



Quelle: Shell Deutschland Oil GmbH

# Das Potenzial von Erdgas bei Nutzfahrzeugen

Noch dominiert die Dieselsechnik die Fuhrparks. Aber **Antriebe und Kraftstoffe von Lkw und Bussen** werden sich bis zum Jahr 2040 verändern. Welche neuen Antriebe für Nutzfahrzeuge künftig zu erwarten sind und wie sich speziell Erdgas als Kraftstoff im Wirtschaftsverkehr in Deutschland entwickeln könnte, hat die neue Shell-Nutzfahrzeug-Studie untersucht. Dazu wurde ein Alternativszenario erstellt, das auf Basis von Technologiepotenzialen und Flottenmodernisierung den Einsatz neuer Antriebe und Kraftstoffe forciert und dabei vor allem die **Perspektiven von LNG** als Kraftstoff für schwere Nutzfahrzeuge betrachtet.

von: Dr. Jörg Adolf (Shell Deutschland Oil GmbH) & Andreas Lischke (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.)

In Deutschland sind aktuell insgesamt knapp drei Millionen Lkw und Sattelzugmaschinen registriert [1]. Die Lkw-Bestandentwicklung wird geprägt von den leichten Nutzfahrzeugen, deren Bestand sich seit Anfang der 1990er-Jahre auf annähernd 2,3 Millionen Einheiten verdreifacht hat und die etwa drei Viertel des Bestandes ausmachen. Es folgen die Sattelzugmaschinen, deren Bestand sich im selben Zeitraum auf ca. 200.000 Fahrzeuge mehr als verdoppelt hat. Der gesamte Lkw-Bestand ist im Durchschnitt 7,8 Jahre alt, wobei Sattelzugmaschinen mit 4,3 Jahren das jüngste Fahrzeugsegment stellen und Nahverkehrs- bzw. Verteiler-Lkw überdurchschnittlich alt sind [2].

Bei den Antrieben ist Dieselsechnik mit einem Anteil von 95 Prozent über alle Lkw der Standardantrieb. Die alternativen Antriebe konzentrieren sich auf die Klasse der leichten

Nutzfahrzeuge und hier vor allem auf Pkw-ähnliche Fahrzeuge. Aber auch bei den Kleintransportern bis einer Tonne Nutzlast liegt der Anteil alternativer Antriebe bei nur 1,8 Prozent; Erdgasfahrzeuge stellen in dieser Fahrzeugklasse mit 0,9 Prozent gut die Hälfte aller alternativen Antriebe (Abb. 1). Schwere Lkw und Sattelzugmaschinen werden zu 99,8 Prozent von Dieselmotoren angetrieben – nur rund 50 schwere Lkw fahren in Deutschland zurzeit mit Erdgas. Der Anteil alternativer Antriebe bei sonstigen Kraftfahrzeugen liegt zwar nur bei 0,6 Prozent, allerdings befinden sich hier immerhin fast 500 Erdgasfahrzeuge im Einsatz [3].

Von den in Deutschland zugelassenen 78.345 Kraftomnibussen besitzen 97,4 Prozent einen Dieselantrieb. Der Anteil alternativer Antriebe lag im Jahr 2016 bei knapp 2,5 Prozent und damit höher als im Pkw-Bestand mit 1,6 Pro-

