

Alternative Antriebe im Fahrzeugbereich

*Als Praktikant den Einblick in die
Herausforderungen der Entwicklung gewinnen*

VON
CAND. WI.-ING. MARC MAUERSBERGER

Im Rahmen eines dreimonatigen Praktikums bei einem großen deutschen Automobilbauer hatte ich die Gelegenheit, die Entwicklungsbestrebungen im Bereich alternative Antriebe im Van- und Pkw-Segment zu verfolgen. Als unterstützende Kraft im Projektmanagement konnte ich Einblicke in die verschiedenen Bereiche der Entwicklung und ins Besondere in die Anforderungen an die Entwicklung gewinnen. Diese Erfahrungen sollen hier dem Leser dargestellt werden.

Die CO₂ Emissionen sind zu hoch, das ist bekannt. Doch wie senken? In Deutschland wurden im Jahr 2006 in Summe 878¹ Millionen Tonnen CO₂ in die Luft emittiert. Der Anteil des Verkehrs am CO₂-Ausstoß liegt bei ca. 20%², wobei 12% von PKW und 8% von LKW und Vans erzeugt werden. Im Verkehrsbereich kann in Zukunft eine deutliche Senkung der Emissionen erzielt werden. Um die Entwicklungen hin zu emissionsfreien Nutzfahrzeugen zu beschleunigen haben 35 Industrienationen mit dem Kyoto-Protokoll von 1997 eine Selbstverpflichtung zur Senkung der CO₂-Emissionen unterschrieben. Zentraler Bestandteil ist die Reduktion der Treibhausemissionen

um durchschnittlich 5,2% bis zum Jahr 2012 gegenüber 1990. Deutschland hat sich zu 21 % Senkung verpflichtet, d.h. der Bedarf an emissionsenkenden Maßnahmen ist in Deutschland wesentlich höher als in anderen Ländern. Beispielsweise hat sich Frankreich zu 0% Senkung verpflichtet.

Parallel zu Diskussionen über gesamtgesellschaftliche Senkungen der Emissionswerte sind viele deutsche Großstädte bestrebt Schadstoffemissionen durch Pkw, Vans und Lkw zu reduzieren. Ab Ende 2007 herrscht in den meisten großen deutschen Städten ein Fahrverbot für ältere Fahrzeuge, im speziellen für diejenigen Diesel ohne Rußpartikelfilter. Die EU fordert aktuell außerdem eine Begrenzung der Schadstoffemissionen für die gesamten Fahrzeugflotten aller Hersteller. Die diskutierten Grenzwerte sind allerdings für die meisten Fahrzeuge bei denen große Leistung benötigt wird, also vornehmlich Vans, Lkw und große Pkw, mit herkömmlichen Verbrennungsmotoren nicht zu erreichen.

Die Maßnahmen der Staaten und Gemeinden zeigen, wie akut das Problem der Schadstoffemissionen ist und weisen somit auch deutlich auf den vorhandenen Markt hin. Um dieses Segment mit günstigen, emissionsfreien Fahrzeugen zu decken, müssen allerdings noch weitere Entwicklungen getätigt werden. Die Automobilindustrie kann zum aktuellen Zeitpunkt den Anforderungen des Marktes in diesem Segment noch nicht gerecht werden. Zur Begrenzung

des Ausstoßes von Schadstoffen durch Fahrzeuge und zur Einhaltung der Grenzwerte gibt es aktuell zwei zentrale Entwicklungswege, die von den Automobilherstellern beschränkt werden: Die Weiterentwicklung bestehender Antriebe in Hinblick auf ihre Effizienz

Die Entwicklung neuer Kraftstoffe mit den damit verbundenen neuen Antrieben soll eine langfristige Emissionssenkung sicherstellen. Alle Hersteller im Automobil- und Lkw-Bereich haben in den letzten zehn Jahren deutliche Effizienzsteigerungen erzielt, auch weil die Käufer stärker auf den Kraftstoffverbrauch achten. Während im Jahr 1999 ein Mercedes E280 noch ca. 11 Liter/100 km verbrauchte und eine Leistung von 270 Nm erreichte, kann der E280 aus dem Jahr 2007 bereits mit einem Verbrauch von 9,5 Liter/100 km 300 Nm Leistung erbringen³. Doch jede Verbrennung ist durch die charakteristischen Reaktionsgleichungen in ihrer ökologischen Vorteilhaftigkeit beschränkt, so dass andere Lösungen des Emissionsproblems nötig sind, um einen langfristigen Klimawandel zu vermeiden.

