

# Zukunft LNG

Flüssiges Erdgas als sauberer Kraftstoff  
für schwere Lkw und Flottenfahrzeuge



## **Impressum**

### *Herausgeber*

DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.  
Technisch-wissenschaftlicher Verein

im Auftrag der Taskforce LNG für schwere Nutzfahrzeuge, einer Kooperation  
der Deutschen Energie-Agentur (dena), Zukunft ERDGAS und DVGW.

Josef-Wirmer-Str. 1–3  
53123 Bonn  
Tel.: +49 228 91 88-5  
Fax: +49 228 91 88-990  
E-Mail: [info@dvgw.de](mailto:info@dvgw.de)  
Internet: [www.dvgw.de](http://www.dvgw.de)

### *Kontakt*

Dr. Dietrich Gerstein	Frederik Brandes
E-Mail: <a href="mailto:gerstein@dvgw.de">gerstein@dvgw.de</a>	E-Mail: <a href="mailto:brandes@dvgw.de">brandes@dvgw.de</a>
	Tel.: +49 228 91 88-844

Titelfoto: IVECO

# Zukunft LNG: flüssiges Erdgas als sauberer Kraftstoff für schwere Lkw und Flottenfahrzeuge

## LNG als Kraftstoff:

### Was kann heute für die Umwelt erreicht werden?

Nach wie vor werden in Ballungsräumen die Grenzwerte für Luftschadstoffe wie Stickoxid und Feinstaub vielfach überschritten, auch leiden Städte unter einer hohen Lärmbelastung. Daher besteht dringender Handlungsbedarf, denn eine schnelle und spürbare Reduzierung der Luftschadstoff- und Lärmemissionen ist unerlässlich. Hierzu kann der Einsatz von LNG als Kraftstoff für schwere Nutzfahrzeuge beitragen.

Eine LNG-Tankstelleninfrastruktur kann in Deutschland kurzfristig aufgebaut werden. Aufgrund der hohen Reichweite der LNG-Lkw sind in der Anfangsphase über Deutschland verteilt nur wenige LNG-Tankstellen erforderlich, um die Lkw auf der Langstrecke versorgen zu können. Auch könnte sich LNG-Technik schnell in der Lkw-Flotte durchsetzen, da Fahrzeuge für den Straßengüterverkehr aufgrund ihrer hohen Fahrleistungen schnell reinvestiert werden. Im zweiten Schritt könnten über rund 40 LNG-Tankstellen auch regionale Lkw-Verkehre ermöglicht werden. In kurzer Zeit würden damit auch in Deutschland umweltfreundliche LNG-betriebene Lkw fahren und zur Reduzierung von Umweltbelastungen aus dem Straßengüterverkehr beitragen (**Abb. 1**), d. h.

- weniger Stickoxide,
- weniger Feinstaub und
- weniger Lärm.

Die umweltpolitischen Ziele der EU-Kommission und der Bundesregierung fordern zudem eine deutliche Reduzierung verkehrsbedingter Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen). Nach der Energiewende in der Stromerzeugung soll die Energiewende auch im Verkehrsbereich folgen.

Schwere Lkw und Sattelzüge, die hauptsächlich im Straßengüterfernverkehr eingesetzt werden, erbringen die mit Abstand größten Transport- und Fahrleistungen. Auf diese Fahrzeugklasse entfallen 80 Prozent der Energie, die von Nutzfahrzeugen im Straßenverkehr verbraucht wird. Gerade bei diesen Transporten kann der Kraftstoff LNG die THG-Emissionsbilanz kurzfristig verbessern, da bei der motorischen Verbrennung von LNG bis zu 25 Prozent weniger CO<sub>2</sub> entstehen als bei Dieselmotoren<sup>1</sup>.

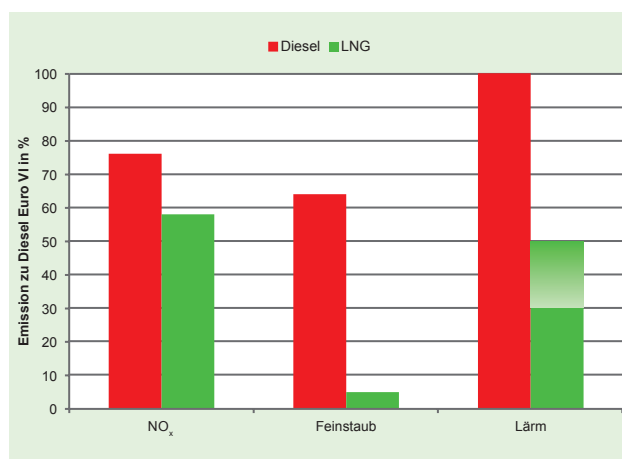


Abb. 1: Emissionsreduktionspotenzial bei der Nutzung von heutigen Diesel- und LNG-Motoren im Vergleich zu Grenzwerten bei Euro VI Diesel

Quelle: [1]

In anderen europäischen Ländern wie Spanien, Großbritannien oder den Niederlanden wird LNG bereits eingesetzt. LNG ist ausreichend und zu attraktiven Konditionen verfügbar und kann auch für den deutschen Markt einfach bereitgestellt werden. LNG als Kraftstoff ist eine erprobte Technologie, die sicher und schnell nutzbar ist.

## Straßengüterverkehr und Umwelt

Schadstoffemissionen belasten die Luft insbesondere in den Ballungsräumen. Emittiert werden unter anderem die Luftschadstoffe Feinstaub und Stickoxide (NO<sub>x</sub>) sowie Lärm. Zudem stoßen Kraftfahrzeuge das Treibhausgas CO<sub>2</sub> aus.

### Luftschadstoffe

Der Straßenverkehr in Deutschland trägt mit rund 40 Prozent (2014) zu den Emissionen von Stickoxiden und mit rund 13 Prozent zu den Feinstaubemissionen bei [2]. Die Emissionen der verkehrsbedingten Luftschadstoffe Feinstaub und NO<sub>x</sub> haben sich in den vergangenen zwanzig Jahren durch die Optimierung von Fahrzeugen, Motoren und Abgasreinigungstechnologien zwar insgesamt mehr als halbiert, allerdings nicht in den Ballungsräumen.

