



AGFW-Arbeitsblatt FW 401 - Teil 2

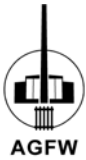
Verlegung und Statik von Kunststoffmantelrohren (KMR) für Fernwärmenetze - Systembeschreibung -

Installation and calculation of preinsulated bonded pipes for district heating networks - description of the system -

Arbeitsstand: Mai 2007

Ersatz für Ausgabe Februar 1999





Verkaufspreis:

EUR 15,00 zzgl. MwSt. - für AGFW-Mitglieder
EUR 30,00 zzgl. MwSt. - für Nichtmitglieder

© AGFW, Frankfurt am Main

Herausgeber:

Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft - AGFW - e.V. bei dem VDEW

Stresemannallee 28
60596 Frankfurt am Main

Telefon (069) 6304-293
Telefax (069) 6304-455
E-Mail info@agfw.de
Internet www.agfw.de

Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung der AGFW gestattet.

Vertrieb:

AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung mbH

Stresemannallee 28
60596 Frankfurt am Main

Telefon (069) 6304-416
Telefax (069) 6304-391
E-Mail info@agfw.de
Internet www.agfw.de

Vorbemerkungen

Mit dem Erscheinen der revidierten europäischen Normen EN 253:2006, EN 448:2003; EN 488:2003 und EN 489:2003 sowie den neuen Normen EN 13941:2003 und EN 14419:2004 wurde eine Überarbeitung der gesamten Arbeitsblattreihe FW 401 eingeleitet.

Da die Änderungen des vorliegenden Arbeitsblattes - außer der Übernahme der revidierten Normen - nicht von grundlegender sachinhaltlicher Art sind, wird auf die Veröffentlichung einer Entwurfsfassung verzichtet und die aktualisierte Fassung direkt als revidiertes und gültiges Arbeitsblatt heraus gegeben.

Im vorliegenden Arbeitsblatt wurden gegenüber der Ausgabe von 1999 inhaltlich folgende Änderungen vorgenommen:

Ab-schnitt	Änderung
-	Vorbemerkungen
3	Informative Hinweise zu Doppelrohrsystemen
3.3.2	Erhöhung der Mindestüberdeckung außerhalb von Straßen auf 0,6 m
3.2.8	Hinweis auf Kombination mit flexiblen Rohrsystemen

Inhalt

	Seite
1	Anwendungsbereich4
2	Allgemeines4
3	Beschreibung des Verlegeverfahrens6
3.1	Beschreibung und Funktion.....6
3.2	Einsatzbereiche8
3.2.1	Mediumrohrtemperatur8
3.2.2	Betriebsdruck8
3.2.3	Überdeckung8
3.2.4	Mediumrohrnennweiten8
3.2.5	Rohrlängen9
3.2.6	Dämmdicken9
3.2.7	Bodenklassen9
3.2.8	Grundwasser9
3.2.9	Kombination mit flexiblen Rohrsystemen9
4	Besonderheiten bei der Anwendung9
5	Normen und Technische Regeln10

1 Anwendungsbereich

Der Anwendungsbereich ist in FW 401-1 festgelegt.

Informativ: Hinweise zum Aufbau des Arbeitsblattes und zum Inhalt aller Teile sind FW 401-1 zu entnehmen.

2 Allgemeines

Kunststoffmantelrohrsysteme bestehen aus werkmäßig gedämmten Rohren und Rohrleitungsbauteilen für erdverlegte Fernwärmenetze. Diese sind aus Mediumrohrbauteilen aus Stahl, einer Wärmedämmung aus Polyurethan-Hartschaumstoff und einem Außenmantel aus Polyethylen aufgebaut.

Die KMR-Systembauteile werden industriell hergestellt und auf der Baustelle zu einem funktionsfähigen Gesamtsystem zusammengebaut. Grundsätzlich sollte der Grad der Vorfertigung möglichst hoch sein, da auf der Baustelle - unter oftmals ungünstigen Bedingungen - naturgemäß meist nicht die Qualität der werkmäßigen Herstellung erreicht werden kann.

Als wesentliche Gruppen der Mantelrohre können unterschieden werden:

1. Starre verbundisierte Kunststoffmantelrohre (KMR)

Medium- und Mantelrohr sind über einen wärmedämmenden Polyurethan-Hartschaumstoff kraftschlüssig miteinander verbunden. Die geraden Verbundmantelrohre und der Großteil der notwendigen Systembauteile wie Bögen, T-Abzweige und Reduzierungen werden in den Produktnormen EN 253, 448 und 488 behandelt. Für Rohrverbindungen ist EN 489 heranzuziehen.

