

1-2/2012

ISSN 2191-9798  
K 1252 E

Vulkan-Verlag,  
Essen



# 3R

Fachzeitschrift für sichere und  
effiziente Rohrleitungssysteme

## Sicherer Transport von Medien von -196 °C bis +400 °C

Von Jan Friebe und David Fröhlich, FW-FERNWÄRME-TECHNIK GmbH

# Sicherer Transport von Medien von -196 °C bis +400 °C

Von Jan Friebe und David Fröhlich

Das FW-KAMMER-PIPE ist eine Erweiterung des FW-STAHLMANTELROHR und für besondere Anforderungen konstruiert. Dies kann eine erdverlegte Tieftemperaturleitung, aber auch eine Hochtemperaturleitung mit besonderen Sicherheitsanforderungen bzw. erhöhten Anforderungen an die Ausfallsicherheit sein. Es stellt sich bei einem Störfall robuster dar und kann dank der zwei getrennten Überwachungsräume in vielen Fällen nach einer Leckage bis zur Reparatur weiter betrieben werden. Es zeichnet sich zudem durch Wärmebrückenfreiheit auch weit außerhalb der in Stahlmantelrohren üblichen Temperaturen aus. Es ist für schwierigste Verlegebedingungen geeignet und wird in gewohnter Stahlmantelrohrweise verlegt.

Stahlmantelrohre (SMR) werden kontinuierlich weiterentwickelt und sind heute ein bewährtes System für den sicheren Transport von Medien mit Temperaturen bis 400 °C und als Sicherheitsrohre für umweltgefährdende Medien mit überwachtem Ringraum.

Bewährt haben sich Stahlmantelrohrleitungen im erdverlegten Rohrleitungsbau auch unter schwierigsten äußeren Bedingungen. Als Freileitung bieten Sie den Vorteil größerer Stützweiten mit dem Mantelrohr als tragendes Element und einen weitgehenden Schutz gegen Beschädigungen oder Vandalismus.

Die temperaturbedingten Längenänderungen der Mediumrohre werden vorzugsweise natürlich in den Bögen der Trasse kompensiert. Mittels thermischer Vorspannung kann eine gerade Leitung aus P355NH für 140 °C Betriebstemperatur vollständig kompensiert werden. Eine Kombination der Methoden wird durch Verschiebefestpunkte bei Leitungen bis 220 °C wirtschaftlich realisiert.

Damit eignet sich das Stahlmantelrohr besonders gut für die Verlegung im Horizontalspülbohrverfahren. Die Bohrungen für solche grabenlosen Verlegeverfahren können einige hundert Meter lang sein. Dies ist z. B. interessant



BILD 1: Stahlmantelrohrleitung verlegt im Horizontalspülbohrverfahren: Düker Terneuzen, NL

für Flussunterquerungen. Ein solches Projekt ist in **Bild 1** dargestellt.

Vom Fachverband der Fernwärmebranche, dem AGFW, erscheint in diesem Jahr ein Regelwerksbaustein, das Merkblatt FW 410 – „Stahlmantelrohre“.

Heute stellen neue Anwendungen wie erdverlegte Tief-temperaturleitungen, z. B. für LNG, erhöhte Anforderungen an das Stahlmantelrohr. Wärmebrücken müssen ausgeschlossen werden, um bei einem Betrieb ohne Vakuum die Mantelrohrtemperaturen auf den zulässigen Bereich zu begrenzen.

Das FW-KAMMER-PIPE vereint die bewährten Eigenschaften des Stahlmantelrohres mit denen des Sicherheitsrohres zu einer neuartigen, wärmebrückenfreien Transportleitung. Die wesentlichen Konstruktionsmerkmale dieser Rohrleitung sind in **Bild 2** skizziert.

### KONSTRUKTION FW-KAMMER-PIPE

Stahlmantelrohrleitungen bestehen aus zwei konzentrisch angeordneten Rohren mit Wärmedämmung im Ringraum. Das Innenrohr ist entsprechend dem Druck, der Temperatur und möglichen chemischen Anforderungen des Mediums ausgelegt. Über Lagerkonstruktionen ist das Mediumrohr frei im Mantelrohr beweglich. Das Mantelrohr selbst trägt die Erd- und Verkehrslasten. Es wird so ausgelegt, dass es entweder die freie Längendehnung des Innenrohres aufnimmt oder im Fall von Vorspannung die Längenänderung des Innenrohres begrenzt und in Spannung umwandelt.

Das FW-KAMMER-PIPE ist eine natürliche Weiterentwicklung des Stahlmantelrohres für spezielle Anforderungen. Mit dem Innenrohr vakuumdicht verschweißte Kammerrohre enthalten einen auf den Einsatzzweck abgestimmten Dämmstoff. Die Länge der Kammern entspricht der Länge der Baueinheiten von bis zu 16 m. Dank der hermetischen Abdichtung dieser Kammern können auch empfindliche Dämmstoffe eingesetzt werden. Ein werkseitig hergestelltes Dauervakuum stellt eine hohe Dämmwirkung bei allen Betriebszuständen sicher. Die gesamte Konstruktion ist selbst im Leckagefall wärmebrückenfrei.

