

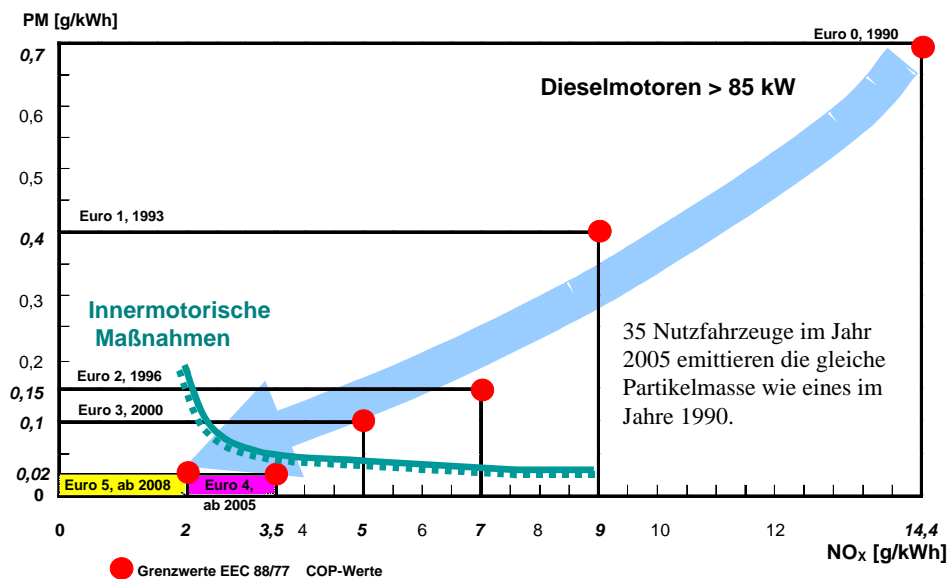
# Wasserstoffeinsatz in Nutzfahrzeugen: Komponenten und Systeme

Dipl.-Ing. Eberhard Hipp  
Leiter Vorentwicklung  
MAN Nutzfahrzeuge AG, München

Begrenzt verfügbare fossile Kraftstoffe und die Notwendigkeit, den Ausstoß von Klimagasen aus dem Verkehrsbereich langfristig zu senken, fordern neue Lösungen bei den Antrieben der Fahrzeuge. Wasserstoff als wahrscheinlichster und sauberster Zukunftskraftstoff kann in Verbrennungsmotoren wie in Brennstoffzellen eingesetzt werden. In städtischen Einsätzen hat der Brennstoffzellenantrieb spezifische Vorteile im Verbrauch und empfiehlt sich für Stadtbusse.

MAN hat im Mai 2000 einen Brennstoffzellenbus vorgestellt und wird die Entwicklung mit weiteren Fahrzeugen fortsetzen.

In der Vergangenheit war die Reduzierung der limitierten Emissionen PM, NO<sub>x</sub>, HC und CO eine wesentliche Motivation für die Erprobung und Einführung alternativer Kraftstoffe und Antriebe. Mit Inkrafttreten verschärfter Grenzwerte für Nutzfahrzeuge werden in den nächsten Jahren weitere, deutliche Emissionsminderungen in Europa erwartet.



## Nutzfahrzeuge auf dem Weg zur Minimaemission

Damit wird sich der Handlungsschwerpunkt bei den Emissionen zunehmend auf die Reduzierung von CO<sub>2</sub> verlagern. CO<sub>2</sub> trägt zur Erderwärmung bei und ist langfristig aus Klimaschutzgründen deutlich zu reduzieren. Der kohlenstofffreie Energieträger Wasserstoff bietet hierzu günstige Voraussetzungen.