Die KMR können werkmäßig mit elektrisch leitenden Adern zur Überwachung und Fehlerortung ausgestattet werden. Die funktionalen Anforderungen an diese Systeme sind in FW 401-8 und EN 14419 aufgeführt.

2. Flexible Rohrsysteme

Für die Unterverteilung und Hausanschlussleitungen werden flexible Rohrsysteme angeboten, die meist auf Trommeln oder als Ringbunde geliefert werden und gegenüber den KMR eine wirtschaftliche Alternative darstellen können. Mit den flexiblen Rohrsystemen ist es möglich, Hindernisse relativ einfach zu umfahren. Die aufwands- und zeitmäßige Reduzierung des Bauaufwandes unter anderem durch weniger Rohrverbindungen ist einer der wesentlichen Vorteile. Als Mediumrohrmaterialien kommen sowohl Kunststoffe als auch Kupfer und Stahl zur Anwendung. Die systemspezifischen Einsatzgrenzen (Druck, Temperatur, Nennweite) sind zu beachten. Flexible Rohrsysteme werden in der Regelwerksreihe FW 420 behandelt.

3. Weitere Rohrsysteme mit einem Außenmantel aus Polyethylen

Am Markt werden auch Doppelrohrsysteme, Systeme mit und ohne Verbund zwischen Medium- und Mantelrohr oder Systeme mit anderen Wärmedämmstoffen angeboten. Diese werden im Arbeitsblatt FW 401 nicht behandelt.

Informativ: Doppelrohrsysteme, d. h. Vor- und Rücklaufleitung befinden sich in einem gemeinsamen Mantelrohr, können zu einer Senkung der Verlegekosten beitragen. Aus den bisherigen Erfahrungen lassen sich als systemspezifische Besonderheiten ableiten:

- Eine systemspezifische Rohrstatik ist zu erstellen.
- Für den Übergang zwischen Einrohr- und Doppelrohrverlegung sind Sonderformstücke notwendig.
- Unvorhersehbare Hindernisse im Leitungsverlauf sind schwierig zu umgehen; ggf. notwendige Sonderformteile haben oftmals längere Lieferzeiten.
- Die Einhaltung der Maßhaltigkeit zwischen den Mediumrohren (axial und radial) ist im Hinblick auf die Herstellung der Schweißverbindungen der Mediumrohre (ohne aufwendige Anpassarbeiten) von besonderer Bedeutung. Mit der in 2007 zu erwartenden Veröffentlichung der Entwurfsfassung der EN-Produktnorm für gerade Doppelrohrsys-

teme werden auch Anforderungen an zulässige Toleranzen festgelegt.

- *Schweißarbeiten sind von entsprechend geübtem Fachpersonal auszuführen.*

Das KMR wird heute im Nennweitenbereich von DN 20 bis DN 600 und größer eingesetzt. Die Alterungsbeständigkeit des PUR-Hartschaumstoffes ist für gleitende, d. h. außen temperaturabhängige, Netzfahrweise für mehr als 30 Jahre durch realen Betrieb nachgewiesen. Schäden, die auf ein Versagen vor der geforderten Mindestlebensdauer von 30 Jahren hinweisen, sind nicht bekannt.

Das KMR-System weist in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht gegenüber anderen Verlegeverfahren Vorteile auf. Es verlangt jedoch in der Anwendung eine genaue Kenntnis seiner Systemeigenschaften um sämtliche Vorteile ausnutzen zu können:

- Verlegung der Leitungen ohne konstantes Gefälle mit Verzicht auf Entleerungen und Entlüftungen

Der Höhenverlauf der Rohrtrasse wird durch äußere Gegebenheiten, wie zum Beispiel Straßenneigung, Schienen oder kreuzende Fremdleitungen bestimmt. Der Verzicht auf Entleerungen und Entlüftungen setzt voraus, dass für den nachträglichen Anschluss von Abgangsleitungen Techniken angewendet werden, bei denen keine Entleerungs- und Entlüftungsvorgänge notwendig werden. Bei der Erstbefüllung der Leitungen sind geeignete Maßnahmen z. B. zur Entlüftung vorzusehen.

- Nachträglicher Anschluss von Abgangs- bzw. Hausanschlussleitungen ohne Unterbrechung des Netzbetriebes

Bewährt hat sich vor allem das Anbohrverfahren nach FW 432.