EU und Bundesregierung forcieren die Luftreinhaltung, d. h. die Reduzierung von Feinstaubemissionen und Stickoxiden. Ansatzpunkte im Straßenverkehr sind einerseits die Abgasemissionen von Kraftfahrzeugen und andererseits die Konzentrationswerte von Luftschadstoffen (Immissionen), die verkehrsnah erhoben werden. Zudem werden auch die Geräuschemissionen von Kraftfahrzeugen über Einfahrtsbeschränkungen für Nutzfahrzeuge

<sup>1</sup> CO<sub>2</sub>-Faktor Erdgas (Methan) = 55 g CO<sub>2</sub>/MJ,  
CO<sub>2</sub>-Faktor Diesel = 73 g CO<sub>2</sub>/MJ

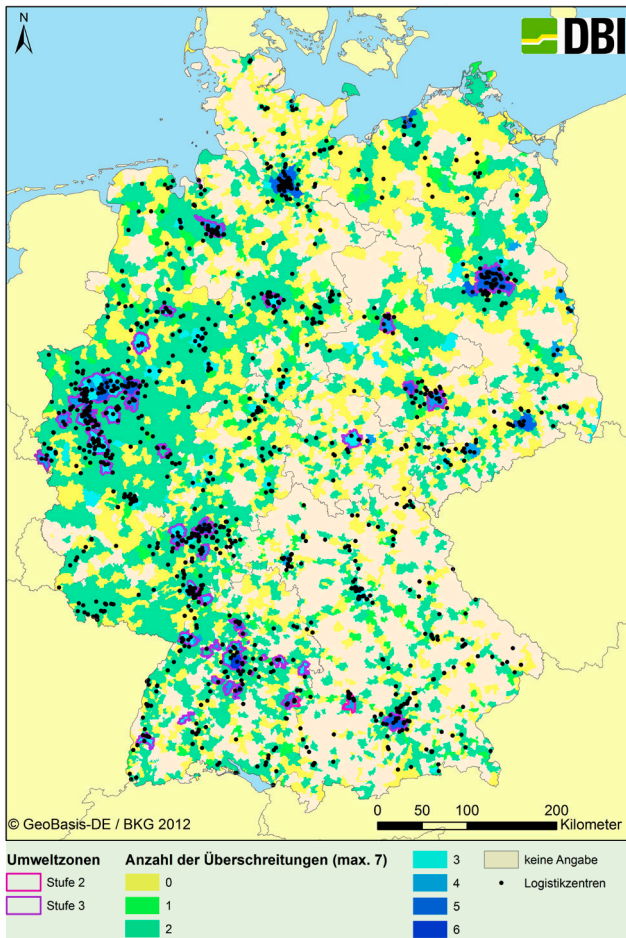


Abb. 2: Regionale Verteilung der kumulierten Grenzwertüberschreitungen verschiedener Immissionen: Feinstaub, NO<sub>x</sub> und Lärm

Quelle: [1]

im städtischen Bereich reguliert. Angesichts immer strengerer Grenzwerte für Luftschadstoffe werden die zulässigen Grenzwerte aber oftmals überschritten (Abb. 2).

### Treibhausgasemissionen

Ein Großteil der verkehrsbedingten THG-Emissionen wird durch den Transport auf der Straße verursacht (Abb. 3). In Deutschland wurden im Verkehrssektor im Jahr 2014 160 Mio. Tonnen Treibhausgase emittiert. Der Verkehrsbereich trägt damit fast ein Fünftel zu den gesamten jährlichen THG-Emissionen in Deutschland bei.

Der Transport auf der Straße hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Effizienzsteigerung bei Antrieben und höherwertige Kraftstoffe haben spezifisch, d.h. auf das einzelne Fahrzeug bezogen, eine Reduzierung der Emissionen von Luftschadstoffen und Klimagasen wie CO<sub>2</sub> gebracht. Die Anzahl der Lkw und Busse hat allerdings zugenommen und mit ihnen die Fahrleistungen. Absolut gesehen sind die THG-Emissionen durch die Zunahme des Güterverkehrs nach einem Rückgang bis etwa 2010 in den letzten Jahren wieder angestiegen. Dieser Trend scheint sich fortzusetzen. Im Jahr 2015 sind nach vorläufigen Angaben noch einmal mehr Treibhausgase als im Vorjahr emittiert worden.

Messgrößen für die Intensität des Straßengüterverkehrs sind das Güterverkehrsaufkommen, die Güterverkehrsleistung und die Fahrzeugfahrleistungen. Entscheidend für Kraftstoffverbrauch und Emissionen sind die Fahrzeugfahrleistungen. Gerade bei schweren Lkw zeigen Prognosen eine deutliche Zunahme der Fahrzeugfahrleistungen um rund 40 Prozent von 50 Mrd. Fahrzeugkilometern heute auf über 70 Mrd. Fahrzeugkilometer im Jahr 2040. Damit wird sich auch mittelfristig der Trend zu ansteigenden Treibhausgasemissionen fortsetzen, wenn nicht wirkungsvolle gegensteuernde Maßnahmen umgesetzt werden.

Zielvorgabe aus dem Energiekonzept der Bundesregierung (2010) [4] ist es, sektorübergreifend die THG-Emissionen bis 2020 und 2050 um mindestens 40 bzw. 80 Prozent gegenüber