Erste marktfähige Ansätze zur weiteren Senkung der Emission sehen alternative Brennstoffe für herkömmliche Motoren vor. Besonders gefragt sind aktuell gasförmige Kraftstoffe (als LPG (liquified petroleum gas) oder CNG (compressed natural gas)), Biodiesel, sowie Alkohole. Zentrales Problem für alle Brennstoffe dieser Kategorie ist, wie bei herkömmlichen Kraftstoffen

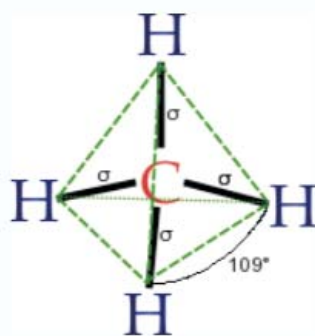
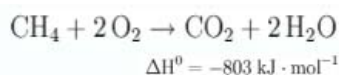
auch, die begrenzte Verfügbarkeit der benötigten Ressourcen. Ähnlich wie Öl ist Erdgas durch lange Abbauprozesse der Natur entstanden und somit nur begrenzt vorhanden und in vielen Fällen nicht wirtschaftlich zu produzieren. Für die Herstellung von Biodiesel wird Raps benötigt, der wiederum auf großen Flächen angebaut werden muss und somit den Gesamtbedarf nicht decken kann. Ethanol als Kraftstoff wird herkömmlichem Benzin zugemischt, so dass auch hier keine echte Alternative zu Benzin geschaffen wird, ein mittelfristiger Fortschritt im Bereich der Schadstoffemission aber erzielt werden kann.

Die Entwicklungen neuer Antriebe, die völlig emissionsfrei arbeiten, werden bei allen großen Automobilherstellern vorangetrieben, bis jetzt allerdings erfolglos. Die Seriennutzung des Wasserstoffantriebs scheiterte bis jetzt an den hohen Handhabungskosten des flüssigen Wasserstoffs, so dass noch keine echte Alternative darstellbar ist. Des Weiteren ist der Aufbau eines Wasserstofftankstellennetzes noch nicht fortgeschritten und die Gewinnung des Wasserstoffs mit einem sehr hohen Energieaufwand verbunden. Elektroantriebe sind durch begrenzte Reichweite, unzureichende Effizienz oder mangelnde Leistung noch nicht weit genug entwickelt, um als alleiniger Antrieb eines Pkw oder Lkw in Frage zu kommen. Andere mögliche Konzepte, wie bspw. Solarantrieb, sind bis jetzt auf Grund verschiedener Beschränkungen (notwendiger Platz für die Technologie, Transportfähigkeit, etc.) nicht für den Einsatz im Automobilssektor geeignet.

Erdgas bietet eine mittel- bis langfristige Alternative, die wirtschaftlich tragbar und technisch realisierbar ist, um die Emissionen im Vergleich zu herkömmlichen Fahrzeugen deutlich zu senken, so dass die Einhaltung der Ziele aus dem Kyoto-Protokoll möglich wird. Diese Eigenschaften machen Erdgas marktfähig und zu einer gesellschaftlichen Notwendigkeit. Erdgas besteht zu mindestens 80% aus Methan. Man unterscheidet zwischen High Gas und Low Gas. Der Methananteil von High Gas liegt zwischen 87% und 99%, bei Low Gas von 80% bis 87%. Weitere Komponenten sind andere Alkane wie Butan und Propan, sowie Inertgase. Methan zeichnet sich durch

einen hohen Brennwert aus, ist allerdings in der Handhabung schwierig. Parallel zum Vorkommen in Erdgas ist Methan in großen Mengen als Methanhydrat im Meeresboden zu finden, allerdings ist die industrielle Nutzung dieses Vorkommens noch nicht möglich.

Für die Verwendung von Erdgas als Kraftstoff in Fahrzeugen wird das darin enthaltene Methan zu CO_2 und Wasser verbrannt. Bei ausreichend hoher Sauerstoffzufuhr verbrennt Methan vollständig, so dass keine schädlichen Rückstände gebildet werden:



▲ **Abbildung 1: Verwendung von Erdgas: Reaktionsgleichung und Methanmolekül**

Eine um 25% geringere CO_2 Emission bei Erdgas zeigt bereits klar, welches Potenzial diese Technologie bietet. Besonders umweltfreundlich ist Erdgas allerdings auf Grund der stark verminderten Emission von ozonähnlichen Stoffen und der gänzlichen Vermeidung von Ruß- und Partikelemission. Dies führte unter anderem dazu, dass Erdgas als Kraftstoff für Fahrzeuge durch eine reduzierte Mineralölsteuer bis 2018 gefördert wird.