- Wegfall von Schächten durch den Einbau geeigneter Erdeinbauarmaturen

Werkmäßig gedämmte Erdeinbauarmaturen werden direkt in die Leitungen eingeschweißt und können z. B. über Straßenkappen bedient werden. Es wird empfohlen die Errichtung von Armaturenschächten zu vermeiden.

- Gemeinsame Verlegung von Fernwärme- und anderen Versorgungsleitungen im Stufengraben bei der Erschließung von Neubaugebieten

Durch eine Leitungsverlegung vor Fertigstellung des Straßenbaues - auch gemeinsam mit anderen Versorgungsleitungen im Stufengraben (Kostenteilung im Tiefbau) - lassen sich Kosteneinsparungen erzielen.

- Ausnutzung der Material- und Bauteileigenschaften

Die in den letzten Jahren erarbeiteten Erkenntnisse über das Verhalten der Materialien, die Nutzung von FEM-Analysemethoden zur Untersuchung der System- und Bauteilspannungen sowie die Berücksichtigung der in der Fernwärme üblichen Vollastwechsel - aus der gleitenden Fahrweise - ermöglichen auf ingenieurmäßig abgesicherten Grundlagen die Ausnutzung der Material- und Bauteileigenschaften.

- Übereinanderverlegung

Durch eine Übereinanderverlegung von Vor- und Rücklaufleitung können die KMR-Leitungen auch in beengten öffentlichen Verkehrsflächen (Straßen- und Gehwegbereiche) verlegt werden.

- Verlegung in nichtbegehbaren Rohrgräben

Sofern neben der Rohrleitungstrasse genügend Raum zur Montage der Rohrleitungen vorhanden ist, kann der Rohrgraben auf eine nur an den systembedingt notwendigen Abmessungen orientierte Breite reduziert werden.

Der augenscheinlich einfache Aufbau des KMR-Systems kann leicht über die speziellen Risiken einer fehlerhaften Anwendung hinwegtäuschen. Ein Ziel der Arbeitsblattreihe FW 401 ist es, die Erfahrungen und Besonderheiten bei Anwendung dieses Verlegesystems darzustellen.

Der Anwendungsbereich der Arbeitsblattreihe umfasst direkt erdverlegte KMR-Systeme für Fernwärmenetze, die mit Heizwasser in gleitender Fahrweise betrieben werden. Da sich das KMR-System prinzipiell auch für den Einsatz als Freileitung (unter- oder oberirdisch im Kanal, in Dehnungsbauwerken, im Schutzrohr

bzw. als Kellerleitung) eignet, gelten viele Hinweise auch in diesen Anwendungsfällen.

Für eine sichere Auslegung sind die rohrstatischen Grundlagen in FW 410-10 abgebildet. Ein Großteil der in der praktischen Anwendung auftretenden Verlegesituationen kann mit den Bemessungsdiagrammen in FW 401-11 abgedeckt werden.

3 Beschreibung des Verlegeverfahrens

3.1 Beschreibung und Funktion

Das KMR-System besteht aus einem Mediumrohr aus Stahl und einem Mantelrohr aus Polyethylen (PE), die beide über eine Wärmedämmung aus Polyurethan-Hartschaumstoff kraftschlüssig miteinander verbunden sind. Die Stahlrohre werden miteinander verschweißt. Die Abdichtungen bzw. kraftschlüssigen Verbindungen der Mantelrohre der einzelnen Rohrstangen bzw. der Systembauteile werden durch Muffen hergestellt. Abbildung 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau des KMR und einer Rohrverbindung.

Durch die Erwärmung oder Abkühlung des Heizwassers treten Verschiebungen des KMR im Erdreich auf. Dabei bewegen sich das Medium- und das Mantelrohr infolge des starren Verbundes stets als Einheit. Infolge des Verbundes werden auch äußere Lasten, z. B. aus der Erdüberdeckung und dem Verkehr, von Medium- und Mantelrohr gemeinsam aufgenommen.

Im verfüllten Zustand wird die Längenänderung des KMR erschwert, da jede axiale Bewegung erhebliche Reibungskräfte zwischen Mantelrohr und Erdreich hervorruft. Von einem freiliegenden Rohrleitungsende aus betrachtet addieren sich diese Reibungskräfte in Längsrichtung mit der Rohrleitung. Sie verringern die sich im Falle bei freier Bewegungsmöglichkeit ergebenden Rohrbewegungen und können bei langen Leitungsabschnitten so groß werden, dass die Bewegungen im mittleren Teil völlig unterdrückt werden. Dieser festliegende Rohrleitungsabschnitt wird Haftbereich genannt. Er bildet den so genannten natürlichen Festpunkt (NFP). Bei Rohren ohne Haftbereich und konstanter Überdeckung ist der Mittelpunkt der NFP.