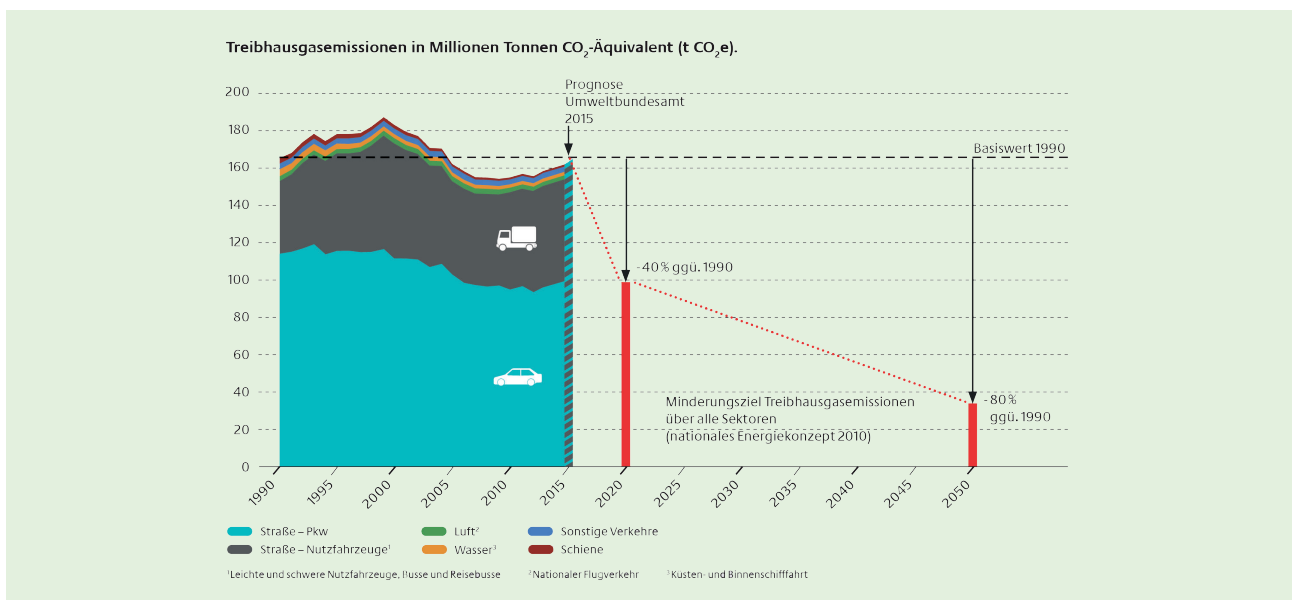


Abb. 3: Treibhausgasemissionen im Verkehrsbereich

Quelle: [3]

dem Niveau von 1990 zu reduzieren. Damit auch der Verkehrssektor zur Zielerreichung beitragen kann, ist ein deutlicher Rückgang der THG-Emissionen und damit langfristig die weitgehende Dekarbonisierung des Verkehrssektors notwendig. Zudem soll im Verkehrsbereich der Endenergieverbrauch bis 2020 um 10 Prozent und bis 2050 um 40 Prozent gegenüber 2005 zurückgehen. Diese anspruchsvollen Vorgaben erfordern neue Antriebskonzepte.

### Kraftstoffe und Antriebskonzepte

Zur Reduktion von Abgasemissionen werden in Kraftfahrzeugen immer komplexere Abgasreinigungstechnologien eingesetzt, die teilweise mit zusätzlichen Betriebsstoffen arbeiten. Eine Reduktion von Fahrzeugemissionen kann jedoch auch durch den Einsatz alternativer Antriebe erfolgen, z.B. durch den Einsatz von Erdgas/LNG als Kraftstoff oder Elektrotraktion, die entweder direkt durch Strom oder durch Wasserstoff versorgt wird<sup>2</sup>.

Die Antriebsoptionen für Kraftfahrzeuge sind technologisch unterschiedlich weit entwickelt, haben unterschiedliche Charakteristika und damit z.T. überlappende, z.T. aber auch direkte Einsatzbereiche (**Tab. 1**).

Über 99 Prozent der schweren Lkw fahren mit Dieselmotoren. Anders als bei Pkw oder leichten Nutzfahrzeugen sind hier in den nächsten Jahren keine sinnvollen und wirtschaftlichen Antriebstechnologien auf der Basis von Strom oder Wasserstoff absehbar. Dagegen sind CNG und für den Schwerlastverkehr LNG bereits heute verfügbare und einsatzbereite Kraftstoffe und Fahrzeugtechnologien. LNG als Kraftstoff ist eine Alternative zu Diesel, insbesondere für schwere Lkw, aber auch für Busse und andere Flottenfahrzeuge.

	Diesel	CNG	LNG	H <sub>2</sub>	Strom
Pkw (kurze Strecken)	++	++	--	+	++
Pkw (lange Strecken)	++	++	--	+	+
Lkw (3,5–7,5 t)	++	++	-	+	+
Lkw (7,5–18 t)	++	+	+	-	-
Lkw (>18 t)	++	+	++	--	--
++ voll einsetzbar - große Einschränkungen					
+ kleine Einschränkungen -- nicht einsetzbar					

Tab. 1: Einsatzbereiche von Diesel, Gaskraftstoffen und Strom bei Pkw und Lkw

Quelle: [1]

Die Nutzung von LNG als Kraftstoff ist keine neue Technologie. Anwendungsbeispiele hierfür gibt es in den USA, China, Spanien, in den Niederlanden, Italien, Frankreich und Großbritannien. In Europa sind zurzeit etwa 900 LNG-betriebene Lkw im Betrieb. In Deutschland steht diese Entwicklung noch am Anfang. Erste Fahrzeuge werden 2016 in Betrieb genommen.

LNG wird weltweit in Verflüssigungsanlagen produziert und über LNG-Importterminals per Schiff angelandet, dort wiederverdampft und als Erdgas in das Erdgasversorgungssystem eingespeist. Von den Importterminals kann LNG aber auch direkt weiterverteilt und mit Tanklastwagen oder kleinen Tankschiffen an LNG-Tankstellen für den Straßengüterverkehr und an LNG-Bunkerstationen für die Nutzung in der Schifffahrt geliefert werden. LNG-Importterminals, über die LNG für Deutschland zur Verfügung gestellt werden kann, gibt es derzeit in Zeebrugge (Belgien) und Rotterdam (Niederlande).

### INFO

#### Exkurs CNG

CNG (Compressed Natural Gas) ist Erdgas, das bis auf 200 bar verdichtet wird, wodurch der Energieinhalt, bezogen auf das Volumen des Erdgases, erhöht wird. 1,0 kg CNG (H-Gas-Qualität<sup>3</sup>) entsprechen vom Energiegehalt rund 1,4 Litern Diesel. CNG wird in Drucktanks gespeichert. In Europa fahren rund 1,1 Mio. Straßenfahrzeuge mit CNG. Deutschland hat zwar ein ausgebautes CNG-Tankstellennetz mit rund 900 Tankstellen, der Marktanteil von CNG-Fahrzeugen ist allerdings noch sehr gering. Anders ist die Situation z.B. in Italien: Bei einem vergleichbar dichten CNG-Tankstellennetz haben sich CNG-Fahrzeuge dort seit vielen Jahren besser durchsetzen können und tragen damit aktiv zur Reduzierung von Schadstoffen im Verkehrsbereich bei.

#### Exkurs LNG

LNG ist verflüssigtes Erdgas (Liquefied Natural Gas). Erdgas wird bei -162 °C und atmosphärischem Druck flüssig. Durch die Verflüssigung reduziert sich das Volumen um den Faktor 600. Hierdurch wird der Energieinhalt, bezogen auf das Volumen, erhöht. 1,0 kg LNG entsprechen rund 1,4 Liter Diesel. LNG wird als Kraftstoff in einem Temperaturbereich von -162 °C bis -130 °C und einem Druck von 1 bis 8 bar verwendet. LNG als Kraftstoff wird aus wirtschaftlichen Gründen bei kontinuierlichen Fahrtzeiten eingesetzt, wie sie bei schweren Lkw und Bussen gegeben sind.

