

## Fact Sheet

# Methanemissionen bei der Nutzung von LNG als Kraftstoff für Lkw



# Inhalt

<b>1. Einführung</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Grundlagen</b> .....	<b>4</b>
<b>3. Methanemissionen</b> .....	<b>6</b>
3.1. Vorkettenemissionen: Well-to-Tank (W-t-T) .....	6
3.1.1. Gasproduktion, -aufbereitung und -verflüssigung .....	9
3.1.2. Transport (LNG-Tanker).....	9
3.1.3. Gasspeicherung und -verteilung .....	9
3.1.4. Tankstelle (LNG-Tank und Kraftstoffabgabe) .....	10
3.2. Tank-to-Wheel (T-t-W) .....	11
3.2.1. Motorische Verbrennung .....	11
3.2.2. Sonstige Methanemissionen .....	14
3.3. Gesamtbereitstellungskette: Well-to-Wheel (W-t-W) .....	15
3.4. Wirkung von Methanemissionen.....	16
<b>4. Maßnahmen von Unternehmensseite</b> .....	<b>16</b>
<b>5. Fazit</b> .....	<b>17</b>
<b>6. Literatur und Quellen</b> .....	<b>19</b>

---

## 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@dvwg.de](mailto:info@dvwg.de)  
Internet: [www.dvgw.de](http://www.dvgw.de)

### *Kontakt*

Dr. Dietrich Gerstein                      Frederik Brandes  
E-Mail: [gerstein@dvwg.de](mailto:gerstein@dvwg.de)                      E-Mail: [brandes@dvwg.de](mailto:brandes@dvwg.de)

## 1. Einführung

Weltweit wird an der Einführung und verstärkten Nutzung von LNG als umweltfreundlicher Kraftstoff in der Schifffahrt und bei schweren Lkw gearbeitet. Auch in Europa und Deutschland werden Mobilitätskonzepte auf Basis von LNG bereits intensiv genutzt. Europaweit sind etwa 5.000<sup>1</sup> LNG-betriebene Lkw im Einsatz. Auch als Kraftstoff für Schiffe steht LNG in den Startlöchern. In Deutschland wird aktuell ein LNG-Tankstellennetz für den Schwerlastverkehr aufgebaut (Abb. 1).



Abb. 1: LNG-Tankstellen in Deutschland

Quelle: [1]

Aus technischer und operativer Sicht ist eine flächendeckende Nutzung von LNG als Kraftstoff schnell umsetzbar. Die Technologie für Infrastruktur und Fahrzeuge ist bereits heute verfügbar. LNG-Importterminals, über die LNG für Deutschland zur Verfügung gestellt werden kann, gibt es derzeit in Belgien, in den Niederlanden und in Polen, werden aber auch in Deutschland an den Standorten Stade, Brunsbüttel, Wilhelmshaven und Rostock diskutiert bzw. bereits umgesetzt.

1 <https://www.valves-community.com/tiefkalt-verfluessigtes-erdgas/lng-tankstelle/> (Zugriff am 11.02.2020).

2 [www.thinkstep.com](http://www.thinkstep.com)

3 Das Treibhauspotenzial, welches Methan zugeschrieben wird, hängt erheblich vom betrachteten Zeitraum ab. Der 4. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) Assessment Report (2007) schätzt das Treibhauspotenzial von Methan über einen Zeitraum von 100 Jahren als 25-fach gegenüber CO<sub>2</sub> ein, über einen Zeitraum von 20 Jahren als 72-fach. Im 5. IPCC Assessment Report (2013) wurden diese Werte angepasst und es wird nunmehr von einer 28- bis 34-fach höheren Wirkung gegenüber CO<sub>2</sub> über einen Zeitraum von 100 Jahren ausgegangen.

LNG als Kraftstoff verbrennt sehr sauber. Luftschadstoffemissionen wie Stickstoffdioxid und Feinstaub werden im Vergleich zu Kraftstoffen aus Mineralöl weiter verringert. Auch wird bei der Nutzung von LNG die Belastung der Atmosphäre mit dem Treibhausgas CO<sub>2</sub> reduziert. Bei der motorischen Verbrennung von LNG entsteht deutlich weniger CO<sub>2</sub> als bei der Nutzung von Diesel. Der Umfang der Entlastung ist aber auch abhängig von Produktion und Transport des LNG, da in diesen Prozessstufen wiederum CO<sub>2</sub> und auch CH<sub>4</sub> (Methan), welches ebenfalls als Treibhausgas (THG) wirkt, emittiert werden. Dies ist bei der heute üblichen Produktion von LNG aus fossilem Erdgas der Fall. Wird Gas allerdings aus biologischen Reststoffen gewonnen und BioLNG produziert oder LNG über Power-to-Gas-Verfahren aus erneuerbaren Energien synthetisch hergestellt, ist eine THG-neutrale Nutzung möglich.

Mit diesem Fact Sheet werden aktuelle Daten zur THG-Bilanz der Verwendung von LNG als Kraftstoff aufgezeigt und die gesamte Wertschöpfungskette von Produktion bis zur Nutzung betrachtet. Aufgrund der hohen Klimawirksamkeit von Methan wird der Schwerpunkt dabei auf die Emissionen von Methan und deren Bewertung gelegt.

Die im Fact Sheet dargestellten Daten basieren im Wesentlichen auf Untersuchungen und Analysen des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW), des Deutschen Brennstoffinstituts (DBI) und des Engler-Bunte-Instituts (EBI) sowie des auf solche Analysen spezialisierten Unternehmens thinkstep<sup>2</sup>. Diese Angaben werden ergänzt durch Informationen von LNG-Produzenten und -Anbietern sowie von Fahrzeugherstellern.

## 2. Grundlagen

Erdgas besteht im Wesentlichen aus Methan (CH<sub>4</sub>). Bei seiner vollständigen Verbrennung entsteht CO<sub>2</sub> (Kohlendioxid) und H<sub>2</sub>O (Wasser). Fossiles LNG ist verflüssigtes Erdgas (Liquefied Natural Gas). Die Verflüssigung ermöglicht den weltweiten Transport von Erdgas in Schiffen über lange Distanzen.

CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> sind Treibhausgase und tragen zur Erwärmung der Erdatmosphäre bei. CO<sub>2</sub> sammelt sich in der Atmosphäre und verbleibt dort beinahe unbegrenzt. Methan zerfällt (oxidiert) in der Atmosphäre nach etwa 12 bis 15 Jahren in Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Wasserstoff. Kurzfristig hat Methan ein deutlich höheres Treibhauspotenzial oder Global Warming Potential (GWP) als CO<sub>2</sub><sup>3</sup>. Über einen Zeitraum von 100 Jahren gerechnet (GWP 100) ist die Wirkung des Methans 28- bis 34-fach höher als die von CO<sub>2</sub>. Über einen Zeitraum von 20 Jahren (GWP 20) hat Methan sogar eine um 84- bis 86-fach höhere Wirkung als CO<sub>2</sub>. Im Kyoto-Protokoll und durch das International Panel on Climate Change (IPCC) wird bei Vergleichen von CO<sub>2</sub>-Treibhausgaswirkungen und jenen von CH<sub>4</sub>

die Anwendung des Faktors über einen Zeitraum von 100 Jahren empfohlen. Ein weiteres Treibhausgas ist Lachgas, das zwar eine hohe Klimawirksamkeit hat, aber nur in sehr geringen Mengen emittiert wird.

Die größte durch den Menschen verursachte (anthropogene) Quelle für den direkten Ausstoß von Methan in die Atmosphäre ist die Viehzucht. Des Weiteren entstehen Methanemissionen bei industriellen Prozessen wie z. B. dem Steinkohlebergbau und bei biologischen Zersetzungsprozessen (z. B. Mülldeponie, Klärschlamm). Auch entlang der gesamten Erdgasversorgungskette, von der Förderung bis zum Endverbrauch, kommt es zu Emissionen von Methan in die Atmosphäre. Nach dem 2018 erschienenen „Annual European Union Greenhouse Gas Inventory 1990–2016“ der European Environment Agency trägt Erdgas zu rund 6 Prozent zu den Methanemissionen in Europa bei (Abb. 2).

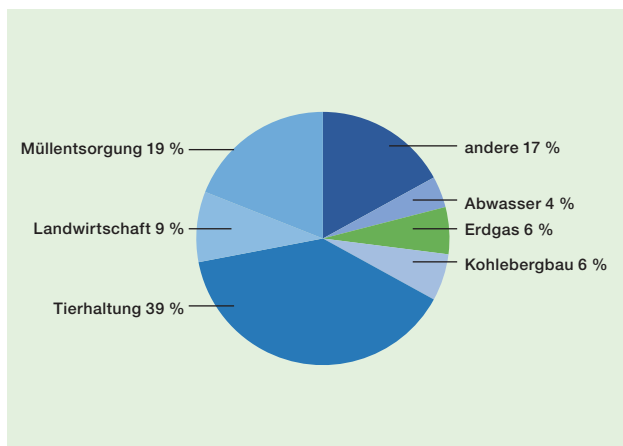


Abb. 2: Anthropogene Methanemissionen (2016) in Europa nach Quellen *Quelle: [2]*

Erdgas wird als CNG komprimiert gasförmig und als LNG verflüssigt als Kraftstoff genutzt. Dabei werden CO<sub>2</sub> und Methan entlang der gesamten Wertschöpfungskette emittiert (Abb. 3). CO<sub>2</sub> entsteht hierbei überwiegend bei Verbrennungsprozessen, während Methan in geringen Mengen z. B. bei Undichtigkeiten entlang der Erdgaslieferkette vom Bohrloch über den Transport durch Pipelines bis zum Verbraucher und auch im Motor entweichen kann. Emissionen der Vorkette werden als Well-to-Tank-Emissionen bezeichnet, Emissionen bei der Nutzung bzw. Verbrennung des Kraftstoffes als Tank-to-Wheel-Emissionen. Über die gesamte Kette betrachtet spricht man von Well-to-Wheel-Emissionen.

### 3. Methanemissionen

#### 3.1. Vorkettenemissionen: Well-to-Tank (W-t-T)

Um das Treibhauspotenzial von verschiedenen Treibhausgasen vergleichbar zu machen, werden diese in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten dargestellt, d. h. Klimagase werden mit ihrem Wirkungsfaktor multipliziert und auf CO<sub>2</sub> „normiert“.

Abbildung 4 zeigt die CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>-eq) der Emissionen von Methan, Lachgas und CO<sub>2</sub>, die bei der Nutzung von LNG als Kraftstoff auf die Vorkette entfallen. Von den rund 72 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh entfallen dabei 25 Prozent auf Methan und beinahe 75 Prozent auf CO<sub>2</sub>, Lachgas spielt so gut wie keine Rolle. Methan entweicht zwar in deutlich geringeren Mengen in die Atmosphäre als CO<sub>2</sub>, aufgrund seiner höheren Wirkung in der Atmosphäre erreicht der Anteil der durch Methan induzierten THG-Emissionen dennoch ein Viertel der gesamten Emissionen der Vorkette.

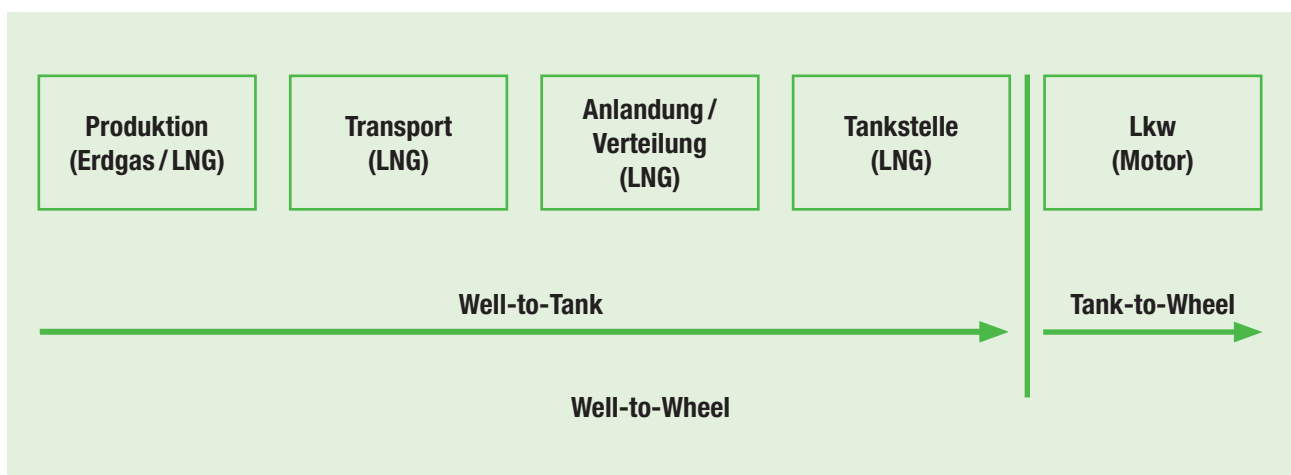


Abb. 3: Wertschöpfungskette bei LNG

*Quelle: [3]*

4 IPCC, 2014: Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Hauptautoren, R.K. Pachauri und L.A. Meyer (Hrsg.)]. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2016, S. 93.

