



FERNWÄRME-TECHNIK GmbH

## FW-LNG-PIPE

Flüssiges Erdgas  $-162\text{ °C}$

FW-Doppelrohrsysteme

für LNG-angetriebene Schiffe



# Das FW LNG-PIPE-SYSTEM

## Liquefied Natural Gas

Flüssigerdgas, kurz LNG (Liquefied Natural Gas), wird durch Abkühlung von Erdgas auf  $-163\text{ }^{\circ}\text{C}$  verflüssigt. Es weist danach nur noch rund ein 600stel des Volumens von Erdgas in Gasform auf. So kann Erdgas auch ohne Pipeline sicher und kostengünstig über große Entfernungen oder in weit entlegene Gegenden transportiert werden. Zur Verflüssigung bzw. Rückumwandlung in den gasförmigen Zustand werden LNG-Terminals genutzt. Nachdem das transportierte Flüssigerdgas vom Terminal an Land gepumpt und wieder zu gasförmigem Erdgas umgewandelt wurde, kann es problemlos in das Pipelinenetz eingespeist werden.



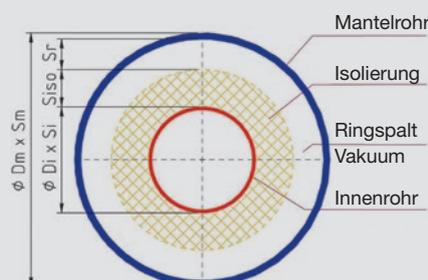
## Die LNG-Transportkette

Die LNG-Transportkette lässt sich in vier Tätigkeiten untergliedern: Exploration und Produktion, Verflüssigung, Transport und Speicherung sowie Regasifizierung. Einsatz und Handel mit Flüssigerdgas ist zurzeit erst ab einer Transportlänge von  $> 3000\text{ km}$  sinnvoll. Der Transport erfolgt mit LNG-Schiffen. Die Erdgaspipeline Russland-Deutschland durch die Ostsee –  $1200\text{ km}$  lang – transportiert das Gas gasförmig.

## Versorgungsoptionen

Mit Veränderung des Aggregatzustandes von gasförmig zu flüssig verkleinert sich das Volumen um das 600-fache.

Im Zuge der bisher erzielten Fortschritte in der LNG-Technologie und im Hinblick auf zukünftige Erkenntnisse ist ein grundsätzlicher Bedeutungsgewinn der Versorgungsoption „LNG“ sehr wahrscheinlich.



## FW-LNG-PIPE-SYSTEM für den Transport von Flüssiggas auf Schiffen

Das FW-LNG-PIPE ist ein Doppelrohrsystem und ist konzipiert für den Flüssiggastransport auf Schiffen. Auch der Antrieb der Schiffe erfolgt mittels LNG.

Es besteht aus einem Medium führenden Innenrohr, einer kältetauglichen Wärmedämmung und einem Mantelrohr. Die Innenrohrleitung wird innerhalb des Mantelrohres mit Lagern geführt. An den Enden der FW-LNG-PIPE sind Endverschlüsse zur Abdichtung des Ringraumes installiert. Der Ringraum wird auf  $1\text{ mbar}$  evakuiert, um die Wärmeübertragung auf das Medium bzw. die Abkühlung des Mantelrohres zu reduzieren.

Das System wird über den Ringrausdruck permanent überwacht, wodurch eine Leckageerkennung gewährleistet ist. Die Durchführung des FW-LNG-PIPE an Schottwänden erfolgt mit Mauerdurchführungen.

Das System FW-LNG-PIPE wird für die jeweiligen Einsatzbedingungen ausgelegt. Bestandteil der Produktentwicklung war der Aufbau einer 50 m langen Simulationsstrecke auf dem Werksgelände. Im Versuch wurde die Leitung mit flüssigem Stickstoff bei einer Temperatur von  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  betrieben. An der Testleitung wurden über 100 Messfühler angebracht. In den Versuchen konnte nachgewiesen werden, dass das FW-LNG-PIPE alle Anforderungen an das Rohrsystem zum Transport von verflüssigtem Erdgas erfüllt.