<sup>2</sup> Alternative Logistik- und Transportkonzepte können ebenfalls zur Reduzierung von Schadstoffen beitragen, werden hier aber nicht betrachtet.

<sup>3</sup> hochkaloriges Erdgas

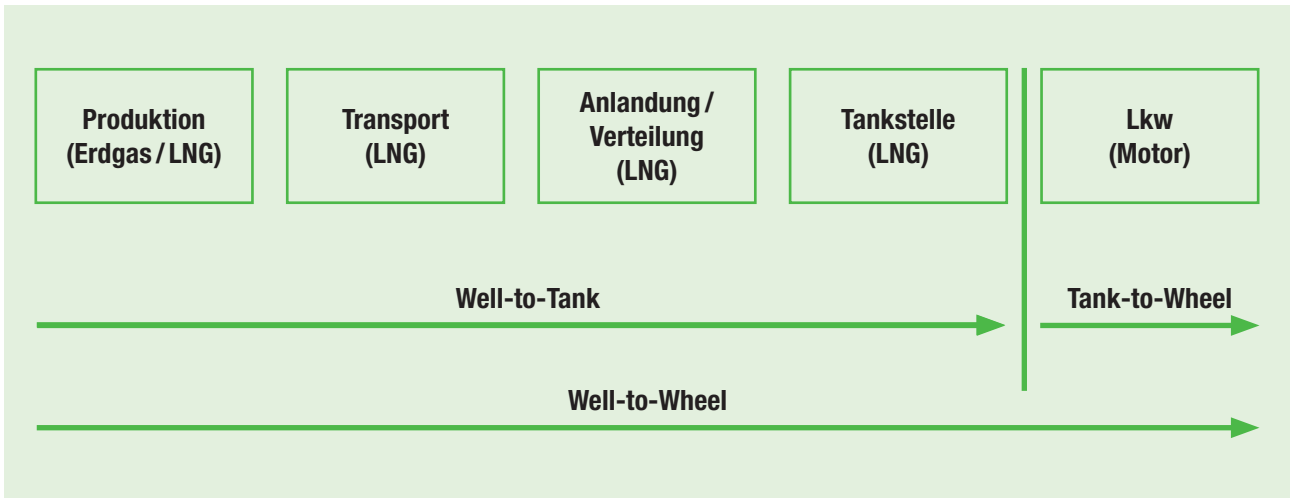


Abb. 4: Emissionsermittlung entlang der Prozesskette von LNG

Quelle: DVGW

LNG kann auch lokal aus Bioerdgas oder über die Power-to-Gas-Technologie (PtG) erzeugt werden. Die PtG-Technologie nutzt Wasserstoff, der aus regenerativem Strom erzeugt wird. Dieser Wasserstoff kann dann in Methan umgewandelt und verflüssigt werden. Bioerdgas und PtG ermöglichen es, erneuerbares Erdgas zu erzeugen und eröffnen Potenziale, Erdgas und damit auch LNG „grün“ und CO<sub>2</sub>-frei zu machen.

### Reduzierung von Schadstoffemissionen

Wie jede andere Kraftstofftechnologie auch hat LNG einen CO<sub>2</sub>-Footprint, d. h. entlang des Wertschöpfungsprozesses entstehen durch Produktion, Transport und Verteilung CO<sub>2</sub>-Emissionen. Bei erdgasbasierten Kraftstoffen muss auch die Freisetzung von Methan berücksichtigt werden. Methan kann in der Produktion, beim Transport, aber auch beim Verbrennungsprozess selbst entweichen. CO<sub>2</sub>- und Methanemissionen werden in den Analysen zusammengefasst und als CO<sub>2</sub>eq-Emissionen bzw. THG-Emissionen bezeichnet. Emissionen, die auf dem Weg von

der Produktion bis zum Tank entstehen, werden als Well-to-Tank-Emissionen (kurz W-t-T-Emission) bezeichnet. Durch den eigentlichen Verbrennungsprozess im Motor entstehen weitere Emissionen. Dies sind Tank-to-Wheel- oder kurz T-t-W-Emissionen. Beides zusammengefasst ergibt die Gesamtbilanz von Emissionen, die Well-to-Wheel-Emissionen (W-t-W-Emissionen) (**Abb. 4**).

### Tank-to-Wheel

Erdgas besteht zum größten Teil aus Methan und anderen brennbaren Gasen (Ethan, Propan, Butan), enthält aber auch inerte Gase wie Stickstoff und CO<sub>2</sub> (**Abb. 5**). Bei der Produktion von LNG werden durch Vorreinigung und den Kühlprozess des Erdgases verschiedene Bestandteile abgetrennt. Höherwertige Kohlenwasserstoffe wie Propan, Butan oder Ethan werden vielfach vorher abgeschieden und anderweitig verwendet. Verunreinigungen durch andere Stoffe, wie z. B. Wasser, Schwefel und Quecksilber, sind im Erdgas kaum vorhanden. Durch die Gasaufbereitung und Verflüssigung ist LNG ein homogener Kraftstoff, der überwiegend aus Methan (in der Regel über 90 Prozent), besteht.