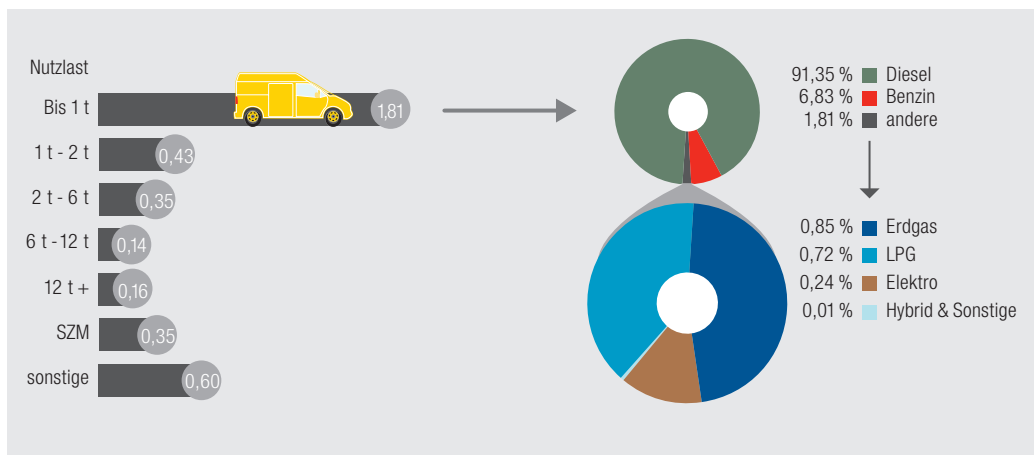


Abb. 1: Alternative Antriebe im Lkw-Bestand 2016, SZM: Sattelzugmaschinen

Quelle: [3]

zent sowie deutlich höher als bei vergleichbar schweren Lkw. Wichtigste Antriebsalternative sind Erdgasbusse mit einem Bestandsanteil von 1,8 Prozent [3].

### Künftige Antriebe und Kraftstoffe

In der Nutzfahrzeug-Studie wurde untersucht, wie sich Antriebe und Kraftstoffe von Nutzfahrzeugen bis 2040 weiter entwickeln könnten [4]. Dazu wurden Auswahlkriterien für Antriebs-Kraftstoff-Kombinationen und Einsatzprofile von Nutzfahrzeugen identifiziert. Zu den Auswahlkriterien gehörten die technologische Reife, Fahrzeugnutzercosten, Nutzerpräferenzen, die Verfügbarkeit von Kraftstoffen sowie die Emissionen; in Bezug auf die Einsatzprofile wurden urbane Kurzstreckenverkehre sowie der Fernverkehr differenziert.

Aktuell ist der Dieselantrieb technische und wirtschaftliche Referenz im Nutzfahrzeugbereich, und zwar in allen Einsatzbereichen. Darüber hinaus werden beim Dieselantrieb noch weitere substanzielle Effizienzpotenziale gesehen, z. B. durch die Verbesserung der Wirkungsgrade von Motor und Getriebe, Abwärmenutzung, Elektrifizierung von Nebenaggregaten sowie (milde) Hybridisierung; letztere allerdings vor allem für Fahrzeuge im urbanen Einsatz. Zudem ist Dieselmotoren ein Energiespeicher mit hoher Energiedichte, einfacher Handhabung und der höchsten Verfügbarkeit. Nachteile zeigt die Dieselmotoren-

technik dagegen bei den Emissionen, vor allem in urbanen Einsatzbereichen.

Im urbanen Bereich kann die Emissionsproblematik durch hybridisierte bzw. elektrifizierte Antriebe entschärft werden. Anders verhält es sich dagegen bei schweren Nutzfahrzeugen im Langstreckenverkehr. Lkw und Sattelzüge im Straßengüterfernverkehr sowie Reisebusse werden auch in Zukunft von Verbrennungsmotoren angetrieben. Als möglicher Alternativkraftstoff kommt hier Erdgas in Betracht.