## Komponenten und Werkstoffe

FW-LNG-PIPE besteht aus:

- Innenrohr
- Wärmedämmung
- Mantelrohr

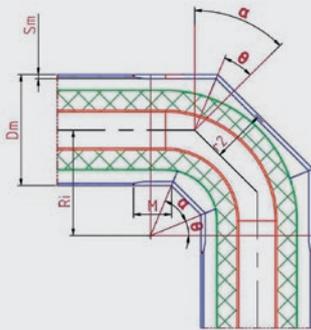
Als Werkstoff für das Innenrohr und das Mantelrohr werden Rohre aus dem Material ASTM A312 TP316/TP316L nach ASME B36.19M/B36.10M mit einem Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach EN 10204 eingesetzt. Die Wärmedämmung erfolgt mit einer flexiblen Silicat-Aerogel-Isolierung für kryogene Anwendungen vom Typ Cryogel.

## Fertigung

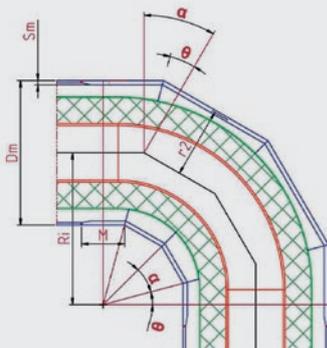
FW-LNG-PIPE wird projektbezogen gefertigt. Auf Basis der Kundenvorgaben und der Kundenisometrie erfolgt die Dimensionierung und rohrstatische Berechnung der Rohrleitungen und Komponenten durch FW-FERNWÄRME-TECHNIK GmbH.

Die Ergebnisse der Berechnungen und die Kundenisometrie bilden die Grundlage für die Erstellung der Fertigungsunterlagen und des zugehörigen Verlegeplans für die Installation vor Ort.

Stahlmantelrohrbogen vorgefertigt



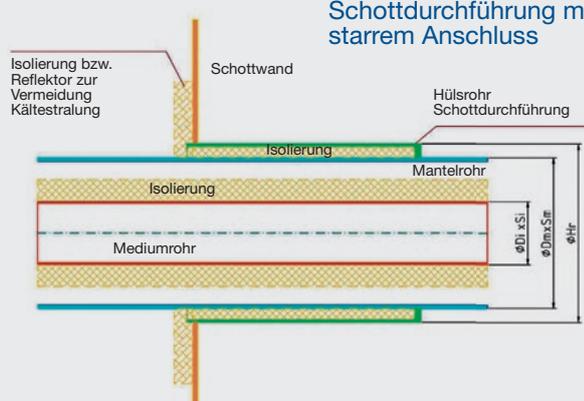
Stahlmantelrohrbogen mit mehreren Segmenten für große Abmessungen



Endfestpunkt



Schottdurchführung mit starrem Anschluss



Innenrohr		Mantelrohr		Ringraum	
Außendurchmesser Di	Wandstärke Si	Außendurchmesser Dm	Wandstärke Sm	Isolierdicke Siso	Ringspalt Sr
inch	Schedule	inch	Schedule	mm	mm
1"	10S	4"	10S	20	17
2"	10S	6"	10S	30	21
3"	10S	8"	10S	40	21
4"	10S	10"	20	40	33
6"	10S	12"	20	50	21

## FW-Doppelrohrsysteme

Nach unbestätigter Überlieferung hat 1906 ein Franzose zwei Stahlrohre ineinander gesteckt, um durch das Innere Dampf zu leiten. Das Stahlmantelrohrsystem war geboren.