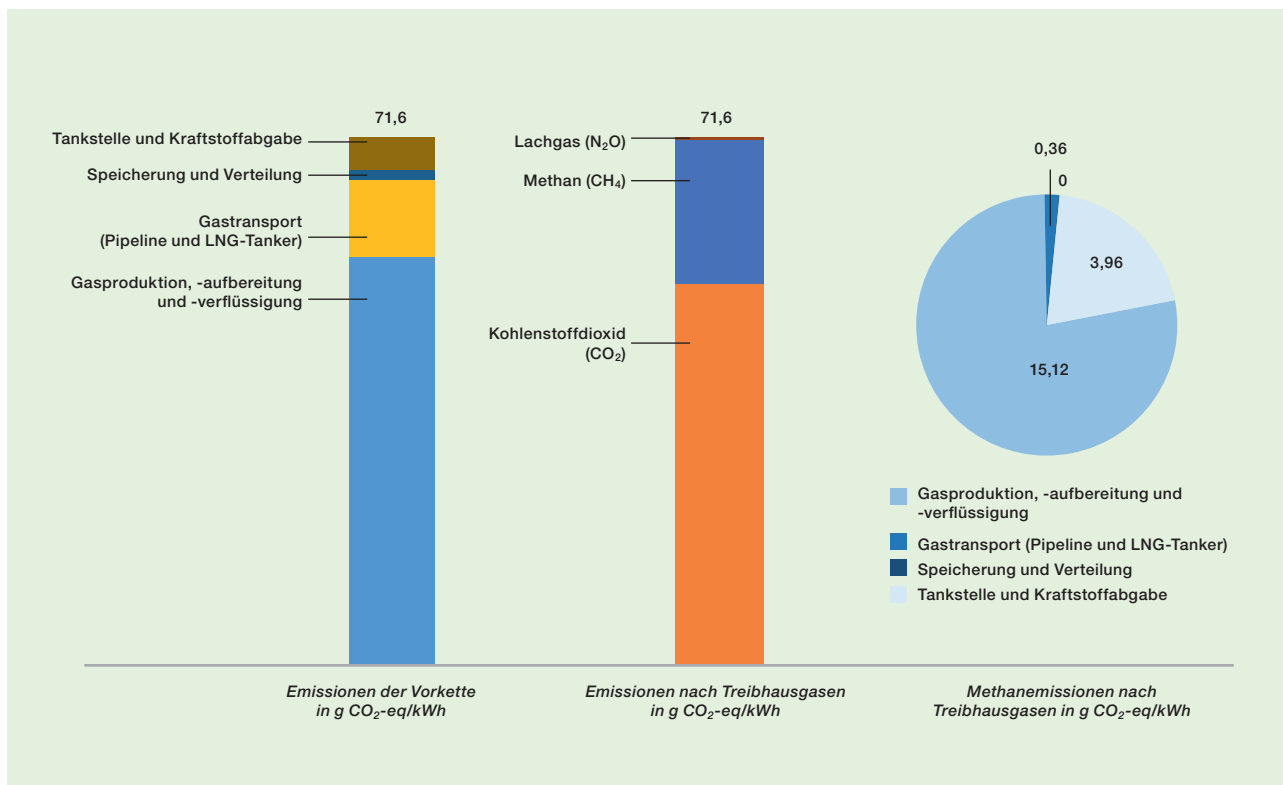


Abb. 4: Emissionen von LNG-Lieferungen nach Europa (W-t-T, Durchschnitt EU)

Quelle: [4]

Treibhausgasemissionen sind in Abhängigkeit vom LNG-Lieferland sehr unterschiedlich. Wesentliche Faktoren sind der Seetransport und hier die Entfernung zwischen Herkunfts- und Empfängerland, die Verflüssigungstechnologie und die Erdgasförderung (konventionell oder unkonventionell, z. B. über Fracking). In Abbildung 4 sind daher Durchschnittswerte genannt, die diese Faktoren berücksichtigen und LNG-Lieferungen aus verschiedenen Quellen für die Länder der EU repräsentieren. Abbildung 5 vergleicht Treibhausgasemissionen für LNG-Importe in Abhängigkeit vom Lieferland und zeigt die Unterschiede bei den Lieferketten. Maßgeblichen Einfluss haben hierbei die Transportentfernung und die jeweilige Art der Gasproduktion.

Bei Methanemissionen, die in der Vorkette (blauer Block in Abbildung 4) entstehen, sind wiederum die einzelnen Prozessschritte zu betrachten. Abbildung 4 zeigt die absoluten Werte für Methanemissionen, die bei der Tankstelle und der Kraftstoffabgabe, der Speicherung und Verteilung, dem Gastransport (Pipeline, LNG-Tanker) und bei der Gasproduktion, -aufbereitung und -verflüssigung auftreten als Durchschnittswerte für europäische Lieferketten.

Bezogen auf die Masse des im Lkw als Kraftstoff genutzten LNG entweichen rund 1,1 Prozent des LNG bis zur Bereitstellung im Fahrzeugtank in die Atmosphäre. Dabei entfällt der weitaus größte Anteil auf Gasproduktion, -aufbereitung und -verflüssigung (0,84 %). Ebenso entweicht Methan in die Atmosphäre bei

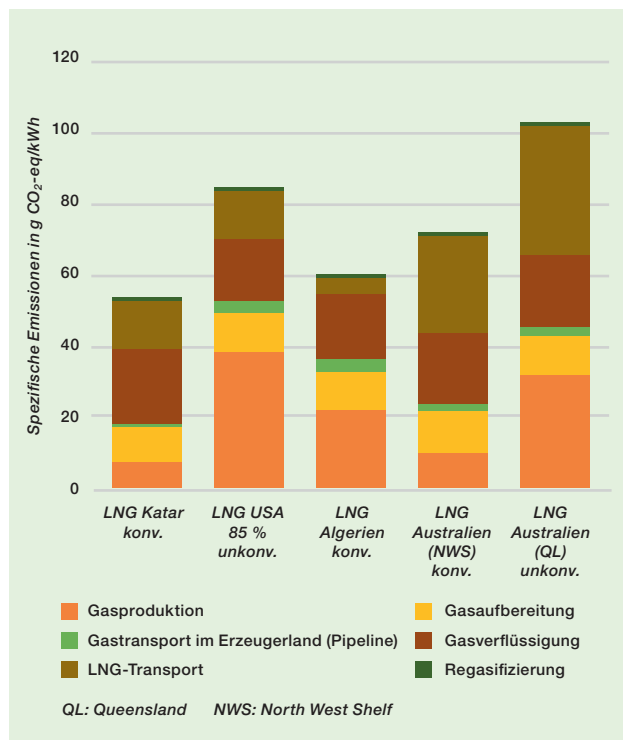


Abb. 5: THG-Emissionen von LNG-Lieferungen nach Europa nach Lieferquellen

Quelle: [4, 5]

der Tankstelle und der Kraftstoffabgabe (0,21 %). Andere Methanemissionen bei der Gasspeicherung und -verteilung und beim Transport (Pipeline, LNG-Tanker) sind hingegen sehr gering.