### Erdgas als Kraftstoff für schwere Nutzfahrzeuge

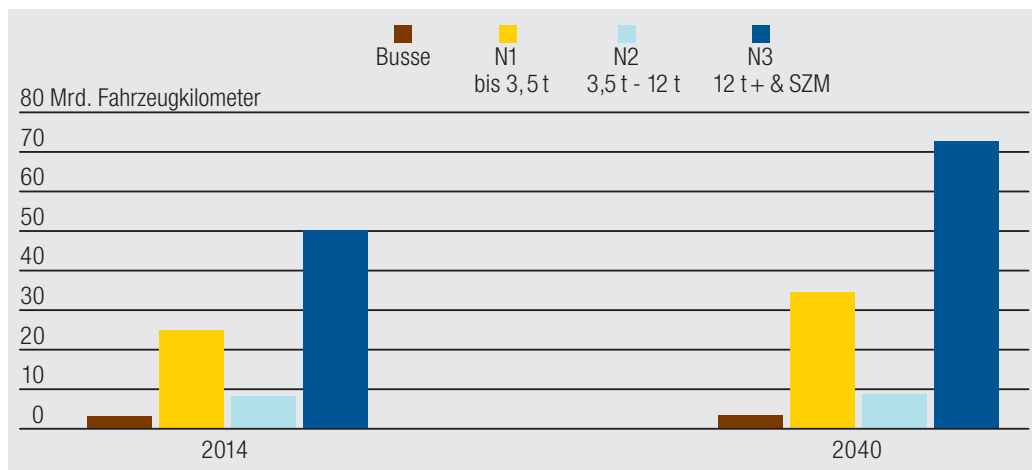
In der Tat haben sich Erdgasantriebe in letzter Zeit zu einer relevanten Antriebs- und Kraftstoffalternative für Nutzfahrzeuge entwickelt. Schon länger werden leichte Nutzfahrzeuge und Lkw in Kombination mit komprimiertem Erdgas (CNG) angeboten. Als Folge des globalen Erdgasbooms hat sich – insbesondere in Nordamerika – die Verwendung von verflüssigtem Erdgas (LNG) als weitere Option aufgetan [5].

Eine Herausforderung ist es, die Effizienz der Erdgasantriebstechnik zu verbessern. Noch beschränkt sich das Fahrzeugangebot in Europa auf CNG-betriebene Ottomotorfahrzeuge, die eine geringere Effizienz als Dieselmotoren aufweisen. Allerdings befinden sich neue Motorenkonzepte

für Gasnutzfahrzeuge in der Entwicklung. Bei Dual-Fuel-Antrieben werden Gaskraftstoffe in Dieselmotoren eingesetzt; für die Selbstzündung wird dabei ein Anteil Dieselmotoren benötigt. Die neueste Entwicklung im Bereich der Gasmotoren ist das High-Pressure-Direct-Injection-Konzept, bei dem beide Kraftstoffe, Diesel und Erdgas, unter hohem Druck direkt in den Brennraum eingebracht werden [6]. Der große Vorteil von HPDI-Antrieben ist, dass sie etwa so effizient arbeiten wie Dieselmotoren, der zur Selbstzündung benötigte Dieselmotorenanteil jedoch geringer als bei Dual-Fuel-Antrieben ausfällt. Allerdings werden sie in Europa noch nicht angeboten.

Erdgas verbrennt sauberer, mit weniger Schadstoff- und CO<sub>2</sub>-Emissionen. Mit Erdgas betriebene Ottomotoren sind zudem leiser als Dieselmotoren. Mit 21 Megajoule pro Liter bzw. 45 bis 50 Megajoule pro Kilogramm kommt LNG bezüglich der Energiedichte dem Diesel (36 MJ/l) nahe [7]. Bislang gibt es fast ausschließlich CNG-Tankstellen in Deutschland – insgesamt gut 900. Eine LNG-Infrastruktur müsste noch aufgebaut werden. Für die Versorgung des Straßengüterfernverkehrs würden für eine erste flächendeckende Versorgung bereits wenige LNG-Tankstellen entlang des Fernstraßennetzes ausreichen. Schließlich können LNG und auch CNG biogene oder strombasierte Gaskraftstoffe (z. B. aus Power-to-Gas-Anlagen) nahezu beliebig beigemischt werden.