Insbesondere durch die steuerliche Förderung entstehen auch deutliche wirtschaftliche Vorteile für Erdgasfahrzeuge. 1 kg Erdgas, das ungefähr Äquivalent zu 1,5 Liter Benzin und 1,33 Liter Diesel, kostet aktuell ca. 0,86 €. Bei Zusatzkosten von 2.000€ bis 4.000 € für den CNG Antrieb ist eine Umstellung auf CNG nicht nur ökologisch, sondern auch finanziell attraktiv.

Die Nutzung des Erdgaskonzeptes im Pkw erfolgt aktuell über zwei unterschiedli-

che Wege: Zum einen kann Erdgas als reiner Gasmotor auf Basis eines Ottomotors verwendet werden, zum anderen kann der Motor in Form eines bivalenten Antriebs mit Erdgas und mit Benzin betrieben werden. So kann man bspw. mit der E-Klasse NGT ca. 300 km mit Erdgas fahren, wenn der Tank allerdings nicht ausreicht ist stets ausreichend Benzin vorhanden, um die Fahrt ohne Komplikationen fortsetzen zu können.

Für die Verwendung von Erdgas als Antrieb eines Fahrzeuges sind einige Änderungen am Motor notwendig. Die bestehenden Einspritzventile müssen durch Gaseinblasventile ergänzt oder ersetzt werden, eine neue Motorsteuerung ist notwendig und die Drücke im Gassystem müssen genau kontrolliert werden (Siehe Abbildung 2.)

Das Besondere an Erdgasmotoren ist die ökologische Vorteilhaftigkeit in Kombination mit guten Leistungswerten. Moderne Motoren können mit Erdgas die gleiche Leistung und das gleiche Drehmoment wie mit Superbenzin erzielen. So erzielt die E-Klasse NGT von Mercedes-Benz eine Leistung von 120 kW im Gasbetrieb.

Wesentlich problematischer ist die Unterbringung der deutlich größeren Erdgastanks. Im Vergleich zu Benzin ist für eine äquivalente Reichweite ein ca. 4-fach größeres Kraftstoffspeichervolumen erforderlich. Dies stellt ins Besondere bei kleineren Fahrzeugen erhebliche Nachteile dar. Moderne Unterbringungskonzepte sehen die Erdgastanks unterflur vor, so dass Einbußen des Innenraums vermieden werden können

Ein weiterer Entwicklungsfokus liegt auf der Sicherheit der Erdgasfahrzeuge. Zur Verhinderung von Überdruck in den Gastanks werden spezielle Sicherheitsventile eingesetzt, die z. B. im Brandfall bei ca. 110°C öffnen, so dass kein Überdruck in den Gastanks entstehen kann: Austreten des Erdgas wird kontrolliert abgeblasen und steigt in der Luft sehr schnell nach oben.

Unabhängig von den Eigenschaften des Erdgas, sind CNG-Antriebe in Deutschland auf Grund des bereits relativ gut ausgebauten Tankstellennetzes besonders zukunftsweisend. Mit über 750 Erdgastankstellen steht CNG in Deutschland flächendeckend zur Verfügung. Bei Steigerungsraten der CNG Fahrzeuge in Deutschland von bis zu

40%⁵ jährlich wird sich die Tankstellendichte weiter erhöhen und Erdgas somit besser verfügbar sein.

Monovalente Antriebe, d.h. Fahrzeuge die ausschließlich mit Gas betrieben werden, werden auf Grund der Abhängigkeit vom Gastankstellennetz aktuell nur wenig produziert. Allerdings bietet bspw. Opel vielfältige Lösungen für so genannte "monvalent plus" Antriebe an. Diese Fahrzeuge verfügen zwar über einen Benzintank, dieser ist allerdings kleiner als 15 Liter und dient nur als Nottank. Der Motor wird bei dieser

wird Mercedes-Benz gleich zwei neue Fahrzeuge in den Erdgasmarkt einführen. Somit wird auch einer der größten Automobilhersteller weltweit in diesem Markt stärker aktiv.