[g CH <sub>4</sub> / g LNG im Tank]	% LNG im Tank
Kraftstoffverteilung und -abgabe	0,21
Speicherung und Verteilung	0,002
Gastransport (Pipeline, LNG-Tanker)	0,021
Gasproduktion, -aufbereitung und -verflüssigung	0,84
<b>Gesamt</b>	<b>1,073</b>

Tab. 1: Methanemissionen Well-to-Tank

Quelle: [4]

### 3.1.1. Gasproduktion, -aufbereitung und -verflüssigung

Erdgas ist ein natürliches Gasgemisch, das aus untertägigen Lagerstätten über Bohrungen gefördert wird. Im auf die eigentliche Förderung folgenden Prozessschritt wird Erdgas dann aufbereitet und gereinigt. Zur Umwandlung in LNG wird Erdgas in einem weiteren Schritt über einen Kälteprozess gekühlt. Bei Atmosphärendruck und einer Temperatur von -162 °C geht Erdgas in die flüssige Phase über.

Durch störungsbedingte Undichtigkeiten und Leckagen an Anlagen und Maschinen kann hierbei Methan freigesetzt werden und in die Atmosphäre entweichen. Mit heutiger moderner Technolo-

gie können Methanemissionen bei Gasproduktion, -aufbereitung und -verflüssigung deutlich verringert werden. Die Industrie arbeitet daran, diese sogenannten diffusen Methanemissionen weiter zu reduzieren. In Europa konnten diffuse Methanemissionen zwischen 1990 und 2016 bereits um über 50 Prozent reduziert werden<sup>5</sup>. Ein Element hierbei ist die verbesserte Messung der Emissionen und die Einführung von Standards zur Reduzierung von Methanemissionen.

### 3.1.2. Transport (LNG-Tanker)

Für den Transport von LNG aus den Lieferländern werden spezielle LNG-Tanker eingesetzt. Trotz Isolierung erwärmt sich das LNG langsam und verdampft, es bildet sich sogenanntes Boil-Off-Gas (BOG). In den Tanks von Tankschiffen erreicht die Boil-Off-Rate 0,05 bis 0,15 Prozent/Tag. BOG-Management-Systeme nutzen dieses Gas entweder als Kraftstoff für die Schiffsmotoren oder verflüssigen es an Bord und führen es dem LNG-Tank wieder zu. Es entweicht nahezu kein Methan in die Atmosphäre.

### 3.1.3. Gasspeicherung und -verteilung

Am Entladeterminal angekommen, wird das LNG über Rohrleitungen in isolierte Lagertanks gepumpt. Trotz Isolierung kommt es zu einem Wärmeeintrag in den Tank und LNG verdampft. Das entstehende BOG wird dort häufig direkt in das Erdgasnetz eingespeist. Manche Terminals verfügen auch über eigene Rück-

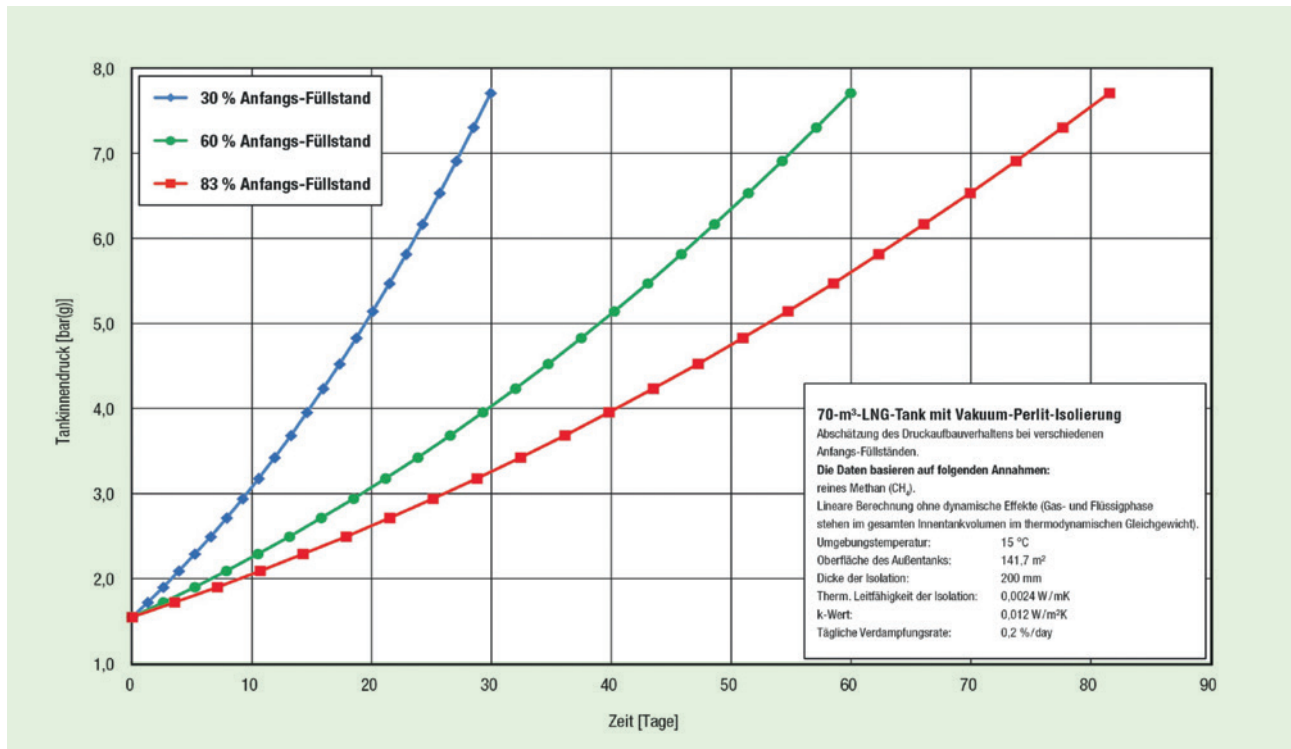


Abb. 6: Abschätzung des Druckaufbauverhaltens bei verschiedenen Anfangsfüllständen

Quelle: [6]

5 European Environment Agency (EEA); Annual European Union greenhouse gas Inventory 1990-2016 and inventory report 2018.

verflüssigungsanlagen, mit denen das BOG rückverflüssigt und wieder in den Tank geleitet werden kann. Die Methanemissionen gehen gegen null.