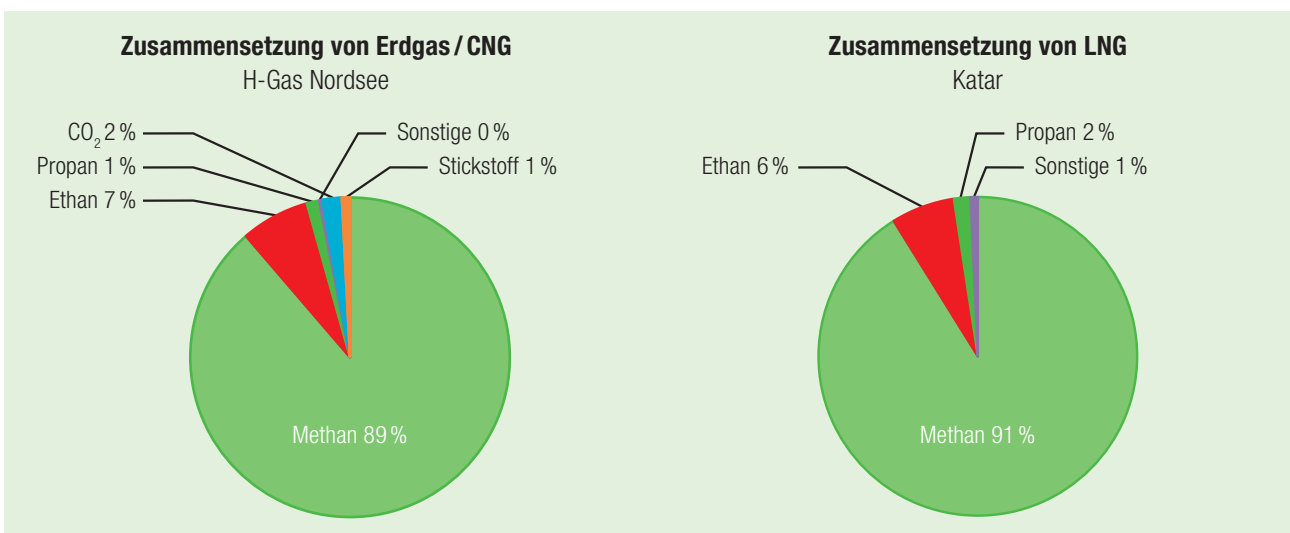


Abb. 5: Zusammensetzung von Erdgas / CNG und LNG

Quelle: [1]

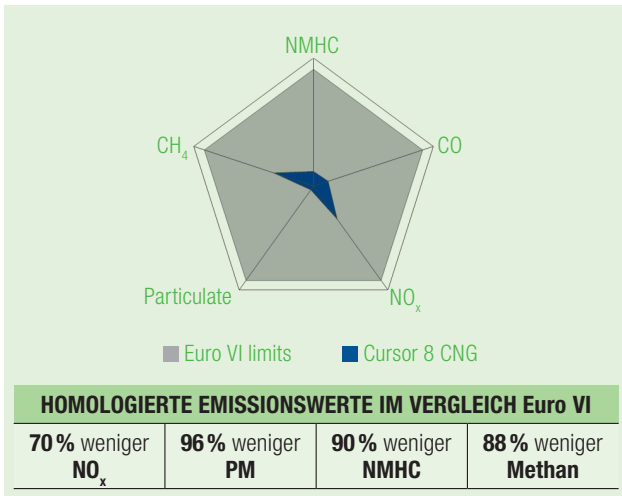


Abb. 6: Homologierte Emissionswerte Erdgasmotor (IVECO Cursor 8) im Vergleich zu Euro-VI-Grenzwerten Quelle: IVECO

Damit ist Methan (CH<sub>4</sub>) der Hauptbestandteil von LNG. LNG ist der fossile Energieträger mit dem geringsten Kohlenstoff-Wasserstoff-Verhältnis. Bei der Verbrennung von Methan entstehen etwa 25 Prozent weniger CO<sub>2</sub> als bei der Verbrennung von Dieseldieselkraftstoff in vergleichbar effizienten Verbrennungskraftmaschinen<sup>4</sup>.

Die in der EURO VI festgelegten Grenzwerte für Schadstoffe können durch die Nutzung von LNG als Kraftstoff deutlich unterschritten werden. Anders als bei Dieseldieselkraftstoffen entsteht bei der Nutzung von Erdgas als Kraftstoff so gut wie kein Feinstaub. Auch werden fast keine Stickoxide emittiert. Ebenso werden die Grenzwerte bei CO, CH<sub>4</sub> und NMHC<sup>5</sup> unterschritten. In Ballungsräumen mit hoher Feinstaub- und NO<sub>x</sub>-Belastung bringt der Einsatz von CNG und LNG sofort nachweisbare Verbesserungen. Durch eine vermehrte Nutzung von CNG in Pkw und leichten Nutzfahrzeugen als auch von LNG in schweren Lkw und bei Bussen würden diese positiven Effekte weiter deutlich verstärkt werden (Abb. 6).

Nach heutigem Stand der Technik werden gasförmige Kraftstoffe überwiegend in Otto-Motoren genutzt. Im Vergleich mit einem Dieselmotor emittiert ein Gasmotor (Ottoprozess) genau wie ein Benzinmotor deutlich weniger Lärm (Abb. 7).

Insbesondere nachts wird Lärm als störend wahrgenommen und ist gesundheitsgefährdend. Bei der Umstellung von einem Diesel- auf einen Gasantrieb kann eine deutliche Reduzierung der Lärmbelastungen im innerstädtischen Bereich erreicht werden. Gerade bei der Anlieferung von Waren in den Zentren von Großstädten und ihren Vororten tragen gasbetriebene Lkw zu geringeren Lärmemissionen bei. Bei einer Reduzierung der Geräuschemissionen um nur 5 dB wird die Lautstärke eines Lkw vom menschlichen Gehör nur noch als ein Drittel so laut empfunden.

4 CO<sub>2</sub>-Faktor Erdgas (Methan) = 55 g CO<sub>2</sub>/MJ, CO<sub>2</sub>-Faktor Diesel = 73 g CO<sub>2</sub>/MJ  
 5 CH<sub>4</sub> (Methan), NMHC (Non Methane Hydrocarbons), CO (Kohlenmonoxid), NO<sub>x</sub> (Stickoxide), Particulate (Feinstaub)