**Abb. 2:** Inlandsfahrleistungen von Nutzfahrzeugen  
 Legende: N1 – N3: Lkw-Fahrzeugklassen, unterteilt nach zulässigem Gesamtgewicht, SZM: Sattelzugmaschinen



**Nutzfahrzeug-Szenarien bis 2040**

Mithilfe von Szenariotechnik wurden mögliche Entwicklungen von Antriebstechniken, Kraftstoffen, Energiebedarf und Treibhausgasemissionen für Nutzfahrzeuge in Deutschland bis in das Jahr 2040 untersucht. Ein Trend- und ein Alternativszenario beschreiben, wie sich Nutzfahrzeugantriebe und Kraftstoffe der Zukunft entwickeln. Im Trendszenario werden die wichtigsten Entwicklungen der jüngeren Vergangenheit fortgeschrieben; hier bleiben der effiziente verbesserte Dieselantrieb und flüssige Kraftstoffe die mit Abstand wirtschaftlichste Option für fast alle Nutzfahrzeuge. Im Alternativszenario hingegen setzen sich neue Antriebs- und Fahrzeugtechnologien und Kraftstoffe, insbesondere elektrische sowie Gasantriebe und -kraftstoffe, beschleunigt im Markt durch.

Ausgangspunkt beider Szenarien ist die weitere Entwicklung von Nutzfahrzeugbestand und Fahrzeugfahrleistung:

Über alle Nutzfahrzeugklassen steigt die Zahl der jährlichen Neuzulassungen in der Trendfortschreibung von heute rund 290.000 auf 344.000 bis 2040 an. Am stärksten nehmen die Neuzulassungen und der Bestand bei leichten Nutzfahrzeugen zu. Der Nutzfahrzeugbestand in Deutschland wächst von 2014 bis 2040 von 2,9 auf nahezu 3,5 Millionen Fahrzeuge, dies entspricht einer Zunahme von über 20 Prozent.

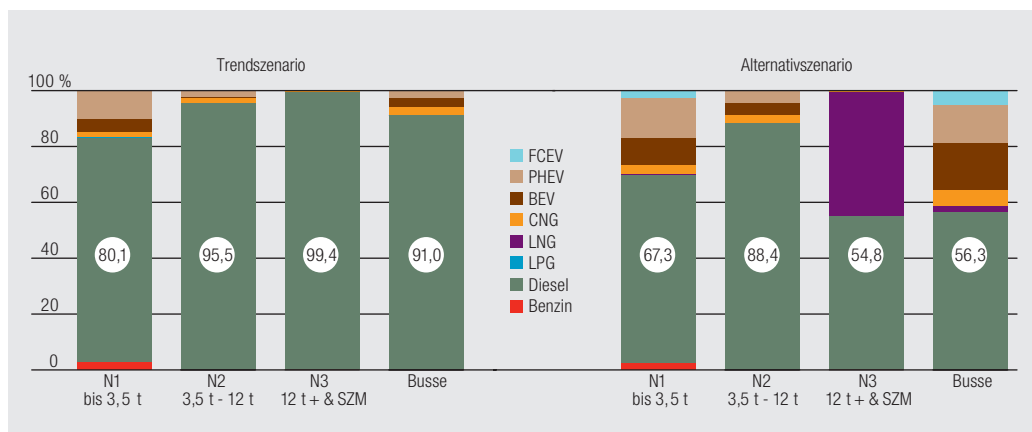
Die Fahrzeugfahrleistungen steigen für Lkw um 39 Prozent oder von gut 83 auf knapp 116 Milliarden Fahrzeugkilometer, basierend auf einer eigenen Modellierung, die sich auf die in der Verkehrsprognose des Bundes für 2030 enthaltenen Annahmen stützt [8]. Das höchste Fahrleistungswachstum weisen Fernverkehrs-Lkw auf sowie die immer zahlreicheren leichten Nutzfahrzeuge (Abb. 2).