## MAN Niederflerbus mit PEM-Brennstoffzellenantrieb

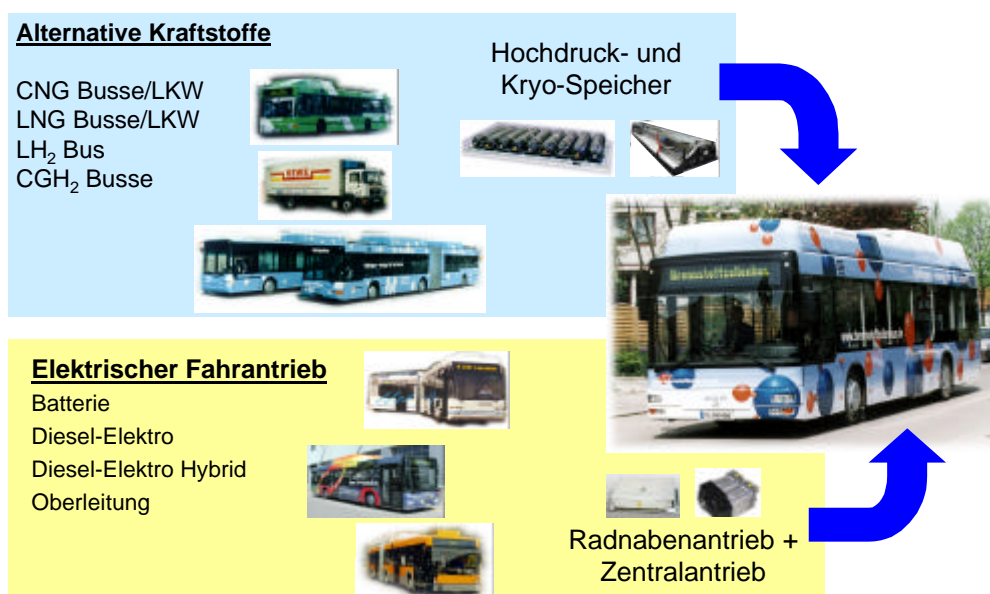
Das erste Brennstoffzellenfahrzeug von MAN wurde im Rahmen der Wasserstoffinitiative Bayern entwickelt und im Mai 2000 präsentiert. Das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie unterstützt die Einführung neuer Antriebstechnologien im Verkehrsbereich.



MAN-Niederflurbus mit Brennstoffzellenantrieb im Linieneinsatz

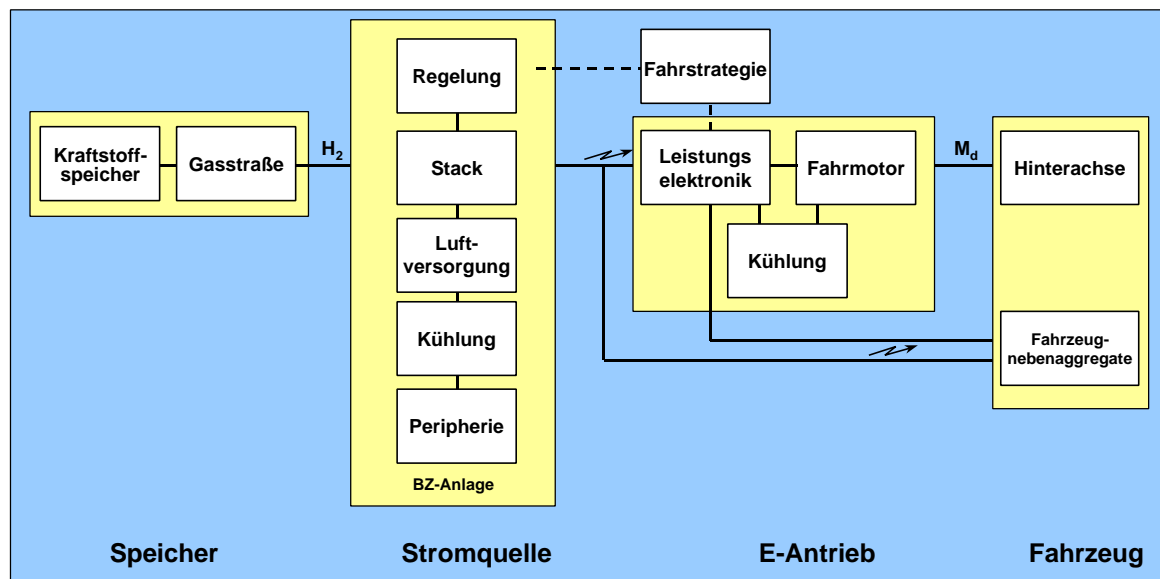
Die PEM-Brennstoffzellenanlage besteht aus vier elektrisch in Reihe geschalteten Modulen mit insgesamt 640 Einzelzellen und der Versorgungsperipherie und erzeugt Gleichstrom mit ca. 450-600V Spannung.