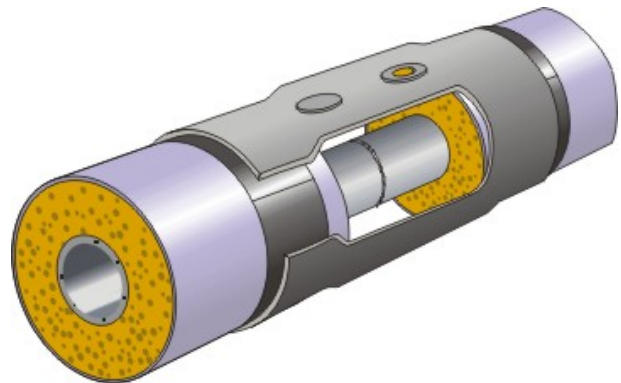
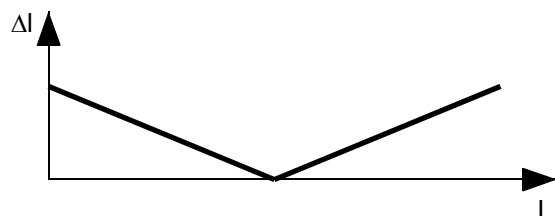
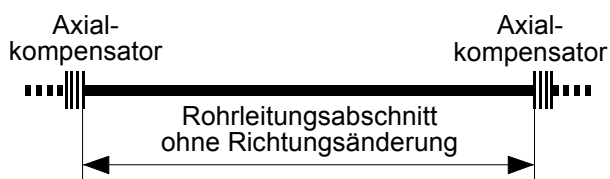


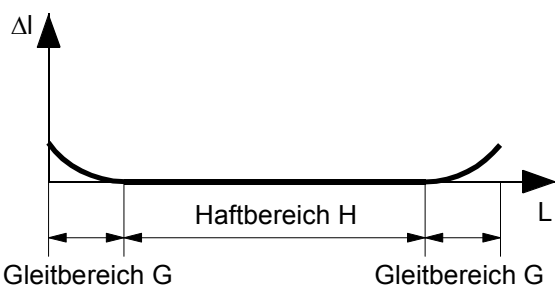
Abbildung 1: Schematische Darstellung zum Aufbau des KMR und einer Muffenverbindung

Abbildung 2 veranschaulicht diesen Vorgang in Abhängigkeit von einer definierten Temperaturdifferenz ΔT .

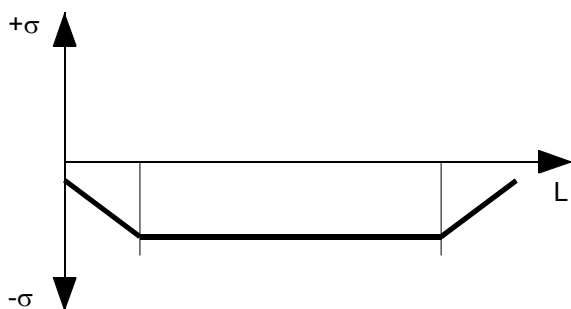
- Fall 1 stellt über der Rohrleitungslänge „l“ die Längenänderung Δl als temperaturbedingte Bewegung der Rohrleitung für den theoretischen Fall dar, dass keine Behinderung durch Reibung vorhanden ist. Wegen der fehlenden Reibungskraft ergibt sich die theoretische Dehnung; im Stahlrohr treten hierbei keine Axialspannungen auf.
- Fall 2 zeigt für die gleiche Leitungsstrecke die Bewegung eines verfüllten KMR. Im Gleitbereich, also in dem Bereich, in dem eine Bewegung des Rohres auftritt, ergeben sich Reibungskräfte, die sich mit zunehmender Rohrlänge addieren. Sie erreichen nach der Rohrlänge G einen Wert, der der Kraft entspricht, die durch die Bewegung des Stahlrohres verursacht wird. Von dieser Stelle an ist keine Bewegung des Rohres mehr möglich.
- Aus Fall 3 ist ersichtlich, dass die Verlängerung infolge Temperaturdehnung und die Verkürzung infolge der entstandenen Druckkraft umgekehrt gleich groß sind.