Ende 1970 hat FW-FERNWÄRME-TECHNIK GmbH die ersten thermisch beaufschlagten Doppelrohrsysteme konzipiert und eingesetzt und die Technik ständig verbessert. Heute zählen Stahlmantelrohrsysteme zu den sichersten Fernwärmeleitungen und demonstrieren ihren langlebigen Einsatz für Betriebstemperaturen bis 400 °C und in Verlegegebieten mit höchsten Schwierigkeitsgraden.

2010 hat FW-FERNWÄRME-TECHNIK GmbH begonnen die Doppelrohrsysteme für den Einsatz im Tieftemperaturbereich weiterzuentwickeln.

Da die Beschaffung von flüssigem Erdgas als Flaschenbündel schwierig ist, wurden die Versuche mit flüssigem Stickstoff mit einer Temperatur von -196 °C durchgeführt.

Schwerpunkt der Entwicklungsarbeit waren

- Materialerprobungen mit flüssigem Stickstoff
- Versuche zur Werkstoffauswahl für Innen-, Mantelrohre sowie Isoliermaterialien



### NEUESTE TECHNIK

## Flexible, industrielle Hochleistungsisolations für Kühlungs- und Kälteanwendungen



Cryogel<sup>®</sup> Z, die flexible Aerogel-Isolationsdecke ist ausgelegt für maximalen Wärmeschutz bei minimalem Gewicht und Dicke. Ideal für den Einsatz in Kühlungs- und Kryogen-Anwendungen. Cryogel<sup>®</sup> Z beinhaltet einen integrierten Dampfverzögerer mit Wasserdampfdurchlässigkeit gleich Null und gewährleistet maximalen Schutz Ihrer Werte. Cryogel<sup>®</sup> Z-Isolation ist ein einzigartiges Silica-Aerogel in einer flexiblen Faserdecke. Sie bietet branchenführenden Wärmeschutz in einem einfach zu handhabenden, umweltsicheren Produkt. Cryogel<sup>®</sup> Z mit äußerst niedriger Wärmeleitfähigkeit reduziert Wärmegewinn und Verdampfung von Flüssigkeiten. Die inhärente Flexibilität der Cryogel<sup>®</sup> Z Decke verringert Installationsmühen auf ein Minimum, eliminiert Dehnungen, und verleiht dem Produkt Nachhaltigkeit und mechanische Verschleißfestigkeit.

## Doppelrohrsysteme für den Schiffbau

In der Zeit vom 15. Mai 2013 bis 30. Juni 2015 wurde mit Hilfe des Landes Niedersachsen die „Produktreife Entwicklung eines Dreifach-Rohrsystems für den unterirdischen Transport von LNG und Rohöl“ auf dem Firmengelände der FW-FERNWÄRME-TECHNIK GmbH in Celle durchgeführt. Sie brachte Erkenntnisse, die erfolgreich für die werkseitige Vorfertigung von FW-LNG-Leitungen für Schiffsbauten genutzt werden konnten.

FW-Doppelrohrsysteme bieten mit dem vakuumdichten Mantelrohringraum eine Verbesserung der Isolierwirkung um ca. 40 %.

- Sie schützen die hier eingebrachte Isolierung
- Verhindern den Sauerstoffeintritt

Eigenschaften, die durch ein einwandiges Rohr nicht erzielt werden können. Für zwei Schiffe in China und zwei weitere Schiffe in den USA wurden die LNG-Verbindungsleitungen zwischen Tankraum und Maschinenraum sowie Bunkerstation als FW-LNG-PIPE vorgefertigt.

Aktuell wird FW-LNG-PIPE im Auftrag der TGE Marine Gas Engineering für ein LNG-angetriebenes Kranschiff vorbereitet. Der Schiffbau erfolgt in Asien, die überwachungspflichtigen LNG-Verbindungsleitungen im Schiff werden hier ebenfalls als FW-LNG-PIPE ausgeführt. Die Planung und Herstellung erfolgt wiederum in Celle bei FW-FERNWÄRME-TECHNIK GmbH.