Für die Nutzung als Kraftstoff wird LNG auf kleinere Schiffe oder Tanklastwagen umgeladen und zu LNG-Tankstellen weiterverteilt. Auch in diesem Prozessschritt werden Methanemissionen fast vollständig vermieden.

### 3.1.4. Tankstelle (LNG Tank und Kraftstoffabgabe)

An den Tankstellen wird LNG in vakuumisolierten Tanks mit üblicherweise 20 bis 80 m<sup>3</sup> geometrischem Volumen gelagert. Die Tanks bestehen aus einem Innenbehälter, der als Druckbehälter für einen inneren Überdruck von bis zu 18 bar ausgelegt ist, und einem Außenbehälter, der die Isolierung aufnimmt. Die Betriebstemperatur variiert zwischen etwa -160 °C und -120 °C. Druck, Temperatur und Füllstand werden kontinuierlich überwacht<sup>6</sup>. Im Tank der Tankstelle kann LNG bis zu mehreren Wochen gelagert werden, bevor der Druckanstieg im Tank einen kritischen Wert erreicht und ein Öffnen der vorgeschriebenen Sicherheitsventile auslöst (Abb. 6). Durch Füllung des Tanks mit kälterem LNG sinkt die Temperatur und damit der Druck deutlich ab, sodass ein kritischer Zustand vermieden werden kann.

Um auch über noch längere Zeiträume ein Verdampfen des LNG und damit einen zu hohen Druckaufbau im Tank und evtl. notwendiges Abblasen zu verhindern, kann für die Kühlung des LNG Stickstoff genutzt werden. Es besteht darüber hinaus die Möglichkeit, den überschüssigen Druck im Tank durch Überströmen in andere Behälter (z. B. Tankfahrzeuge) zu reduzieren oder den Tank zu entleeren. Sollte es dennoch notwendig werden, zum Schutz des Tanks Gas abzublasen, kann dies über eine Sicherheitsfackel erfolgen. Dabei wird das Methan verbrannt und CO<sub>2</sub> emittiert. Alle Leitungsanschlüsse eines LNG-Tanks sind mit Absperrventilen ausgestattet, damit das Entweichen des LNG im Notfall verhindert werden kann.

Damit keinerlei Undichtigkeit und somit kein Entweichen von Methan in die Atmosphäre möglich ist, werden Fahrzeugtank und Befüllschlauch vor dem Betanken des Lkw mit Stickstoff oder Druckluft ausgeblasen und so die Dichtflächen gereinigt und entfeuchtet. Vor der Betankung wird zudem die Tankstellenpumpe gekühlt, indem man geringe Mengen LNG in ihr verdampfen lässt. Dieses Gas wird in den Tank zurückgeführt und verflüssigt sich dort wieder.

Sollte der Druck im Fahrzeugtank zu hoch sein, um den Tankvorgang ordnungsgemäß zu starten, wird der Druck aus dem Lkw-Tank in den Lagertank der Tankstelle über ein geschlosse-

nes System ausgeglichen und ein Entweichen von Methan hierdurch vermieden. Um ein Freisetzen von LNG zu verhindern, sind die Schläuche zudem mit einem Füllstutzen versehen, der erst geöffnet werden kann, wenn die Schläuche ordnungsgemäß am Tank angebracht sind. Der Stutzen schließt sich wieder, wenn die Schläuche gelöst werden. Bei der Erstbefüllung des Lkw-Tanks werden die Tankkomponenten gekühlt, indem man geringe Mengen LNG in ihnen verdampfen lässt. Dieses Gas wird in den Lagertank der Tankstelle zurückgeführt.

Bei der Übertragung des Kraftstoffs von der Tankstelle in den LNG-Tank des Lkw können geringe Methanemissionen lediglich am Ende des Betankungsvorganges beim Abkuppeln von Zapfpistole und Lkw-Tank entstehen. Damit bei einer plötzlichen Beschädigung, beispielsweise durch das Wegrollen eines tankenden Lkw, keine größeren Methanmengen entweichen, gibt es an den Füllrichtungen zusätzliche Sicherheitstrennkupplungen.

Grundsätzlich gilt, dass sowohl bei der Betankung eines Lkw als auch bei der Befüllung des Lagertanks der Tankstelle alle Methangase zurück in den Speichertank geführt werden.

## 3.2. Tank-to-Wheel (T-t-W)

### 3.2.1. Motorische Verbrennung

Bei der Verbrennung von LNG bzw. Gas im Motor entsteht wie bei der Nutzung von Diesel oder Benzin als Kraftstoff überwiegend CO<sub>2</sub>. Der Anteil von Methan an den Gesamtemissionen des Verbrennungsprozesses ist gering. Abbildung 7 zeigt dies am Beispiel von Gas-Otto-Motoren.

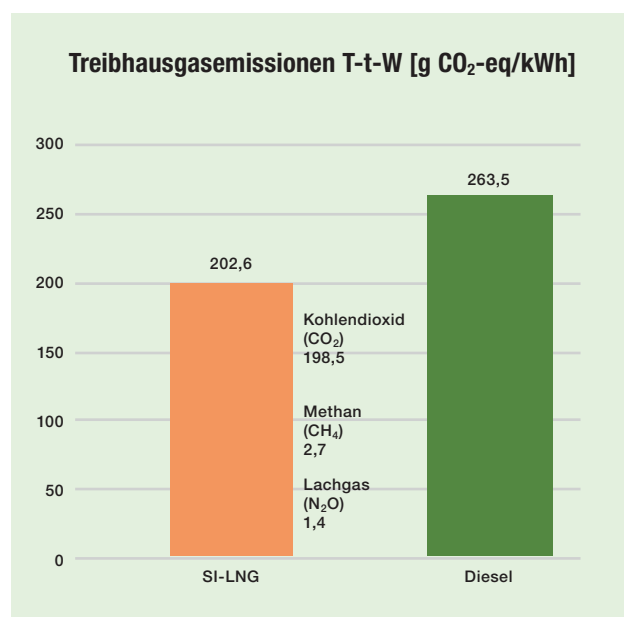


Abb. 7: THG-Emissionen von CO<sub>2</sub>, Methan und Lachgas bei der motorischen Verbrennung von LNG, ottomotorischer Prozess (SI-LNG)  
Quelle: [4]

<sup>6</sup> DVGW e.V. (Hrsg.): Genehmigungsleitfaden für LNG/LCNG-Tankstellen. Technische, sicherheitsrelevante und genehmigungsrechtliche Grundlagen.