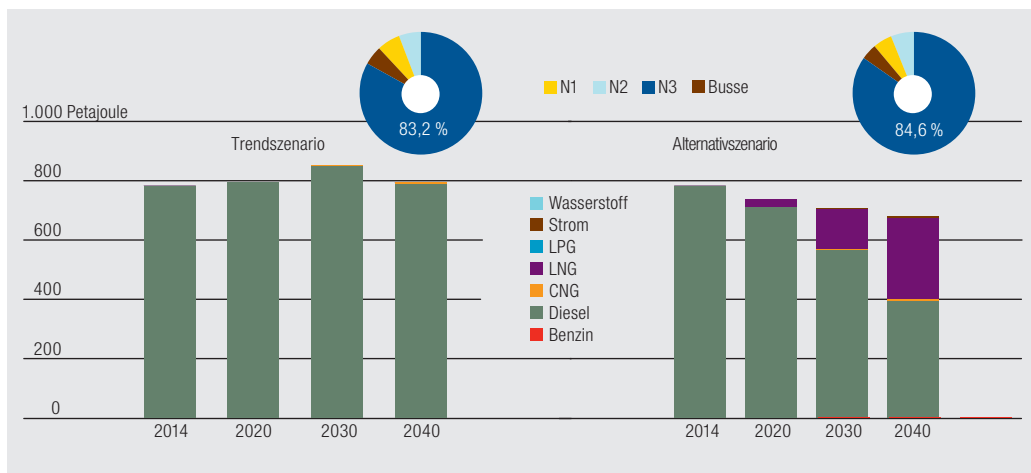
Während sich im Trendszenario der Antriebsmix im Fahrzeugbestand nur langsam ändert, kommt es im Alterna-

tivszenario in praktisch allen Fahrzeugklassen zu deutlichen Verschiebungen: Rund ein Drittel der leichten Nutzfahrzeuge fahren hier elektrisch, hinzukommend einige CNG-Fahrzeuge. Immerhin 45 Prozent der schweren Lkw und Sattelzüge fahren mit LNG. Aufgrund des hohen Flottenumschlags – das Durchschnittsalter von schweren Fernverkehrs-Lkw (über 12 Tonnen) und Sattelzugmaschinen liegt unter vier Jahren [2] – durchdringen neue Antriebstechniken den Fahrzeugbestand in diesem Fahrzeugsegment am schnellsten. Bei den Bussen erreichen Erdgasantriebe 2040 einen Anteil von etwa 8 Prozent – hauptsächlich CNG sowie bei Fernbussen kleinere Anteile LNG (Abb. 3).

Der Energiebedarf aller Nutzfahrzeuge – berechnet anhand durchschnittlicher Kraftstoffverbräuche und der jeweiligen Fahrzeugfahrleistungen – steigt im Trendszenario von heute 783 Petajoule (PJ) auf 853 PJ im Jahr 2030 und fällt im Jahr 2040 auf 786 PJ zurück. Im Alter-

**Abb. 3:** Antriebsmix Nutzfahrzeugbestand nach Szenarien  
 Legende: N1 – N3: Lkw-Fahrzeugklassen, unterteilt nach zulässigem Gesamtgewicht, SZM: Sattelzugmaschinen





**Abb. 4:** Energiebedarf für Nutzfahrzeuge nach Szenarien. Legende: N1 – N3 Lkw-Fahrzeugklassen, unterteilt nach zulässigem Gesamtgewicht

Quelle: Adolf, Lischke

nativszenario sinkt der Energiebedarf kontinuierlich bis 2040 um 13 Prozent auf 682 PJ, und zwar trotz gleichzeitig um 39 Prozent steigender Fahrleistungen (Abb. 4).

Im Trendszenario bleibt Dieseldieselkraftstoff mit einem Anteil von über 99 Prozent oder 22 Milliarden Litern der nahezu einzig relevante Energieträger. Im Alternativszenario halbiert sich der Dieselbedarf fast, vor allem zu Gunsten von Gaskraftstoffen (LNG) sowie zu geringen Teilen Strom. Der Endenergieverbrauch von Lkw und Bussen sinkt allerdings auch im Alternativszenario bis 2040 kaum unter das Niveau von 2005; denn schwere Gas-Lkw sind nicht effizienter als Dieselfahrzeuge.