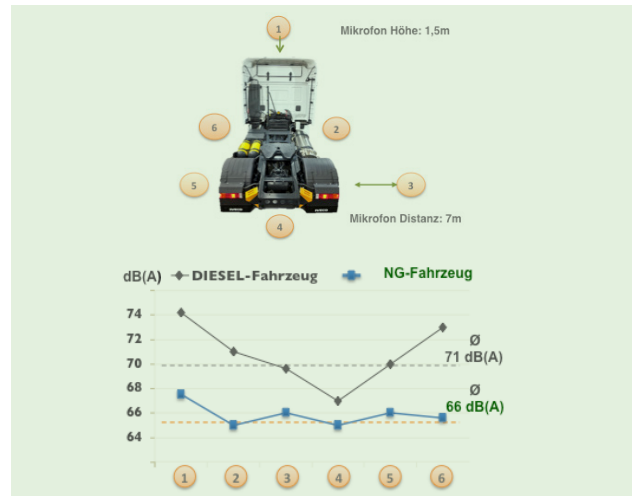


Abb. 7: Lärmemissionen Gas-Otto-Motor im Vergleich zu Diesel-Motor Quelle: IVECO

Eine alternative Technologie zum monovalenten Erdgasmotor mit Fremdzündung (Ottoprinzip) sind sogenannte Dual-Fuel-Motoren, die mit zwei Kraftstoffen betrieben werden. Eine Variante ist der HPDI-Motor (High Pressure Direct Injection). Dieser Motor ist ein Selbstzünder, d.h. er arbeitet nach dem Dieselpinzip. Hierbei verbrennt der HPDI-Motor Erdgas, benötigt aber für ein zündfähiges Gemisch eine Piloteinspritzung von Dieseldieselkraftstoff. Vorteilhaft ist der hohe Wirkungsgrad des Motors. Nachteilig ist, dass dieser Motor vergleichbar hohe Lärmemissionen verursacht wie ein Dieselmotor. Aktuell sind HPDI-Motoren in Vorbereitung, die die Anforderungen der Euro VI erfüllen. Sowohl der mit LNG betriebene Ottomotor als auch der HPDI-Motor haben noch Entwicklungsschritte vor sich, die die Motoren weiter optimieren und die das Potenzial zur Erhöhung von Effizienz sowie zur Reduzierung von Schadstoffen weiter verbessern.

**Well-to-Tank**

Um die Auswirkung von Antriebstechnologien zu beurteilen, müssen auch die Emissionen, die bei Produktion, Transport und Verteilung der Antriebsenergie anfallen, berücksichtigt werden. Bei allen Antriebstechnologien, sei es CNG/LNG, Diesel, Strom oder Wasserstoff, entstehen Treibhausgasemissionen bei der Herstellung der Antriebsenergie (Abb. 8).

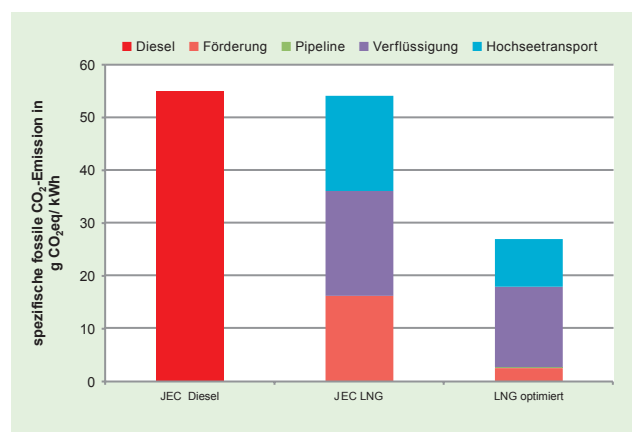


Abb. 8: Well-to-Tank-Emissionen von LNG Quelle: [1, 6]

Bei der Förderung, der Produktion und dem Seetransport von LNG sowie bei der Bereitstellung von LNG an der Tankstelle entstehen THG-Emissionen. Die Emissionen hängen ab von der Gasproduktion, der Gasaufbereitungs- und Gasverflüssigungstechnologie, dem Seetransport von LNG (Transportentfernung und Schiffstyp) und von der Art der Weiterverteilung, bis das LNG schließlich vertankt wird. Mit nicht optimierter Technologie entstehen bei der Produktion von LNG in etwa die gleichen THG-Emissionen wie bei der Produktion von Dieseldraftstoff. Moderne Förder- und Verflüssigungsanlagen haben eine bessere Energiebilanz als Anlagen aus den 1970er- und 1980er-Jahren. Heutige LNG-Tanker sind hocheffizient, verwenden Erdgas als Kraftstoff und emittieren vergleichsweise wenig CO<sub>2</sub>. Dadurch reduzieren sich die produktionsbedingten THG-Emissionen deutlich.

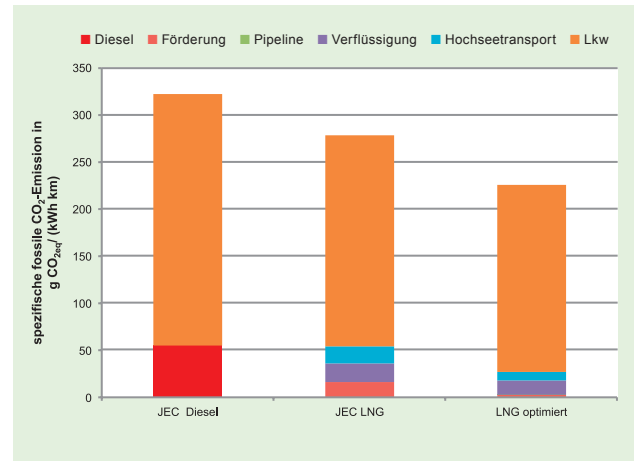


Abb. 9: Well-to-Wheel-Emissionen von LNG

Quelle: [1]

INFO

Exkurs Emissionsvergleiche

Direkte Treibhausgasemissionsvergleiche mit anderen Antriebsenergien und -technologien sind komplex, da sie von einer Vielzahl an Einflussgrößen bestimmt werden. Um zu aussagekräftigen Ergebnissen zu kommen, müssen ausgehend von einer einheitlichen Basis jeweils vergleichbare Daten genutzt werden, was häufig nicht der Fall ist. In Deutschland wird Strom heute zu etwa 30 Prozent aus erneuerbaren, also CO<sub>2</sub>-freien Energien erzeugt. Gut die Hälfte der deutschen Stromerzeugung wird fossil generiert und verursacht CO<sub>2</sub>-Emissionen. Dies muss in der Klimabewertung der verschiedenen Antriebstechnologien Strom, Wasserstoff, Diesel und CNG/LNG berücksichtigt werden.

In **Abbildung 10** werden die verschiedenen Kraftstoffoptionen im Blick auf THG-Emissionen miteinander verglichen. Bei Well-to-Wheel wäre der Energieträger Wasserstoff aus erneuerbaren Energien der treibhausgasärmste Kraftstoff. Nicht berücksichtigt ist die Effizienz der einzelnen Antriebstechnologien. So sind die energieträgerspezifischen Treibhausgasemissionen von Fahrstrom zwar höher als diejenigen von Dieseldraftstoff, aufgrund des effizienteren Antriebs liegen die WtW-Emissionen von E-Fahrzeugen aber schon heute etwa gleichauf mit verbrennungsmotorischen Antrieben. Niedrigere WtW-Emissionen als Dieseldraftstoffe weisen hingegen Gaskraftstoffe auf.