Zu Methanemissionen bei den Motoren kommt es durch das technisch bedingte, flüchtige Entweichen von Methan beim Verbrennungsprozess („Methanschluß“). In Motoren sind Zonen vorhanden, in denen der Brennstoff nicht vollständig umgesetzt wird und Methan entweicht. Moderne Motorarchitekturen ermöglichen es jedoch, das Methan aufzufangen und in den Tank zurückzuführen.

Eine weitere in LNG-Lkw angebotene Technologie basiert auf dem Gas- und Diesel-Mischbetrieb, den sogenannten HPDI<sup>7</sup>-Gasmotoren. Dabei werden geringe Mengen Diesel zusammen mit dem Gas in den Motor eingespritzt, um die Selbstzündung zu ermöglichen. Diese Technik verfügt über die Return-to-Tank-Technologie (RTT), bei der im Motor nicht verbranntes Methan zum Tank zurückgeführt wird. Dies trägt wesentlich zur Minimierung des Methanschlußes bei. Abbildung 8 zeigt die Methanemissionen, die während des Betriebs und beim Abschalten des Motors als flüchtige Emissionen austreten mit (rot) und ohne (blau) Verwendung der RTT-Technologie.

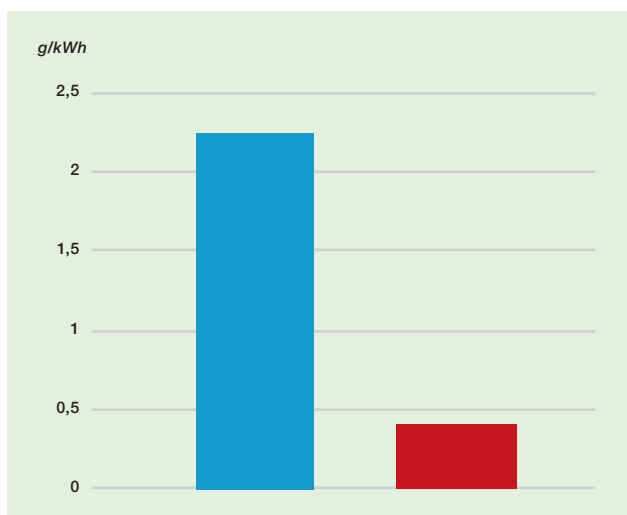


Abb. 8: Methanemissionen bei der Kraftstoffverbrennung [g/kWh], mit (rot) und ohne (blau) RTT (Volvo) [5] Quelle: [7]

Auch für Otto-Motoren haben Fahrzeughersteller technische Lösungen entwickelt, welche Methanemissionen im Motor nahezu vollständig vermeiden. Methan im Abgasstrom kann durch eine Abgasnachbehandlung im Katalysator minimiert werden. Eine Technologie ist der Methane Abatement Catalyst (MAC), bei dem das entweichende Methan katalytisch in CO<sub>2</sub> und Wasser oxidiert wird. Durch die Abgasnachbehandlung wird eine deutliche Reduktion der Emissionen unverbrannten Methans erreicht. Im Fahrzeug und dessen Motor treten neben dem Methanschluß keine weiteren Methanemissionen auf, da alle anderen Methanaustritte aufgefangen und in den Tank zurückgeleitet werden.

7 High Pressure Direct Injection. Dieser Motor arbeitet als Selbstzünder nach dem Dieselpinzip, anders als der SI Motor, der fremdgezündet wird und nach dem Ottopinzip arbeitet.

Trotz der guten Isolierung von LNG-Tanks an den Fahrzeugen kommt es zu einer Wärmeübertragung auf das LNG. Wird LNG nicht regelmäßig verbraucht und der Tank wieder neu befüllt, verdampft LNG zu BOG (Boil of Gas), was zu einem Druckanstieg im Tank führt. Bei Überschreitung des zulässigen Drucks im Tank kann im Notfall ein Abblasen notwendig werden, wobei Methan in die Atmosphäre entweicht. Im Normalfall wird BOG beim Tankvorgang in den Tank der Tankstelle zurückgeführt. Schwere Lkw sind zudem permanent in Betrieb und es ist sehr unwahrscheinlich, dass es überhaupt zu einem zu großen Druckanstieg im Tank des Lkw kommt. Auch wird der Druckverlauf im Tank, z. B. eines LNG-Lkw mit HPDI-System, in einem Fahrerhandbuch mittels einer Tabelle zur Gasdruckplanung zusammengefasst. Damit kann der Fahrer oder die Fahrerin des Lkw aus der Druckanzeige am Tank und der Füllstandsanzeige im Fahrerdisplay die Zeitspanne ermitteln, bis das BOG über ein Lüftungsrohr in die Atmosphäre entlassen wird, damit der Druck im Tank nicht zu groß wird. Am Display in der Fahrerkabine wird angezeigt, wie viel Zeit verbleibt. Hierdurch ist es möglich, kritische Situationen, die zum Abblasen von Methan führen können, rechtzeitig zu erkennen und zu vermeiden. Auch bei anderen LNG-Lkw, die mit Otto-Motoren (SI-Technik) fahren, kann BOG vermieden werden. Im regulären Einsatz dieser Fahrzeuge entsteht kein BOG.

BOG und durch eventuelles Abblasen verursachte Emissionen spielen bei der Bewertung von THG-Emissionen nur eine untergeordnete Rolle. Durch eine kontinuierliche Nutzung und regelmäßiges Auftanken mit möglichst kaltem LNG kann das Risiko, dass BOG aufgrund von Überdruck abgeblasen werden muss, stark reduziert werden.

Tankdruck	LNG im Tank			
	90 %	75 %	50 %	25 %
	Tage bis zum Abblasen			
3 bar	6,5	8	6	5
5 bar	6	6	4,5	3,5
7 bar	4,5	4	3	2,5
9 bar	3	2,5	2	1,5
11 bar	2	1,5	1	1
13 bar	0,5	0,5	0,5	0,5
14 bar	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

Tab. 2: Tabelle zur Gasdruckplanung: Beispiel Volvo Quelle: [8]



### 3.2.2. Sonstige Methanemissionen

In der Regel verbleibt das LNG bei Reparatur- und Wartungsarbeiten im Tank des Lkw. Bei längeren Werkstattaufenthalten sollte der Lkw mit möglichst kaltem LNG in die Werkstatt gebracht werden, um eine lange Haltedauer des LNG im Tank zu gewährleisten. Übersteigt der Werkstattaufenthalt die Haltedauer, kann zur Druckreduzierung eine begrenzte Menge BOG abgebrannt werden, wobei CO<sub>2</sub> emittiert wird.