Die Brennstoffzellenanlage liefert Gleichstrom, der in der Leistungselektronik zu Wechselstrom gewandelt wird. Zwei Siemens-Asynchronmotoren, die über ein Summiergetriebe mechanisch miteinander verbunden sind, treiben direkt die serienmäßige Hinterachse an. Das Konzept des elektrischen Zentralantriebs nutzt bewährte und kostengünstige Komponenten von MAN-Omnibussen. Der Antrieb gewährleistet die für Stadtbusse erforderlichen Fahrleistungen und überzeugt durch einen komfortablen und geräuscharmen Fahrkomfort.



Brückentechnologien für Brennstoffzellenfahrzeuge

9 Leichtbaubehälter mit je 172 l Volumen, die auf dem Busdach untergebracht wurden und auf einen Fülldruck von 250 bar ausgelegt sind, speichern den gasförmigen Wasserstoff. Weitere Komponenten zur Kühlung der Brennstoffzelle sowie die Umrichter der Leistungselektronik sind ebenfalls auf dem Fahrzeugdach untergebracht.



Systemkomponenten von Brennstoffzellenfahrzeugen bei MAN

Die 6-monatige Erprobung des neuen Antriebssystems unter praxisnahen Bedingungen erfolgte bei den Verkehrsbetrieben in Nürnberg, Erlangen und Fürth im Zeitraum 10/2000 bis 3/2001. Die Resonanz bei den Fahrgästen war außerordentlich positiv wie durch eine Fahrgastbefragung ermittelt wurde.

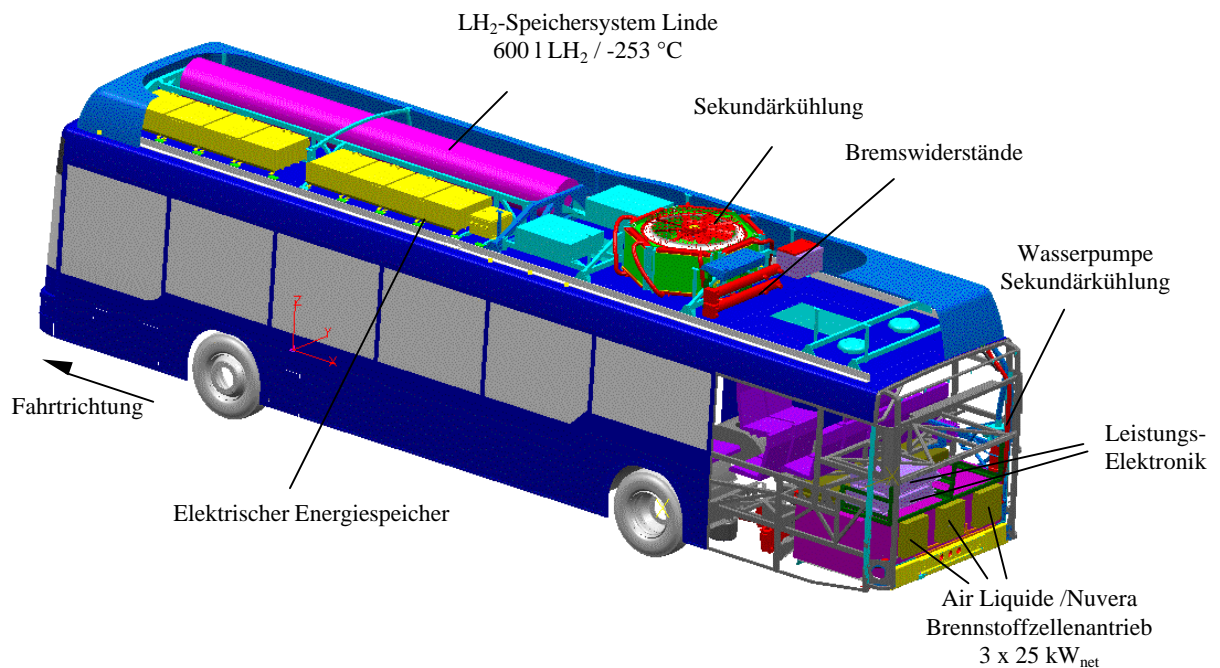
Der wesentliche Vorteil von PEM-Brennstoffzellen (PEM=Proton Exchange Membrane) ist der emissionsfreie Betrieb mit hohen Wirkungsgraden. Im Gegensatz zu Verbrennungsmotoren ist der Wirkungsgrad unabhängig vom Carnot-Prozess und erreicht in der Einzelzelle Werte über 70%. Wegen niedriger Betriebstemperaturen von 60-80 °C sind PEM-Brennstoffzellen für den mobilen Einsatz besonders geeignet.