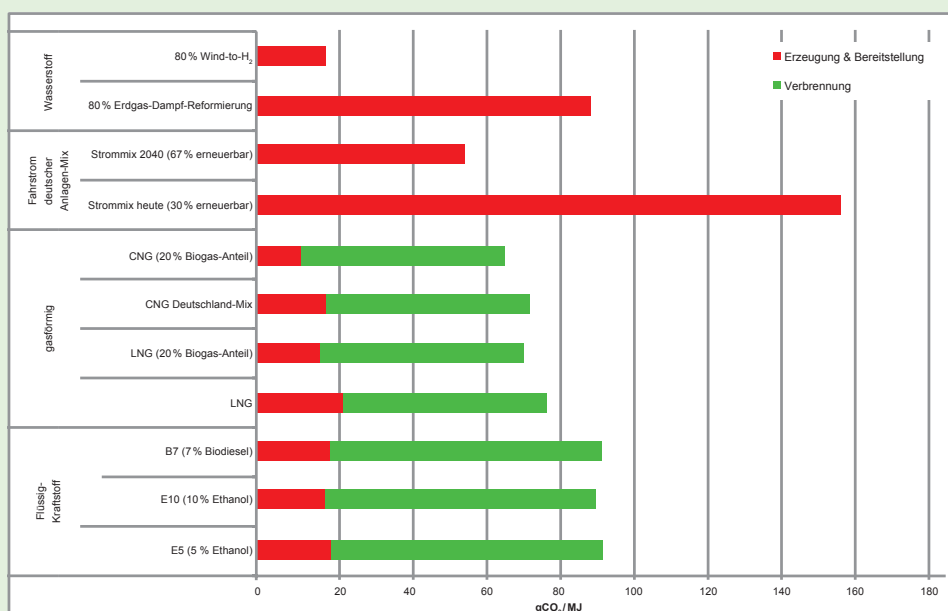


Abb. 10: Emissionsvergleich Antriebstechnologien

Quelle: [7]



### Well-to-Wheel

Eine fundierte Aussage zu Treibhausgasemissionen eines Kraftstoffes ergibt sich aber erst über die Berechnung der Emissionen entlang der gesamten Wertschöpfungskette von der Produktion bis zum Verbrennungsprozess, d. h. durch die Zusammenführung von Well-to-Tank- und Tank-to-Wheel-Emissionen entlang des gesamten Herstellungspfades. Well-to-Wheel-Emissionen von LNG sind in **Abbildung 9** dargestellt.

Bei Nutzung moderner Technologien liegen die THG-Emissionen von Well-to-Wheel bereits heute niedriger als bei Dieselmotorkraftstoff. Produktionsverfahren von LNG auf Basis von erneuerbaren Energien wie Biogas und die Umwandlung von überschüssigem erneuerbarem Strom über die Power-to-Gas-Technologie ermöglichen es, in den nächsten Jahren zunehmend auch nahezu klimaneutrales LNG als Kraftstoff zur Verfügung zu stellen.

### Infrastruktur

LNG als Kraftstoff ist als Technologie erprobt und schnell nutzbar. Für ein erstes LNG-Tankstellennetz in Deutschland, mit dem der Schwerlastverkehr und insbesondere die schweren, im Transit fahrenden Lkw versorgt werden könnten, sind aufgrund der hohen Reichweite der LNG-Lkw über Deutschland verteilt nur weniger als zehn Stationen für ein Grundnetz erforderlich. **Abbildung 11** zeigt die Tankstellen an strategischen Orten. Über einen mittelfristigen Ausbau des Netzes auf 40 LNG-Tankstellen könnte auch ein regionaler Lkw-Verkehr mitversorgt werden.

Im EU-geförderten „LNG Blue Corridor-Projekt“<sup>6</sup> sind europaweit rund 100 LNG-betriebene Lkw in der Erprobung. Untersuchungsergebnisse zeigen, dass ein durchschnittliches CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial je gefahrenem Kilometer von 15 Prozent [8] erreicht werden kann. Bezieht man das Einsparpotenzial von 15 Prozent auf die aktuellen Emissionen des Straßengüterverkehrs in Höhe von etwa 55 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>eq, so ergäbe sich bereits bei einem LNG-Marktanteil von 25 Prozent an der Lkw-Fahrzeugflotte eine Einsparung von etwa 2 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr.

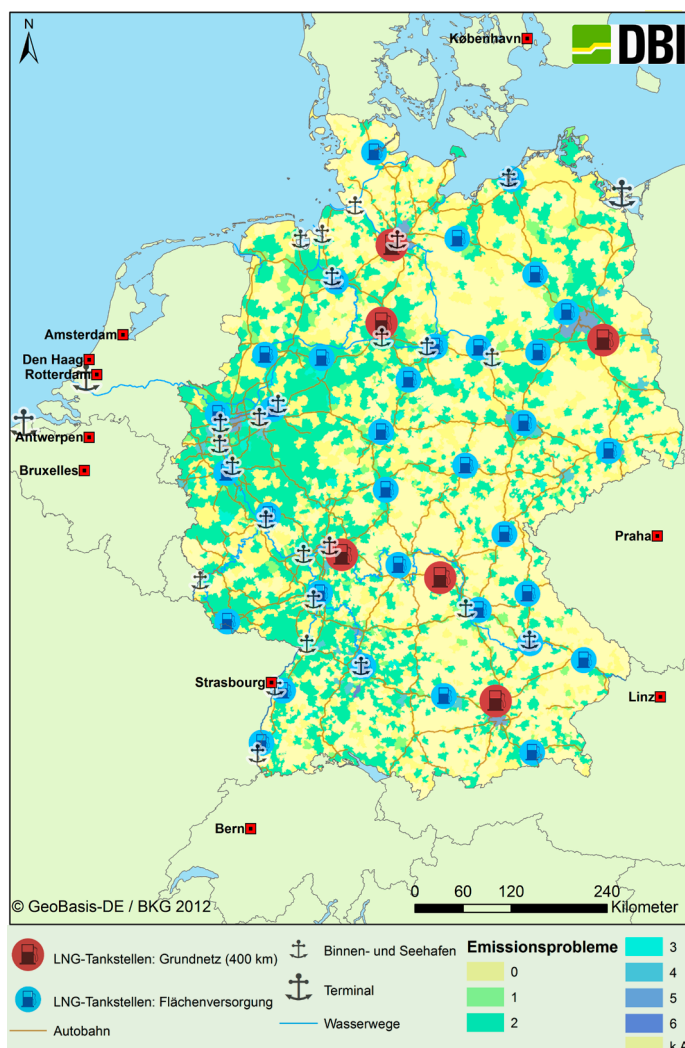


Abb. 11: Notwendige LNG-Tankstelleninfrastruktur in Deutschland

Quelle: [1]