Erfordern Wartungs- oder Reparaturarbeiten eine komplette Entleerung des Lkw-Tanks, so ist dies durch den normalen Kraftstoffverbrauch während der Nutzung des Fahrzeugs oder auch durch die Übertragung des LNG in seiner flüssigen Phase in einen anderen Speicherbehälter möglich. Es kann vorkommen, dass ein Rest LNG bzw. BOG zurückbleibt, der dann abgefackelt oder bei laufendem Motor verbrannt wird. Auf diese Weise entweicht kein Methan in die Atmosphäre.

Weitere Emissionen, die durch eventuelle Entlüftung von Anlagenteilen bei Reparaturarbeiten oder kleine Undichtigkeiten entstehen können, sind äußerst gering und spielen so gut wie keine Rolle.

Unfälle mit LNG betriebenen Lkw können nicht ausgeschlossen werden. Crashtests und erste Erfahrung haben gezeigt, dass der LNG-Tank bei Seitenaufprall oder Umkippen des Lkw nicht so beschädigt wird, dass ein Sicherheitsproblem entsteht. Die LNG-Tanks sind stabil und durch ihre Doppelwandung sehr sicher bezüglich eines Durchstoßens oder Aufreißens.

### 3.3. Gesamtbereitstellungskette: Well-to-Wheel (W-t-W)

Die Methanemissionen in der Gesamtbereitstellungskette (Well-to-Wheel) für LNG-betriebene Lkw erreichen, bezogen auf die Masse des verbrannten LNG, einen Massenanteil von etwa 1,2 Prozent. In Abbildung 9 werden als Methanemissionen eines LNG-betriebenen Lkw Durchschnittswerte für Europa angegeben.<sup>8</sup>

Eine weitere Messgröße für THG-Emissionen bei der Nutzung von LNG bei schweren Lkw ist die Bewertung der Emissionen bezogen auf die Fahrstrecke, d. h. bezogen auf den jeweils gefahrenen Kilometer. Bei dieser Betrachtung werden auch Motorwirkungsgrade und Kraftstoffverbräuche berücksichtigt. Über die gesamte Wertschöpfungskette (W-t-W) trägt Methan je nach Technologie lediglich zu rund 7 bis 8 Prozent zu den THG-Emissionen je Kilometer bei. Hierbei sind jeweils durchschnittliche Motorwirkungsgrade und Kraftstoffverbräuche zu Grunde gelegt.

<sup>8</sup> thinkstep-AG (i.A. von NGVA Europe): Greenhouse Gas Intensity of Natural Gas. Final Report. 2017.

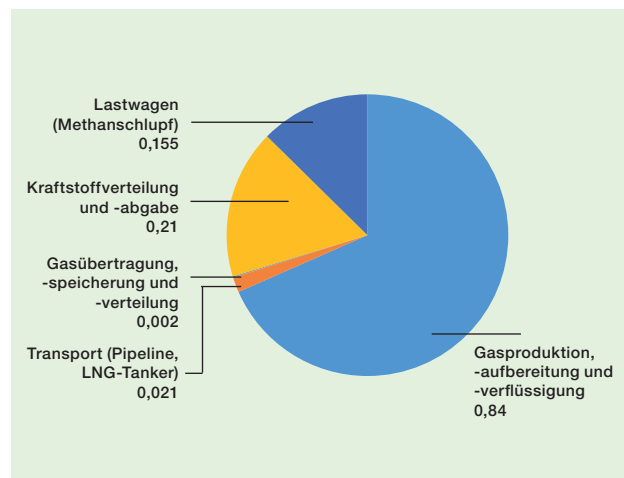


Abb. 9: W-t-W-Methanemissionen bei der Nutzung von LNG als Kraftstoff (HPDI) [% Massenanteil] Quelle: [4]

### 3.4. Wirkung von Methanemissionen

Methanemissionen können aufgrund ihres im Vergleich zu CO<sub>2</sub> höheren Treibhausgaspotenzials die THG-Bilanz der Nutzung von LNG als Kraftstoff verschlechtern. Abbildung 10 zeigt den Einfluss höherer Methanemissionen auf die THG-Bilanz bei der Nutzung von LNG am Beispiel der Schifffahrt.

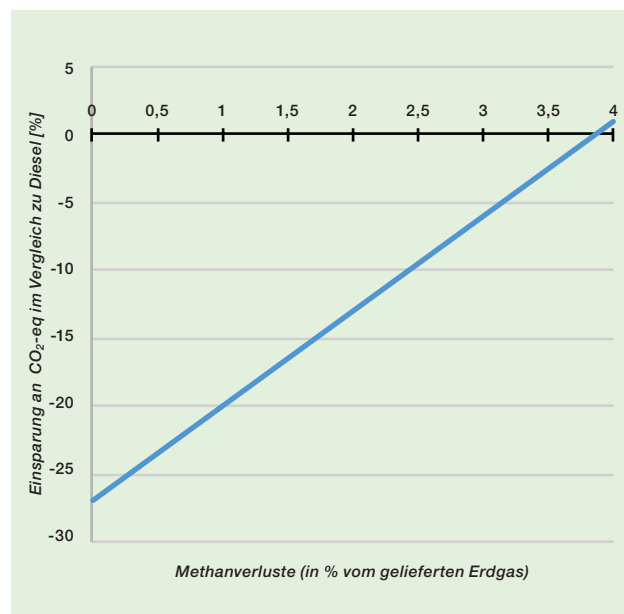


Abb. 10: Einfluss von Methanemissionen auf die THG-Bilanz von LNG (Bsp. Schifffahrt) Quelle: [9]

Die Industrie hat sich zum Ziel gesetzt, Methanemissionen in allen Prozessschritten, von der Produktion bis zur Endnutzung, weiter kontinuierlich zu reduzieren und das Freisetzen von Methan weitestgehend zu verhindern. Dazu wurden in den letzten Jahren bereits vermehrt emissionsreduzierende Verfahren eingesetzt, welche die Methanemissionen deutlich senken konnten.