Die Brennstoffzelle mit hohen spezifischen Wirkungsgraden im Teillastbereich hat im städtischen Einsatz Vorteile gegenüber Verbrennungsmotoren und senkt wirkungsvoll den Energieverbrauch im Fahrbetrieb. Dagegen sind im Fernverkehrseinsatz mit deutlich höheren Volllastanteilen im Betrieb relativ geringfügige Wirkungsgradvorteile durch die Brennstoffzelle zu erwarten.

### MAN-Brennstoffzellenbus der zweiten Generation

Ein zweiter Niederflerbus mit PEM-Brennstoffzellenantrieb und elektrischem Energiespeicher ist in Vorbereitung und soll ebenfalls bei Kunden im Liniendienst eingesetzt werden. Dieses Fahrzeug wird von einer PEM-Brennstoffzellenanlage mit 75 kW elektrischer Ausgangsleistung versorgt.

Als Kraftstoff kommt Flüssigwasserstoff zum Einsatz. Im Vergleich zum Druckspeichersystem mit 250bar benötigt das Flüssigwasserstoffsystem des Busses bei gleichem Energieinhalt weniger als die Hälfte des Einbauvolumens und des Speichergewichts. Die Entscheidung für Druck- bzw. Flüssigwasserstoff hängt von den technischen Gegebenheiten des Fahrzeuges, wie z.B. Einbauvolumen sowie von der Infrastruktur und von den Kundenanforderungen bezüglich der Reichweite ab.



Konzept des zweiten Brennstoffzellenbusses von MAN

Technologisch haben Brennstoffzellenantriebe inzwischen einen hohen Entwicklungsstand erreicht und werden in den nächsten Jahren hinsichtlich Systemgewicht und Einbauvolumen gegenüber konventionellen Antrieben keine wesentlichen Nachteile mehr haben. Die Akzeptanz beim Kunden hängt neben der Frage der Infrastruktur davon ab, wann die Kosten dieser Antriebe die am Markt vorherrschenden Größenordnungen erreichen.

Bei Nutzfahrzeugen müssen sich alle Alternativantriebe an serienmäßigen Aggregaten messen lassen. Diesel-Stadtbusantriebe mit Automatgetrieben liegen heute bei ca. 125-150 €/kW, für Erdgasantriebe liegt die Größenordnung bei ca. 200-275 €/kW Antrieb inkl. Kraftstoffspeicher.

In der Markteinführungsphase darf die Kostenvorgabe von Erdgasfahrzeugen nicht weit überschritten werden.