In den Ringspalt eintretendes Wasser, Feuchtigkeit oder das Betriebsmedium kann weder die Wärmedämmung in der Kammer noch das Innenrohr erreichen.

Ein sicherer Betrieb des Systems ist somit selbst für den Fall der Mantelrohrleckage möglich. Es werden ausschließlich handelsübliche Werkstoffe verwendet. Dem entsprechend kann das FW-KAMMER-PIPE mit Stählen für Tieftemperaturanwendung wie Ni36 oder X8Ni9 bis zu hochwarmfesten Stählen wie z. B. P92 bestückt werden. Einschränkungen in der Werkstoffauswahl sind durch die neue Konstruktion verglichen mit dem FW-STAHLMANTELROHR nicht gegeben.

### KOMPENSATION DER WÄRMEDEHNUNG UND KÄLTEKONTRAKTION

Die Wärmedehnung des FW-KAMMER-PIPE kann mit allen bewährten Konzepten des Stahlmantelrohres aufgefangen werden. Neben der natürlichen Kompensation in den Bögen

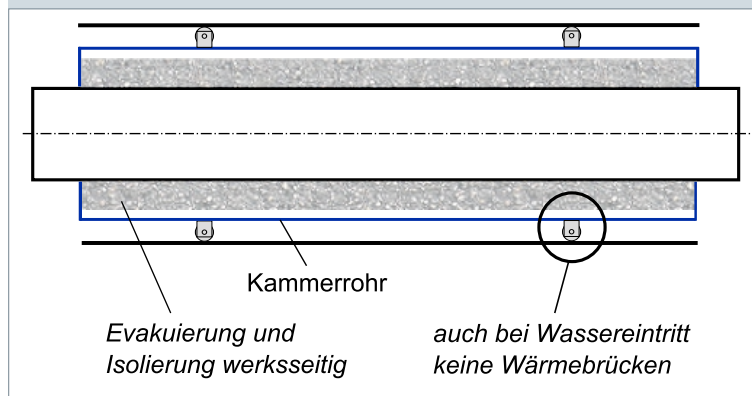


BILD 2: Konstruktion des FW-KAMMER-PIPE



BILD 3: Vakuumdichter Axialkompensatorverschluss

der Trasse bieten sich Gelenkkompensatoren an, letztere vorzugsweise auch außerhalb des Mantelrohres in Schachtbauwerken angeordnet. Für weitgehend gerade Abschnitte kann ebenso wie im bewährten SMR-System die Methode der thermischen Vorspannung angewandt werden.

Genau wie beim herkömmlichen SMR ermöglichen die bewährten vakuumdichten Axialkompensator-Endverschlüsse (AKV) in Sonderbauform große Relativbewegungen von Innenrohr und Mantelrohr von mehreren Metern (**Bild 3**).

### DÄMMSTOFFE

Momentan werden in Stahlmantelrohren handelsübliche, offenporige Faserdämmstoffe in Schalenform verwendet. Wichtig ist neben der Evakuierbarkeit die dauerhaft sichere Befestigung innerhalb der Kammern. Schüttungen kommen deshalb nicht zum Einsatz.

Herkömmliche Mineralwolle besitzt eine Oberfläche von etwa 4 m<sup>2</sup>/g. Ein Aerogel, das eine deutlich geringere Wärmeleitfähigkeit aufweist, hat eine Oberfläche, die etwa hundertmal größer ist und beträgt 400 bis 1000 m<sup>2</sup>/g.

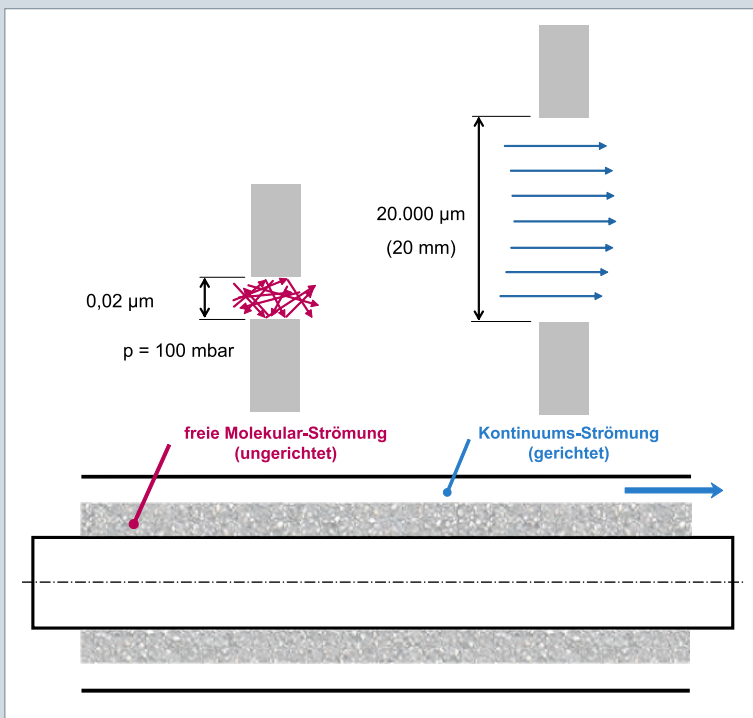


BILD 4: Darstellung der unterschiedlichen Strömungsbereiche im Stahlmantelrohr für den Fall eines Aerogels als Dämmstoff