## Literatur

- [1] DVGW et al. 2016: Potenzialanalyse LNG – Einsatz von LNG in der Mobilität, Schwerpunkte und Handlungsempfehlungen für die technische Umsetzung, Essen u. a. O., 2016.
- [2] UBA 2016: Schadstoff- und Treibhausgas-Emissionen des Straßenverkehrs. Straßengüterverkehr.
- [3] dena 2014: LNG in Deutschland: Flüssigerdgas und erneuerbares Methan im Schwerlastverkehr.
- [4] Bundesregierung 2010: Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, Berlin 2010.
- [5] UBA 2015: Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990–2014, Arbeitsstand: 25.11.2015, Dessau 2015.
- [6] JEC Well-to-Wheel analysis  
([http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/sites/iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/files/documents/report\\_2014/wtt\\_report\\_v4a.pdf](http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/sites/iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/files/documents/report_2014/wtt_report_v4a.pdf))
- [7] Shell Deutschland Oil GmbH 2016: Shell Nutzfahrzeug-Studie. Diesel oder alternative Antriebe. Womit fahren Lkw und Bus morgen? Fakten, Trends und Perspektiven bis 2040. Hamburg, 2016.
- [8] NGVA 2016: Natural & Bio Gas Vehicle Association. Report of activities 2015/2016. Brussels, 2016.

## Glossar

### *Abgasnorm EURO VI*

Die Schadstoffemissionen von schweren Nutzfahrzeugen (Lastkraftwagen und Busse) werden durch europaweite Richtlinien und Verordnungen reguliert. Seit dem 31. Dezember 2012 (Typprüfung) bzw. seit dem 31. Dezember 2013 (Serienprüfung) gilt die Abgasnorm Euro VI. Diese wurde unter EG (Nr.) 595/2009 im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlicht.

### *CNG*

CNG (Compressed Natural Gas) ist komprimiertes Erdgas, das für die Verwendung als Kraftstoff auf ca. 200 bar verdichtet und in Drucktanks gespeichert wird.

### *Fahrleistung*

Die Fahrleistung misst die mit einem Güterfahrzeug erbrachte Fahrzeugfahrleistung. Im Straßengüterverkehr bezieht sich die Fahrleistung auf alle Nutzfahrzeugklassen. Sie umfasst alle Fahrten, also Ladungs- und Leerfahrten, und die dabei zurückgelegten Entfernungen. Die Fahrleistung wird in der Regel in Milliarden Fahrzeugkilometern pro Jahr angegeben.

### *Güterverkehrsaufkommen*

Das Güterverkehrsaufkommen umfasst die Menge der in Deutschland transportierten Güter und wird in Millionen Tonnen angegeben.

### *Güterverkehrsleistung*

Die Güterverkehrsleistung umfasst die Menge der in Deutschland transportierten Güter und die Entfernung, über die die Güter transportiert werden. Die Güterverkehrsleistung wird in Milliarden Tonnenkilometern angegeben.

### *High Pressure Direct Injection*

Motorenkonzept, das als Selbstzünder, d. h. nach dem Dieselpinzip arbeitet. Hierbei verbrennt der HPDI-Motor Erdgas, benötigt aber für ein zündfähiges Gemisch eine Beimischung von Dieselpkraftstoff.

### *LNG*

LNG (Liquefied Natural Gas) ist verflüssigtes Erdgas bei einem atmosphärischen Siedepunkt von  $-161\text{ °C}$ . Teilweise wird das LNG auch bei etwas höheren Temperaturen von bis zu  $-130\text{ °C}$  und moderatem Druck gespeichert.  $1\text{ m}^3$  LNG entspricht bis zu  $600\text{ m}^3$  Erdgas in gasförmiger Form.

### *LNG Blue Corridors Projekt*

Im Rahmen des EU-Förderprojektes „LNG Blue corridors“ werden entlang der europäischen Hauptverkehrsrouten sowohl mehrere LNG-Tankstellen errichtet als auch die Praxistauglichkeit von LNG-betriebenen Lkw unter Beweis gestellt.

### *P-t-G*

Power-to-Gas-Technologie zur Umwandlung von Strom zu Gas mittels Elektrolyse.

### *Tank-to-Wheel-Emissionen*

Die Summe aller direkten und indirekten Emissionen eines Energieträgers über den Pfad der Energieträgerspeicherung im Fahrzeug und der Umwandlung des Energieträgers in Bewegungsenergie durch die Antriebstechnologie.

### *Well-to-Tank-Emissionen*

Die Summe aller direkten und indirekten Emissionen eines Energieträgers über den Pfad der Energieträgergewinnung bis zur Energieträgerbereitstellung im Fahrzeug.

### *Well-to-Wheel-Emissionen*

Die Summe aller anfallenden direkten und indirekten Emissionen über den kompletten Pfad der Bereitstellung eines Energieträgers bis zur Umwandlung des Energieträgers in Bewegungsenergie durch die Antriebstechnologie.

## Über die Taskforce LNG für schwere Nutzfahrzeuge

Die Deutsche Energie-Agentur (dena), der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) und die Brancheninitiative Zukunft ERDGAS haben am 30. November 2015 in Berlin die Taskforce LNG für schwere Nutzfahrzeuge gegründet. Gemeinsam wollen die drei Verbände die Grundlagen dafür entwickeln, dass Liquefied Natural Gas (LNG) als Kraftstoff im deutschen Markt eingeführt wird. Die Taskforce ist Teil der bereits bestehenden Initiative Erdgasmobilität, die Fahrzeughersteller, Tankstellenbetreiber sowie Erdgas- und Biogaswirtschaft vereint und durch die dena koordiniert wird.

Die Partner wollen gemeinsam Markthindernisse abbauen, der Politik Empfehlungen aussprechen, Standards und Normen entwickeln, erste Projekte umsetzen, eine Mindestinfrastruktur ausbauen und über Aktivitäten zu LNG informieren. Bislang fehlte hierfür in Deutschland eine entsprechende nationale Kompetenzstelle. Diese Lücke will die Taskforce unter der Schirmherrschaft des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) und mit Unterstützung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) nun schließen.