Potential für eine weiter stark steigende Nachfrage ist vorhanden. Bei den bestehenden hohen Kraftstoffkosten werden die wirtschaftlichen Vorteile von Erdgas immer stärker. In einigen europäischen Ländern liegt der Unterschied zwischen Benzin- und Erdgaspreisen bei über 50 Cent (im Vergleich Deutschland: 30 Cent). So erfolgt ei-

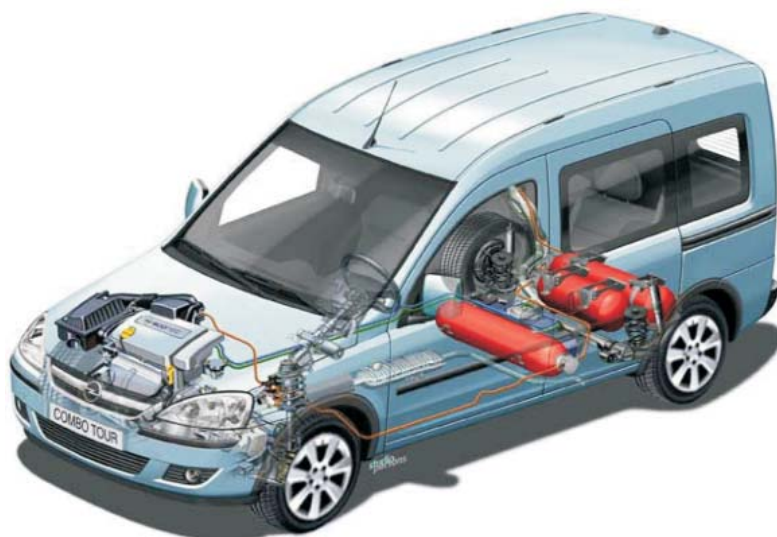
diesem Bereich ist - denn pauschale Forderungen nach ökologischen Antrieben sind keine Lösungsansätze, ebenso wenig wie maßlose Forderungen an die Automobilkonzerne. Damit werden die bereits bestehenden Entwicklungsbestrebungen der deutschen Industrie in diesem Bereich nicht gewürdigt. Nur durch technische Evolution ist eine langfristige Lösung in Sicht und an dieser Evolution arbeiten die Automobilentwickler in Deutschland bereits mit Nachdruck.

Fußnoten

- [1] www.solarportal24.de
- [2] Bundesministerium für Umwelt
- [3] Datenblatt E-Klasse, Internet Mercedes-Benz
- [4] www.gas-tankstellen.de
- [5] McKinsey Drive Studie

Literatur

- Dingel, O. (2004): Gasfahrzeuge - Die passende Antwort auf die CO2-Herausforderung
- Dingel, O. (2006): Gasfahrzeuge - Auf dem Weg aus der Nische?
- Schindler, V. (1997): Kraftstoffe für morgen
- Cerbe, G. (und weitere) (2004): Grundlagen der Gastechnik



▲ **Abbildung 2: Aufbau eines CNG Fahrzeuges am Beispiel Opel**

Antriebsvariante auf Erdgas optimiert, die Leistung im Benzinbetrieb muss zurückgenommen werden. Die Fahrzeuge werden wie reine Erdgasfahrzeuge besteuert und haben somit einen zusätzlichen wirtschaftlichen Vorteil.

Die bestehenden Bestrebungen zum weiteren Ausbau der Fahrzeugpalette sind zuletzt besonders durch die gestiegene Nachfrage nach kostengünstigen und ökologischen Fahrzeugen entstanden. Um auch weiterhin in dem Markt der verbrauchsarmen Fahrzeuge bestehen zu können, wurden bei allen großen Autoherstellern die Entwicklungsbestrebungen für Erdgasfahrzeuge in den letzten Jahren erheblich gesteigert. Mit der Einführung der B-Klasse CNG und des Sprinters CNG im Jahre 2008

ne Amortisation bei 10.000 bis 40.000 km. Besonders vorteilhaft ist Erdgas auf Grund des konstanten Preises. Durch die Subventionen gab es innerhalb des Jahres 2007 nur sehr geringe Preisänderungen im Bereich von 1% - 3%.

Die aktuellen Entwicklungen im Erdgasbereich ändern allerdings nichts an der grundlegenden Notwendigkeit von emissionsfreien Antriebskonzepten. Allerdings bieten Erdgasantriebe zum heutigen Stand der Technik eine Lösung zur Erreichung deutlicher Emissionssenkungsziele.

Das Praktikum im Bereich alternative Antriebe hat mir gezeigt, dass die Senkung der CO₂-Emissionen ein langfristiges gesellschaftliches Ziel sein sollte und wie wichtig eine realitätsnahe Forderung der Politik in