Fall 1: Längenänderung bei freier Bewegungsmöglichkeit des Verbundrohres; d.h. bei theoretisch reibungsfreier Lagerung



Fall 2: Längenänderung im erdverlegten, d. h. im Erdreich eingebetteten Zustand



Fall 3: Axiale Druckspannung im Stahlrohr durch die Reibung des Mantelrohres im Erdreich

Abbildung 2: Längenänderung und Spannungen bei Temperaturerhöhung; Prinzipskizze für eine definierte Temperaturerhöhung ΔT

Eine Möglichkeit, die auftretenden Spannungen zu reduzieren, besteht in der Vorspannung. Die sich einstellende Druckspannung des Stahlrohres wird durch Verschiebung des spannungsfreien Zustandes gemindert. Als Folge hiervon treten im Haftbereich bei kalter Leitung Zugspannungen auf, wo ohne Vorspannung ein spannungsfreier Zustand herrschen würde, siehe Abbildung 3.

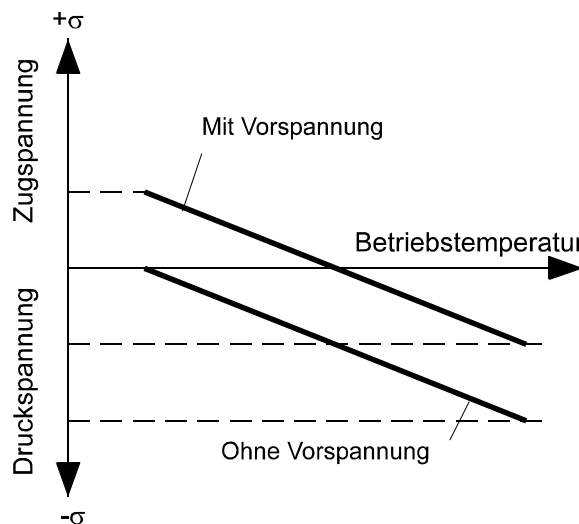


Abbildung 3: Axialspannung im Haftbereich als Funktion der Mediumtemperatur

Beim thermischen Vorspannen wird die Leitung vor dem Verfüllen des Rohrgrabens durch Erwärmen auf die gewählte Vorspanntemperatur gedehnt. Die Vorspanntemperatur richtet sich nach der Temperatureislegung der Leitung:

$$T_{\text{Vorspannung}} = \frac{T_{\text{max Betrieb}} - T_{\text{Verlegung}}}{2 + T_{\text{Verlegung}}}$$

Nach dem anschließenden Verfüllen wird die Leitung abgekühlt, wobei sich durch die aktivierten Erdreibrückkräfte der gewünschte Zugspannungszustand einstellt.

Besondere Aufmerksamkeit ist dem Gleitbereich der Leitung zu widmen; hier müssen bei Richtungsänderungen, Durchmesseränderungen und Abzweigen im Erdreich ausreichende Möglichkeiten zur Aufnahme der sich ergebenden Bewegung quer zur Rohrachse vorgesehen werden. Dazu werden im allgemeinen Dehnpolster verwendet.

Werden Leitungen, in denen sich der Haftbereich einstellt, ohne Vorspannung verlegt, gibt es eine Grenze der Betriebstemperatur, die für übliche Stahlqualitäten bei Einhaltung des Festigkeitswertes $R_{p0,2}$ bei 85 °C liegt.

Für die Lastfälle der Fernwärme können über 0,1 % (Axial-Dehnung an der Streckgrenze) hinausgehende Dehnungen zugelassen werden. Dies ist möglich, da bei einer Fernwärmeversorgung mit gleitender Fahrweise während der Nutzungsdauer statistisch eine begrenzte Anzahl von Volllastwechseln auftritt. Bei dieser Möglichkeit der rohrstatischen Auslegung, der so genannten (bis etwa DN 400 zulässigen) Kaltverlegung, entstehen sehr viel höhere Spannungen als bei vorgespannten Leitungen.

Der verfügbare Gleitbereich kann aus Sicherheitsgründen nur teilweise genutzt werden, siehe Abbildung 4. Will man auf die notwendige „Verstärkung“ von Abzweigen verzichten, muss die Leitungslänge darüber hinaus so begrenzt werden, dass die Axialspannung im geraden Rohr $Re/1,1 = \sigma_{zul}$ nicht überschreitet. Daraus ergibt sich die zulässige Verlegelänge.