Ist ein Dämmstoff hohen Temperaturen ausgesetzt, so bewirkt die große Oberfläche selbst bei bindemittelfreien Stoffen entsprechend hohe Desorptionsraten.

Anders stellt sich die Situation bei niedrigen Temperaturen dar. Die Desorptionsrate ist stark reduziert. Eine Trocknung des Dämmstoffes während der Verlegung ist folglich anspruchsvoll und zeitintensiv. Sie ist aber notwendig, da ohne Trocknung die in der Zellstruktur vorhandene Feuchtigkeit gefriert und so die Dämmwirkung verschlechtert. Durch werkseitiges Evakuieren und Trocknen des Dämmstoffes in den Kammern wird dieser Eigenschaft Rechnung getragen.

Eine weitere Besonderheit betrifft die Strömungsform in modernen Dämmstoffen. Wird der Druck in einem Aerogel mit einer Porengröße von z.B. 0,02 µm abgesenkt, so stellt sich bereits bei 100 mbar Absolutdruck eine ungerichtete freie

Molekularströmung ein. Damit ist die praktisch evakuierbare Dämmschichtdicke natürlich begrenzt. Untersuchungen im Hause FW GmbH haben gezeigt, dass ca. 100 bis 200 mm Dicke gerade noch auf einer angemessenen Zeitskala evakuiert werden können. Deshalb ist in den Kammern ein Ringspalt erforderlich, in dem die Kontinuumsströmung der Vakuumpumpe die aus der Dämmung austretenden Gasmoleküle abtransportiert. Die unterschiedlichen Strömungsregime sind in **Bild 4** dargestellt.

Besonders im Hochtemperaturbereich interessant ist die Möglichkeit, mikroporöse Dämmstoffe zu verwenden, die unter Feuchtigkeitseinfluss degenerieren. Dank der hermetischen Abschottung der Kammern ist ein Einsatz dieser Materialien mit ihren herausragenden Dämmeigenschaften realistisch.

## ANWENDUNGEN

Das Stahlmantelrohr hat inzwischen ein weitreichendes Anwendungsspektrum und wird inzwischen – weltweit erstmalig – sogar für wasserverlegte Strecken eingesetzt. So wird in einem aktuellen technisch anspruchsvollen Projekt eine von FW GmbH ausgelegte Fernwärmeleitung in den Niederlanden installiert. Die mit Vor- und Rücklauf DN 500 insgesamt 17 km lange Strecke verbindet das Gaskraftwerk Diemen und das Wohnviertel Almere-Poort, ein Vorort von Amsterdam und unterquert somit das IJmeer. Zusätzlich zur Wasserverlegung vereint sie weitere moderne Techniken in einem Projekt wie thermisch vorgespannte Abschnitte und Einsatz des HDD-Verfahrens.

Neben erdverlegten Tief- und Hochtemperaturleitungen empfiehlt sich das FW-KAMMER-PIPE für temperierte Sicherheitsleitungen. So ist die erhöhte Sicherheit durch den zwischen Kammer- und Mantelrohr gebildeten Überwachungsraum zusätzlich zur Temperaturhaltung eine Empfehlung für z. B. Subsea-Rohöl-Leitungen. Auch in Hinsicht auf herkömmliche Fernwärmeleitung ist das FW-KAMMER-PIPE interessant für spezielle Bedingungen bei erhöhten Temperaturen und/oder bei schwierigen Verlegeverhältnissen, bei denen das Rohrsystem später nicht mehr zugänglich ist.

FW GmbH hat über SMR-Verlegungen im Horizontalspülbohr-Verfahren einen neuen Film erstellt: zehn Bohrungen in den Niederlanden und Deutschland (Laufzeit: 19 Min). Bitte anfordern unter: [info@fw-gmbh.de](mailto:info@fw-gmbh.de)

## AUTOREN



**DR. RER. NAT. JAN FRIEBE**  
 FW-FERNWÄRME-TECHNIK GmbH  
 Celle  
 Tel. +49 5141 888 88-49  
 E-Mail: [j.friebe@fw-gmbh.de](mailto:j.friebe@fw-gmbh.de)



**DIPL.-ING. DAVID FRÖHLICH**  
 FW-FERNWÄRME-TECHNIK GmbH  
 Celle  
 Tel. +49 5141 888 88-47  
 E-Mail: [d.froehlich@fw-gmbh.de](mailto:d.froehlich@fw-gmbh.de)