 400 km, 15 % erwarten sogar 500 km Fahrt und mehr ohne lästige Ladepause.

Auf Grund des derzeitigen Entwicklungsstands der Batteriesysteme sind diese Wünsche jedoch auch in naher Zukunft nicht zu erfüllen. So liegt z.B. die durchschnittliche Reichweite des neuen Renault Zoe laut Herstellerangabe bei 210 km. Bei vielen anderen verfügbaren Elektromodellen ist diese sogar noch deutlich geringer. Dass die Herstellerangaben im realen Fahrbetrieb jedoch in der Regel nicht zu erreichen sind, zeigt der aktuelle ADAC Autotest des Renault Zoe. Seine maximale Reichweite im EcoTest-Mix beträgt nur ca. 122 km (mit teilweise eingeschalteter Klimaanlage). Insbesondere erschwerte Bedingungen wie niedrige Außentemperaturen, das Zuschalten von Stromverbrauchern wie Heizung/Klimaanlage sowie Fahrten mit höheren Geschwindigkeiten (Autobahn) reduzieren die Reichweite von Elektroautos deutlich.

Hybridfahrzeuge mit Plug-In und Range-Extender ermöglichen dagegen den Einstieg in die Elektromobilität ohne Einschränkungen, denn damit können akzeptable Reichweiten erzielt werden.

Auch die Ladedauer der Batterie ist ein wesentliches Kriterium für die Akzeptanz eines Elektroautos. Die ADAC-Umfrage „ADAC Elektromobilität 2013“ zeigte, dass 52 % der Befragten nur eine „Tankzeit“ von bis zu 2 Stunden akzeptieren würden. Etwa 19 % der Befragten erwarten eine Vollladung unter einer Stunde. Doch dieser Wunsch ist bei den heutigen Modellen – wenn überhaupt – nur über ein Schnellladesystem (400 V AC Drehstrom mit bis zu 43 kW oder bis 50 kW mittels DC Hochvoltgleichstromladung) zu realisieren. In der Regel muss das Fahrzeug über mehrere Stunden (ca. 6-12 Stunden) am Haushalts-Stromnetz (230 V) aufgeladen werden.

 Weniger Reichweite mit Klimaanlage

Die Innenraumheizung bei Elektroautos benötigt im Winter viel Strom und reduziert die Reichweite erheblich. Aber auch wenn man bei hohen Außentemperaturen im Sommer die Klimaanlage anwirft, wirkt sich das negativ auf die Reichweite

aus. Der Test hat ergeben, dass sich schon bei 30 °C der Aktionsradius eines Elektroautos um bis zu 22 % gegenüber der gleichen Fahrt bei 20 °C reduziert. Der smart fortwo electric verliert hier 28 km Reichweite. Dass es auch besser geht, zeigt der Nissan Leaf, seine Reichweite verringert sich nur um 6 km (knapp 6 %).

Die Ursachen liegen zum einen in der Klimaanlage, wie effizient sie arbeitet und wie sparsam sie die benötigte Kälte erzeugt. Aber auch die nötige Klimatisierung der Batterien spielt eine Rolle - je geschickter ein Batteriepack konstruiert und eingebaut wurde, desto weniger Energie wird für das Thermomanagement verbraucht.

Folgende Tabelle zeigt die Reichweiten-Einbußen bei 30 °C Außentemperatur am Beispiel von vier Elektroautos:

Reichweitenverlust durch Kühlen mit Klimaanlage bei 30 °C Außentemperatur Einstellung Klimaanlage auf 22 °C				
Fahrzeug	Reichweite bei 20 °C km	Reichweite bei 30 °C km	Differenz absolut km	Differenz %
smart fortwo electric drive	125	97	-28	-22,4
Mitsubishi i-MiEV (Großserienmodell)	108	101	-7	-6,5
Mercedes Benz A-Klasse E-Cell	175	147	-28	-16
Nissan Leaf (Großserienmodell)	101	95	-6	-5,9

☐ Energie- und CO₂-Bilanz

Die Höhe des Stromverbrauchs wird durch den Aufwand an Fahrenergie (je nach Einsatzbedingungen), den Wirkungsgrad der Batterie (innere Widerstände, Batterieheizung, Selbstentladung), den Wirkungsgrad des Ladegerätes (Ladeverluste) sowie den Bedarf der Nebenaggregate (z.B. Heizung, Beleuchtung, Radio) bestimmt.

Dass die Herstellerangaben im realen Fahrbetrieb jedoch in der Regel überschritten werden, zeigt der aktuelle ADAC Autotest des Mitsubishi i-MiEV. Im Gegensatz zum Herstellerwert von 13,5 kWh pro 100 km liegt der durchschnittliche Energieverbrauch im ADAC EcoTest bei 18,0 kWh pro 100 km. Innerorts benötigt der i-MiEV 11,4 kWh pro 100 km, außerorts 16,1 kWh pro 100 km und auf der Autobahn 25,7 kWh pro 100 km.

Elektrofahrzeuge bestechen durch ihre lokale Emissionsfreiheit. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Emissionen des Elektroautos ins Kraftwerk verlagert werden. Die vergleichsweise hohen CO₂-Emissionen bei der Stromerzeugung in

Deutschland führen dazu, dass Elektrofahrzeuge beim heutigen Strom-Mix in Deutschland (CO₂-Wert: ca. 563 g/kWh, Quelle UBA von 2011) nicht grundsätzlich effizienter sind und den CO₂-Ausstoß nicht verringern.