## 4. Maßnahmen von Unternehmensseite

Neben den technischen Entwicklungen und betriebspraktischen Umsetzungen handeln Unternehmen auch nach selbstgesetzten Leitlinien und Zielvorgaben wie beispielsweise der „no-venting policy“. Die Initiative „Zero Routine Flaring by 2030“ der Weltbank, der sich Unternehmen, Institute und Regierungen angeschlossen haben, hat sich zum Ziel gesetzt, das Abfackeln von Erdgas bei der Förderung fossiler Energieträger bis 2030 einzustellen<sup>9</sup>.

Auch die Mitglieder der „Oil and Gas Climate Initiative“ (OGCI) unterstützen die Ziele der Initiative „Zero Routine Flaring by 2030“. Die OGCI-Mitglieder haben sich zum Ziel gesetzt, die durchschnittlichen Methanemissionen der Vorkette bis 2025 um mehr als ein Fünftel der Emissionen von 2017 zu reduzieren. Die gesamten Methanemissionen der Mitglieder sollen in einem jährlichen Bericht veröffentlicht werden. Die Mitglieder verpflichten sich, innerhalb von zehn Jahren einen Betrag von 100 Mio. Dollar an die OGCI Climate Investments beizutragen<sup>10</sup>.

Ein weiterer Zusammenschluss verschiedener Unternehmen der Erdgasindustrie, von internationalen Organisationen und NGOs hat sich auf die Anerkennung der „Methane Guiding Principles“ verständigt. Diese fünf Leitsätze besagen u. a., dass Methanemissionen kontinuierlich gesenkt werden und die Genauigkeit von Methanemissionsdaten verbessert werden sollen<sup>11</sup>.

Die „Climate and Clean Air Coalition Oil & Gas Methane Partnership“ möchte einen weltweiten Standard bei der Kontrolle von Methanemissionen bei Öl- und Gassystemen etablieren und unterstützt ihre Partner dabei, deren Methanemissionen zu reduzieren<sup>12</sup>.

## 5. Fazit

Je nach Antriebstechnologie und Bereitstellungskette können LNG-angetriebene schwere Lkw bereits bei Verwendung von fossilem LNG im Vergleich zum Dieselantrieb THG-Einsparungen in der Größenordnung von bis zu 16 Prozent erreichen. Hierbei sind sowohl CO<sub>2</sub>- als auch Methanemissionen, die entlang der Wertschöpfungskette entstehen, berücksichtigt (Abb. 11).

Im Einzelfall können sich in Abhängigkeit der LNG-Herkunft, des LNG-Produktionsverfahrens, der Tankstellen- und Lkw-Technologie sowie nach den Fahrstrecken der Lkw und dem Fahrerverhalten allerdings andere Werte ergeben. Seitens der

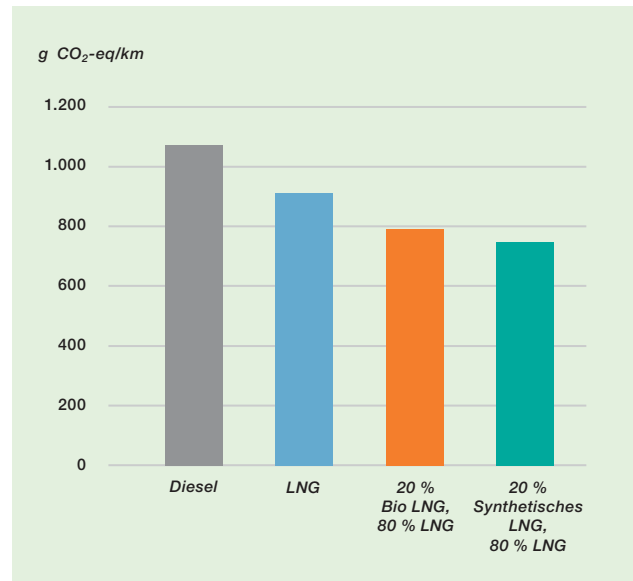


Abb. 11: THG-Emissionen pro km bei schweren Lkw (HPDI) in Europa – Beimischung von BioLNG bzw. EE-LNG  
Quelle: [4, 10]

Industrie wird intensiv daran gearbeitet, THG-Emissionen und insbesondere Methanemissionen entlang der Wertschöpfungskette weiter zu reduzieren.

LNG kann auch aus synthetischem Methan, das über Power-to-Gas-Verfahren aus erneuerbaren Energien produziert wird, oder aus Biomethan hergestellt werden und so als emissionsneutraler Kraftstoff zur Verfügung gestellt werden. Wird synthetisches LNG oder BioLNG verwendet, fahren Lkw weitgehend emissionsneutral. Langfristig kann LNG zunehmend durch seine erneuerbaren Substitute ersetzt werden und einen CO<sub>2</sub>-neutralen Schwerlastverkehr ermöglichen.

9 <https://www.worldbank.org/en/programs/zero-routine-flaring-by-2030#1> (Zugriff am 29.01.2020).

10 [https://oilandgasclimateinitiative.com/wp-content/uploads/2018/09/OGCI\\_Report\\_2018.pdf](https://oilandgasclimateinitiative.com/wp-content/uploads/2018/09/OGCI_Report_2018.pdf) (Zugriff am 29.01.2020).

11 <https://methaneguidingprinciples.org/> (Zugriff am 30.01.2020)

12 <https://ccacoalition.org/en/activity/ccac-oil-gas-methane-partnership> (Zugriff am 30.01.2020)

## 6. Literatur und Quellen

- [1] <https://www.dena.de/themen-projekte/projekte/mobilitaet/lng-taskforce-und-initiative-erdgasmobilitaet/> (abgerufen am 27. Februar 2020)
- [2] DVGW e. V.: Methan-Emissionen der Erdgas-Infrastruktur, Daten, Fakten und Initiativen der Gasbranche, 2019.
- [3] DVGW e. V.: Zukunft LNG. Flüssiges Erdgas als sauberer Kraftstoff für schwere Lkw und Flottenfahrzeuge.
- [4] thinkstep-AG: Greenhouse Gas Intensity of Natural Gas. Final Report. 2017.
- [5] Umweltbundesamt: Wie klimafreundlich ist LNG? Kurzstudie zur Bewertung der Vorkettenemissionen bei Nutzung von verflüssigtem Erdgas (LNG). 2019.
- [6] TGE Gas Engineering
- [7] Volvo Group Trucks Central Europe
- [8] Volvo Trucks: Volvo FH. Fahrerhandbuch, 2012.
- [9] Mathijs Koot & Oliver Butler (Shell Global Solutions International): Measuring and Managing Methane Emissions in the Downstream, Where LNG is Used as a Transport Fuel, 2018.
- [10] DVGW e. V.: LNG kann grün! Erneuerbares LNG – LRG (Liquefied Renewable Gas).