## Leistungsverzeichnis

Berechnungsdaten:

Medium: LNG  
 Temperatur: -196 °C  
 Druck: 19 bar

### Lieferrn von FW-LNG-PIPE

FW-LNG-PIPE in werkseitig vorgefertigten Baueinheiten in Längen von 6 - 12 m, bestehend aus:

**Innenrohr** aus nahtlosem oder geschweißtem Stahlrohr

ASTM A 312 Werkstoff TP316/ TP316L, Abmessungen nach ASME B 36.19M/B 36.10M oder EN 10216-5/ EN10217-7, 1.4401/1.4404, Abmessungen nach EN ISO 1127 mit Abnahmeprüfzeugnis nach DIN EN 10204/3.1

**Melde- und Überwachungsanlage:** Vakuumfernüberwachung

**Wärmeisolierung** Cryogel, flexible Isolationsaerogelmatte, Raumdichte ca. 160 kg/m<sup>3</sup>, temperaturbeständig -270 °C bis +90 °C oder gleichwertig, mehrlagig isoliert, auch an den Rohrlagern durchgehend isoliert und mit Edelstahlband befestigt.

**Mantelrohr** aus geschweißtem Stahlrohr

ASTM A 312, Werkstoff TP316/TP316L, Abmessungen nach ASME B 36.19M/B 36.10M oder EN 10217-7, 1.4401/1.4404, Abmessungen nach EN ISO 1127 mit Abnahmeprüfzeugnis nach DIN EN 10204/3.1

Bauvorhaben:

Projekt Nr.:

Pos.	Menge	Einh.	Bezeichnung		
1	<input type="text"/>	lfdm	<b>FW-LNG-PIPE</b> Innenrohr Mantelrohr Isolierungsdicke Material Montage	Zoll 1" Zoll 4" mm 20  vor Ort	(33,7 x 2,77 mm) (114,3 x 3,05 mm)
2	<input type="text"/>	lfdm	<b>FW-LNG-PIPE</b> Innenrohr Mantelrohr Isolierungsdicke Material Montage	Zoll 2" Zoll 6" mm 30  vor Ort	(60,3 x 2,77 mm) (168,3 x 3,4 mm)
3	<input type="text"/>	lfdm	<b>FW-LNG-PIPE</b> Innenrohr Mantelrohr Isolierungsdicke Material Montage	Zoll 4" Zoll 10" mm 40  vor Ort	(114,3 x 3,05 mm) (273,0 x 6,35 mm)
4	<input type="text"/>	lfdm	<b>FW-LNG-PIPE</b> Innenrohr Mantelrohr Isolierungsdicke Material Montage	Zoll 6" Zoll 12" mm 50  vor Ort	(168,3 x 3,4 mm) (323,8 x 6,35 mm)

Pos.	Menge	Einh.	Bezeichnung
5		St.	<b>Bogen 46-90°, passend zum Rohr der Pos. 1</b> bestehend aus einem Mantelrohrbogen, auf Gehrung geschnitten, und einem Innenrohrbogen nach ASME B 16.9, mit gleicher Wandstärke wie das Innenrohr. Werkseitig vorgefertigt und an einer Baueinheit angebracht. Zulagepreis
6		St.	wie vor, jedoch passend zum Rohr der Pos. 2 Zulagepreis
7		St.	<b>Endfestpunkt, passend zum Rohr der Pos. 1</b> bestehend aus Endfestpunktplatten und einem Distanzrohr zur Wärmetrennung, vakuumdicht zwischen Innenrohr und Mantelrohr geschweißt. Werkseitig vorgefertigt und an einer Baueinheit angebracht. Zulagepreis
8		St.	wie vor, jedoch passend zum Rohr der Pos. 2 Zulagepreis
9		St.	<b>Schottanschluss flexibel, passend zum Rohr der Pos. 1</b> bestehend aus Schutzrohr mit angeschweißtem Mantelrohring, mit Axial-/Lateral-Kompensator, Innenliegende Isolierung 20 mm. Werkseitig vorgefertigt und an einer Baueinheit angebracht. Zulagepreis
10		St.	wie vor, jedoch passend zum Rohr der Pos. 2 Zulagepreis
11		St.	<b>Bauverbindungsmaterial, passend zum Rohr der Pos. 1</b> bestehend aus oben genannten Mantelrohr zur bauseitigen Herstellung und Anpassung von Halbschalen. Glasgewebeband zum Schutz der Wärmeisolierung während der Schweißarbeiten. Wärmeisolierung mit Edelstahlband und Schließen. Schweißzusatzwerkstoffe bauseits. Zulagepreis