Bei der Nutzung regenerativer Quellen zur Stromerzeugung wie z. B. Windkraft (CO₂-Wert von ca. 20 g/kWh) wäre der CO₂-Ausstoß dagegen annähernd vernachlässigbar.

Die CO₂-Bilanz am Beispiel VW e-up!

Legt man den Strom-Mix in Deutschland mit einem CO₂-Wert von ca. 563 g/kWh zu Grunde, ergibt sich für den VW e-up! ein CO₂-Ausstoß von ca. 77 g/km. Bei Strom aus Steinkohle (CO₂-Wert von ca. 890 g/kWh) wären dies dagegen ca. 123 g/km, bei der Nutzung von Windkraft für die Stromerzeugung (CO₂-Wert von ca. 20 g/kWh) nur noch knapp 3 g/km. Steinkohle wird deshalb in die Bilanz aufgenommen, da Steinkohlekraftwerke zur Abdeckung von Energiespitzen benötigt werden, d.h. zusätzliche Energieverbraucher – etwa in der Mittagszeit – werden durch entsprechendes Hochfahren mit Strom bedient. Zum Vergleich: Der aktuelle VW up! 1.0 white up! mit 55 kW-Ottomotor weist einen CO₂-Ausstoß von 149 g/km (Well to Wheel = von der Quelle zum Rad) auf, das entsprechende Erdgasmodell VW up! 1.0 EcoFuel BMT high up! mit 50 kW einen CO₂-Ausstoß von 85 g/km.

Antriebs-Version	VW e-up! (E-Motor)	VW e-up! (E-Motor)	VW e-up! (E-Motor)	VW up! 1.0 (Otto)	VW up! 1.0 EcoFuel BMT Erdgas (Otto)
Motorleistung	60 kW	60 kW	60 kW	55 kW	50 kW
Eingesetzte Energie	Elektrisch/ Strom-Mix D	Elektrisch/ Steinkohle	Elektrisch/ regenerativ	Benzin	Erdgas (CNG)
Energieverbrauch (NEFZ)	13,8 kWh/100 km	13,8 kWh/100 km	13,8 kWh/100 km	5,5 l/100 km	3,1 kg/100 km
CO ₂ -Emission	77 g/km	123 g/km	3 g/km	149 g/km	85 g/km

Tabelle: Emissionen bei Einsatz unterschiedlicher Energiearten am Beispiel des VW up!

☐ Problem: Elektrofahrzeuge sind leise

☐ Sicherheit

☐ Fazit

Elektroautos haben, wie der elektrische Schienenverkehr, den Vorteil, dass sie im Betrieb vor Ort keine Schadstoffe ausstoßen. Die für die Erzeugung elektrischer Energie anfallenden Klimagas-Emissionen (CO₂-Emissionen) und

umweltschonenderen Fahrzeuge (CO₂-Emissionen) und Schadstoffe müssen allerdings in der Gesamtbilanz mit berücksichtigt werden. Ein wesentlicher Beitrag zur Reduzierung der CO₂-Emissionen im Verkehr ist daher nur möglich, wenn der Strom aus regenerativen Quellen stammt. Der Einsatz zusätzlicher erneuerbarer Quellen zur Stromerzeugung ist daher zwingend erforderlich.

Die Nutzung von Strom als Energieträger im Straßenverkehr kann jedenfalls die Abhängigkeit von den derzeit bestimmenden Ressourcen, insbesondere Erdöl, verringern und den Einsatz regenerativer Energieträger ermöglichen. Zudem zeichnen sich Elektroautos durch geringe motorische Lärmemissionen aus.

Auf Grund der auch in Zukunft noch geringen Reichweite von Elektroautos wird deren Einsatz jedoch insbesondere im Stadt- und Kurzstreckenverkehr liegen. Wobei dessen Marktchancen im Wesentlichen von den Fahrzeugpreisen und den Wartungskosten (Batterie) abhängig sein werden.

Weitere interessante Themen für Sie



Der ADAC EcoTest

Automodelle im Umweltranking: Der EcoTest bewertet nicht nur den Kraftstoffverbrauch - er liefert in einem umfassenden Messverfahren Aussagen, ob ein Auto wirklich sauber ist. [Mehr](#)



Der ADAC Autotest

Das Angebot an neuen Fahrzeugen wächst. Um so besser, wenn sich die ADAC-Tester mit allen Vor- und Nachteilen schon befasst haben. [Mehr](#)



Test Elektrofahräder

Elektro-Mobilität, das derzeit dominierende Thema. Auf dem Pkw-Sektor noch nicht so richtig in den Startlöchern, geht es bei Fahrrädern aber schon flott. [Mehr](#)



Chip- und Eco-Tuning

Schon ab 15 Euro werden Leistungssteigerungen von bis zu 50 Prozent angeboten. Was bringen sie? Verbraucht das Auto mit Eco-Tuning tatsächlich weniger Sprit? [Mehr](#)

Im ADAC-Test

▸ [Spiritsparmittel](#)

▸ [Reifen](#)

▸ [Rollwiderstand](#)

▸ [Verbrauchsanzeigen](#)