

LNG – Liquefied Natural Gas

Förderung, Transportkette und motorische Verbrennung

Kurzfassung:

Am Lehrstuhl für Verbrennungskraftmaschinen der Technischen Universität München wurde eine Studie zum Thema LNG durchgeführt. LNG, liquefied natural gas, bezeichnet Erdgas, welches durch starke Abkühlung verflüssigt wurde. Im Rahmen der Studie wird, nach der Darstellung der Stoffeigenschaften, zunächst die Erdgaszusammensetzung bei der Förderung betrachtet. Dabei wird auf die Abhängigkeit der Gaszusammensetzung aufgrund des Herkunftslandes und der Gasaufbereitung eingegangen. Anschließend erfolgt die Analyse der Transportkette, bestehend aus Verflüssigung, Transport, Speicherung, Regasifizierung und Einspeisung in das regionale Erdgasnetz. Nach einem Überblick über Standards und Normen werden mögliche Brennverfahren und derzeitige Anwendungsfelder betrachtet. Abschließend erfolgt eine Darstellung und Bewertung der Einflüsse schwankender LNG-Qualität auf die motorische Verbrennung.

Für die Förderung der Studie möchten sich die Autoren beim Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) Fachverband Motoren und Systeme bedanken. Der VDMA ist der größte europäische Industrieverband. Er vertritt die Interessen von mehr als 3000 Mitgliedsunternehmen aus nahezu allen Branchen der Investitionsgüterindustrie. Im Fachverband Motoren und Systeme sind die Hersteller von Verbrennungsmotoren für industrielle Anwendungen sowie deren Zulieferunternehmen organisiert.

Inhaltsverzeichnis

Förderung, Transportkette und motorische Verbrennung	I
1 Einleitung	1
2 LNG – Liquefied Natural Gas	2
2.1 Begriffliche Abgrenzung	2
2.2 Potential von Erdgas und LNG	2
2.3 Normungen und Stoffeigenschaften	6
3 Gaszusammensetzung bei Förderung	11
3.1 Abhängigkeit vom Herkunftsland	11
3.2 Aufbereitung des Gasgemischs	12
3.2.1 Gefrierschutz	13
3.2.2 Kondensatabscheidung	13
3.2.3 Sauer gasreinigung	14
3.2.4 Wasserabscheidung	16
3.2.5 Quecksilberabscheidung	16
3.2.6 Heliumgewinnung	17
3.2.7 Stickstoffabscheidung	17
3.2.8 Sauerstoffabscheidung	18
4 Verflüssigung	19
4.1 Verfahren zur Verflüssigung	19
4.1.1 Kaskadenprozess	20
4.1.2 APC C3-MR-Prozess	21
4.1.3 AP-X-Prozess	22
4.1.4 ConocoPhillips Optimized Cascade	24
4.1.5 Shell Double Mixed Refrigerant Cycle (Sakhalin)	27
4.1.6 Linde-Statoil Mixed Fluid Cascade (MFC)-Process (Snøvit)	27
4.2 Offshore-Verflüssigung	28
4.3 Vorhandene und geplante Verflüssigungsanlagen	29
5 Transport und Speicherung	31
5.1 Transportmittel	31
5.1.1 Schiff	31
5.1.2 Binnenschifffahrt	32
5.1.3 Trucks	33
5.2 Veränderung der LNG-Zusammensetzung durch Transport und Speicherung	33
5.3 Speicherung	36
5.3.1 Tanksysteme	36

5.3.2	Speicherkapazitäten.....	37
5.3.3	Boil-off-Gas-Management	38
5.3.4	Rollover.....	39
6	Regasifizierung und Einspeisung in Gasnetze.....	41
6.1	Regasifizierung	41
6.2	LNG Transfer	42
7	Standards und Normen	44
7.1	Normen für den Fahrzeugeinsatz von LNG.....	44
7.2	EASEE-gas Common Business Practices (CBPs).....	45
7.3	Reinheitsvorschriften	45
7.4	Reglementierung des Heizwerts / Wobbe-Index.....	47
7.4.1	Staatliche Vorschriften	47
7.4.2	Verfahren zur Anpassung des Heizwertes.....	49
8	Motorische Anwendung.....	52
8.1	Brennverfahren	52
8.1.1	Ottomotor ($\lambda=1$, Funkenzündung).....	52
8.1.2	Ottomagermotor ($\lambda \gg 1$, Funkenzündung).....	53
8.1.3	Diesel-Gasmotor ($\lambda \gg 1$, Zündstrahl).....	54
8.1.4	Gas-Dieselmotor ($\lambda \gg 1$, Zündstrahl).....	56
8.2	Einsatzbereiche	57
8.2.1	Schiffe.....	57
8.2.2	LKW, Trucks und Busse.....	62
8.2.3	PKW.....	66
8.2.4	Bewertung der Einsatzbereiche.....	66
9	Motorische Verbrennung	69
9.1	Einfluss unterschiedlicher Gaskomponenten auf die Verbrennung	69
9.1.1	Maßgebliche Brennstoffparameter für die Verbrennung.....	69
9.1.2	Eigenschaften von Methan.....	69
9.1.3	Einfluss der einzelnen Gasbestandteile auf die Brennstoffparameter.....	70
9.2	Auswirkung schwankender Gasqualität auf das Motorverhalten.....	74
9.2.1	Einfluss von Inertgasen	75
9.2.2	Einfluss des Methangehalts	75
9.2.3	Auswirkungen auf das Brennverfahren.....	75
9.3	Maßnahmen zum Ausgleich schwankender Gasqualität.....	76
9.3.1	Stöchiometrischer Motor.....	77
9.3.2	Magergasmotor.....	78
10	Zusammenfassung und Fazit.....	81

11 Anhang.....	84
11.1 Literaturverzeichnis.....	84
11.2 Abbildungsverzeichnis.....	94
11.3 Tabellenverzeichnis	96
11.4 Den Handel betreffende Normen.....	97