Die Well-to-Wheel-Treibhausgasemissionen (einschließlich Vorkettenemissionen) von Lkw und Bussen gehen von 71 Millionen Tonnen (2014) um bis zu 20 Prozent auf gut 55 Millionen Tonnen (2040) zurück. Neben dem rückläufigen Energiebedarf trägt dazu auch die stärkere Nutzung von Gaskraftstoffen bei. Allerdings werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Kyoto-Basisjahres 1990 sowohl im Trend- als auch im Alternativszenario 2040 noch deutlich überschritten, sodass von Lkw und Bus nur ein unterdurchschnittlicher Beitrag zum nationalen Klimaziel 2050 zu erwarten ist.

## Fazit

Erdgasfahrzeuge und Erdgaskraftstoffe können einen substanziellen Beitrag zur Diversifizierung der Energie-

versorgung des Verkehrssektors leisten. Das gilt insbesondere dann, wenn sie im Straßengüterfernverkehr eingesetzt werden. Darüber hinaus wäre Voraussetzung für einen Beitrag zur Energieeinsparung durch Erdgasantriebe, dass für Erdgasnutzfahrzeuge dem Diesel vergleichbar effiziente Antriebstechniken (Dual-Fuel-Motoren) entwickelt und auch eingesetzt werden.

Erdgaskraftstoffe können zudem zur Verbesserung der Emissionsbilanz von Lkw und Bussen beitragen – bei den lokalen Emissionen durch Luftschadstoffe und Lärm im urbanen Verkehr, aber auch bei den Treibhausgasemissionen. Werden vergleichbar effiziente Antriebstechniken eingesetzt, können fahrzeugseitig etwa 25 Prozent Treibhausgasemissionen (Tank-to-Wheel) eingespart werden. ■

### Literatur

- [1] Kraftfahrt-Bundesamt (KBA): Fahrzeugzulassungen (FZ). Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Zulassungsbezirken, 1. Januar 2016, FZ 1, Flensburg 2016.
- [2] Kraftfahrt-Bundesamt (KBA): Fahrzeugzulassungen (FZ). Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Fahrzeugalter, 1. Januar 2016, FZ 15, Flensburg 2016.
- [3] Kraftfahrt-Bundesamt (KBA): Fahrzeugzulassungen (FZ). Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen, 1. Januar 2016, FZ 13, Flensburg 2016.
- [4] Shell-Nutzfahrzeug-Studie: Diesel oder alternative Antriebe – Womit fahren Lkw und Busse morgen?, Hamburg 2016.
- [5] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Energie- und Umweltforschung GmbH (ifeu), Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (LBST), Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH (DBFZ): LNG als Alternativkraftstoff für den Antrieb von Schiffen und schweren Nutzfahrzeugen, Berlin u. a. O., 2014.
- [6] European Commission: DG Move (EC-COM/DGM), LNG Blue Corridors. Trucks Euro V Technical Solutions, Brussels 2014.

[7] European Commission: DG Move (EC-COM/DGM), LNG Blue Corridors. Gas Quality, Brussels 2014.

[8] Beratergruppe Verkehr+Umwelt (BVU), Intraplan Consult GmbH (ITP), Ingenieurgruppe IVV GmbH & Co. KG, Planco Consulting GmbH: Verkehrsverflechtungsprognose 2030. Schlussbericht, Freiburg u. a. O. 2014.

## Die Autoren

**Dr. Jörg Adolf** ist Chefvolkswirt bei Shell Deutschland.

**Dipl.-Ing. Andreas Lischke** ist Gruppenleiter in der Abteilung Wirtschaftsverkehr des Instituts für Verkehrsforschung, DLR.

### Kontakt:

Dr. Jörg Adolf  
Shell Deutschland Oil GmbH  
Suhrenkamp 71–77  
22284 Hamburg  
Tel.: 040 6324-5420  
E-Mail: joerg.adolf@shell.com  
Internet: www.shell.de

Andreas Lischke  
Deutsches Zentrum für  
Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)  
Institut für Verkehrsforschung  
Rutherfordstr. 2  
12489 Berlin  
Tel.: 030 67055-236  
E-Mail: andreas.lischke@dlr.de  
Internet: www.dlr.de