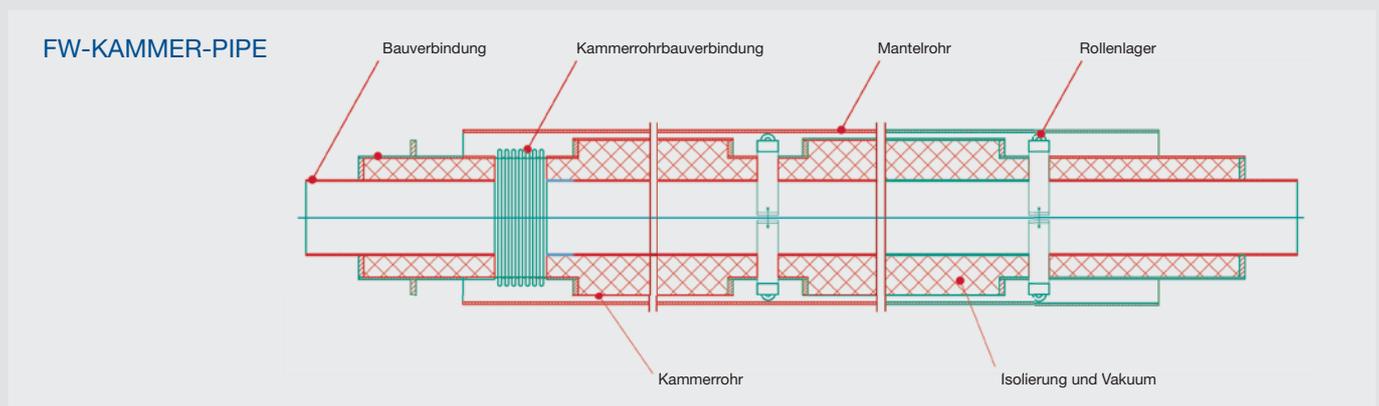
# Das FW-KAMMER-PIPE und seine Entstehungsgeschichte

FW-FERNWÄRME-TECHNIK GmbH hat für ein Land in Asien FW-STAHLMANTELROHR konzipiert, die vor Ort vorgefertigt und eingebaut wurden. Die 16 m langen Baueinheiten waren in die Gräben eingebracht und größtenteils die Innenrohre verschweißt. Die offenen Mantelrohrbauverbindungen sollten mit speziell dafür entwickelten Gummimatten so verschlossen werden, dass kein Wasser in die Mantelrohre gelangen kann.

Die Mantelrohre wurden leichtfertigerweise nicht verschlossen. In den nächsten zwei Tagen ging ein Taifun über die Baustelle nieder und hat große Wassermassen in die Mantelrohre gedrückt. Unter Hinweis auf einen festen Inbetriebnahmetermin bestand die Verlegefirma darauf, die vier parallel in einem Graben liegenden Stahlmantelrohrleitungen – alle waren geflutet – eine Woche später in Betrieb zu nehmen.

Wir haben versucht, das zu verhindern, weil mit Temperaturen bis 285 °C die Mineralfaserisolierung zerstört wird. So kam es dann auch.

Um den Wiederholungsfall auszuschließen, haben wir uns den Schutz der Wärmedämmung durch ein drittes übergeschobenes Rohr auf Baueinheitenlänge überlegt und das FW-KAMMER-PIPE entwickelt.



Qualität  
made by FW seit 1980