

**Das Fraunhofer-Institut  
für Naturwissenschaftlich-  
Technische Trendanalysen  
berichtet über  
Neue Technologien**

## **Elektromobilität**

In elektromobilen Fahrzeugen basieren wesentliche Komponenten des Antriebsstrangs auf der Nutzung elektrischer Energie, wobei deren tatsächlicher Anteil am Vortrieb unterschiedlich groß sein kann. Elektromobilität war schon früh Gegenstand von Forschungs- und Entwicklungsbemühungen. Im Schiffbau wird sie inzwischen zunehmend realisiert. So sind elektrische Antriebe, die den von Dieselgeneratoren erzeugten Strom nutzen, bei Schiffen je nach Einsatzprofil bereits Stand der Technik. Sogar in der Luftfahrt, wo konventionelle Verbrennungskraftmaschinen noch sehr lange dominieren werden, gibt es erste Prototypen komplett elektrisch angetriebener bemannter Systeme. Im Bereich der Landfahrzeuge hat sich die Elektromobilität bisher nur im Schienenverkehr durchgesetzt. Im Straßenverkehr ist ihre großtechnische Verbreitung trotz unbestrittener Vorteile letztlich immer an wirtschaftlichen Überlegungen gescheitert. Diese Situation ändert sich derzeit grundlegend.

Im Kraftfahrzeugbereich wird in den nächsten Jahren die größte Dynamik bei der Integration elektrischer Komponenten in den Antriebsstrang erwartet. Kaum ein anderes Forschungsthema erfreut sich heute einer derart hohen politischen Priorisierung und Förderung, und zwar in allen führenden Industrienationen. Die Ursachen dafür liegen vor allem in der erwarteten weiteren Steigerung der Rohölpreise und bei der aktuellen Umweltgesetzgebung zur Bekämpfung des Klimawandels. Vorteile verspricht man sich vor allem im Hinblick auf die Erhöhung der Effizienz beim Energieeinsatz. Noch vor der weiteren Optimierung der Verbrennungskraftmaschinen und der Nutzbarmachung alternativer Kraftstoffe steht die Elektromobilität hier im Mittelpunkt der Bemühungen. So ist z.B. eine echte Rückgewinnung der beim Bremsen normalerweise verloren gehenden Energie in der Praxis überhaupt nur unter Einbeziehung elektrischer Komponenten möglich. Dazu kommt eine sehr gute Wirkungsgradkette des Elektroantriebes. Weitere Vorteile können bei den Fahreigenschaften erwartet werden, z.B. aufgrund der prinzipiell sehr günstigen Drehmomentcharakteristik von Elektromotoren.

Zur Realisierung der Elektromobilität im Straßenverkehr gibt es verschieden weit gehende technische Lösungsmöglichkeiten. So genannte Mikrohybridfahrzeuge verfügen über eine Start-Stopp-Automatik und/oder Bremsenergieerückgewinnung. Das bedeutet hier lediglich, dass die ohnehin vorhandene Lichtmaschine nur im Schiebetrieb bzw. beim Bremsen zugeschaltet wird. Es gibt keine elektrische Antriebskomponente.

In allen weiter gehenden Varianten verfügt das Fahrzeug über mindestens einen Elektromotor, der zum Vortrieb beitragen kann. Bei oft als Mildhybride bezeichneten Systemen bleibt der Verbrennungsmotor die Hauptantriebsquelle, die von einem Elektromotor unterstützt werden kann. Ein sog. Starter/Generator lädt die Batterie im Schiebetrieb bzw. beim Bremsen auf. Wenn das Fahrzeug außerdem auch rein elektrisch fahren kann, spricht man von Vollhybriden.

In der höchsten Stufe werden elektromobile Fahrzeuge ausschließlich elektrisch angetrieben. Der Fahrstrom kann über einen an einen Generator gekoppelten Verbrennungsmotor (z.B. dieselektrischer Antrieb) oder von einer Brennstoffzelle erzeugt werden. Auch Systeme mit ausschließlicher Stromversorgung aus einer Batterie sind möglich. Dann muss die Batterie immer wieder getauscht oder neu aufgeladen werden (Plug-in).

Die Schlüsseltechnologien zur Realisierung elektromobiler Landfahrzeuge liegen neben einem besonders aufwändigen Energiemanagement in den Bereichen Hochleistungselektronik, Brennstoffzellen und Hochleistungsenergiespeicher. Ein wesentliches Problem für die Hochleistungselektronik (hohe Spannungen, sehr hohe Ströme) ist die Notwendigkeit zur Kühlung. Diese könnte überflüssig werden bei Verwendung sog. Large-Band-Gap-Halbleiter wie Siliziumcarbid, die aber noch nicht praktikabel bzw. wirtschaftlich sind.

Die Entwicklung der Brennstoffzellentechnologie ist gerade in Deutschland schon sehr weit fortgeschritten. Ihre Anwendungen reichen von der Versorgung kleiner elektronischer Geräte bis hin zum Antrieb von U-Booten. Für den Einsatz in Kraftfahrzeugen scheinen insbesondere die Typen PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell, mit Wasserstoff betrieben) und DMFC (Direct Methanol Fuel Cell, mit Methanol betrieben) in Frage zu kommen. Probleme gibt es bisher insbesondere mit der Robustheit im praktischen Einsatz. Auch die Infrastruktur betreffende Fragen müssen noch geklärt werden.

Als zentrale Schlüsseltechnologie für die Elektromobilität gilt die Energiespeicherung. Wichtigstes Kriterium ist die Energiedichte der dazu eingesetzten Systeme. Lithium-Ionen-Batterien sind im Automobilbau neu und werden hier auf absehbare Zeit eine dominante Rolle spielen. Mg-Luft- und Al-Luft-Systeme sowie weitere nicht lithiumbasierte Hochtemperaturbatterien könnten ab 2030 als Konkurrenz auftreten, Zink-Luft-Systeme vielleicht schon ab 2020. Bis 2030 sollte es jedoch keine ernsthafte Konkurrenz geben, die Lithium-Ionen-Batterien überholen oder überflüssig machen könnte. Interessante Entwicklungen gibt es auch bei elektrochemischen Doppelschicht-Kondensatoren, die einen Kompromiss zwischen den guten Energiedichten von Batterien und den hohen Leistungsdichten von Kondensatoren bieten sollen.

Insgesamt sind aus technologischer Sicht keine prinzipiellen Gründe erkennbar, warum die Schlüsseltechnologien für elektromobile Kraftfahrzeuge nicht zu einer praktikablen Leistungsfähigkeit weiterentwickelt werden könnten. Im Prinzip ist Elektromobilität auch hier schon heute möglich, je nach Ausprägung allerdings mit wichtigen Einschränkungen bei Ökonomie und Praxistauglichkeit. Auch die tatsächlichen Auswirkungen auf die Umwelt sind für jede technische Lösung einzeln zu bewerten, z.B. wenn es um die Frage geht, wie der Strom eigentlich erzeugt worden ist, mit dem Plug-in-Fahrzeuge „betankt“ werden. Trotzdem kann man sagen, dass Elektromobilität im zivilen Kraftfahrzeugbau zukünftig immer dominanter werden wird. Im militärischen Bereich spielen vor allem auch spezifische einsatzrelevante Kriterien eine Rolle, sodass eine Vorhersage hier ungleich schwieriger zu treffen ist.

*Jürgen Kohlhoff*