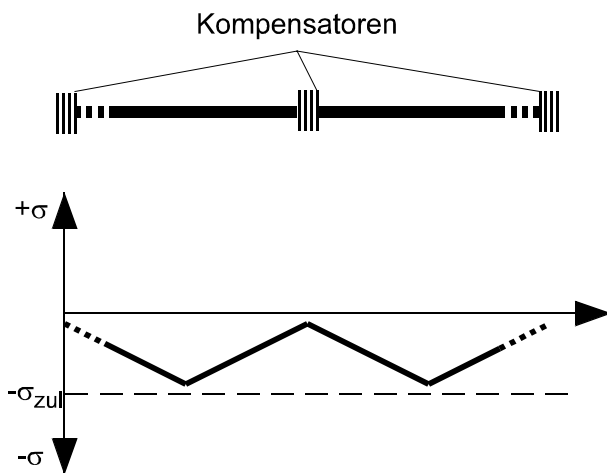


Abbildung 4: Herabsetzen der Druckspannung durch begrenzte Leitungslängen z. B. durch Kompensatoren

3.2 Einsatzbereiche

3.2.1 Mediumrohrtemperatur

KMR dürfen nur mit Heizwasser im Dauerbetrieb bis 120 °C und gelegentlichen mit Spitzentemperaturen bis 140 °C betrieben werden; siehe auch FW 401-1.

3.2.2 Betriebsdruck

KMR können bis zu einem Betriebsdruck von 25 bar_ü und höher verwendet werden. Bei größeren Durchmessern können auch für Betriebsdrücke unter 25 bar_ü - gegenüber den Mindestwanddicken nach DIN EN 253 und FW 401-3 - größere Rohrwanddicken erforderlich werden.

3.2.3 Überdeckung

Nach FW 401-9 sollte die Mindestüberdeckung außerhalb von Straßenbereichen 0,6 m betragen. Im Straßenbereich wird eine Mindestüberdeckung von 0,8 m als sinnvoll angesehen.

Bei geringeren Überdeckungen ist die zulässige Ringbiegespannung aus den Verkehrslasten und die Sicherheit gegen Ausknicken nachzuweisen. Bei größeren Überdeckungen ist zu überprüfen, ob die zulässige Scherspannung im PUR-Hartschaumstoff nicht überschritten wird.

Informativ: Bei einem, nach EN 253, noch als zulässig anzusetzenden $\gamma=2$ ergibt sich $\tau_{ax,zul} = 0,04 \text{ N/mm}^2$. Daraus folgt, dass die Scherspannung im PUR-Hartschaumstoff erst ab einer Überdeckungshöhe von über 2,0 m zu überprüfen ist.

3.2.4 Mediumrohrnennweiten

Der überwiegende Einsatzbereich des KMR liegt im Nennweitenbereich bis DN 600. Das Arbeitsblatt deckt diesen Bereich ab.

Informativ: Die Normenreihe EN 253 gilt für Nennweiten bis DN 1200.

Insbesondere bei den größeren Nennweiten sind besondere statische und betriebliche Randbedingungen zu beachten. Dies betrifft auch die „Tunnelbildung“ des Bettungsmaterials infolge der temperaturbedingten radialen

Durchmesseränderung der KMR sowie Temperaturunterschiede zwischen dem oberen und unteren Rohrbereich bei geringen Strömungsgeschwindigkeiten etc.

3.2.5 Rohrlängen

Die üblichen Standardlieferlängen der geraden Verbundmantelrohre betragen nennweitenabhängig 6 und 12 m; herstellerabhängig werden auch Rohre bis zu Längen von etwa 16 m angeboten.

3.2.6 Dämmdicken

Seitens der Hersteller werden mehrere Dämmdickenreihen angeboten. Bei hohen Wärmegestehungs- bzw. Wärmebezugskosten kann eine höhere Dämmdicke wirtschaftlich sinnvoll sein.

FW 401-3 legt eine Standarddämmdicke fest.

3.2.7 Bodenklassen

Bei der Verlegung in steinigem Boden, Fels oder auch schwerem Lehm ist eine sorgfältige und ausreichend dicke Bettung in der Leitungszone mit vorgeschriebenen Verfüllmaterialien nach FW 401-12 sicherzustellen.

3.2.8 Grundwasser

Das KMR ist bei sorgfältiger Beachtung von Besonderheiten im Grundwasser einsetzbar. Dabei sind geeignete Mantelrohrverbindungen zu wählen und die speziellen statischen Bedingungen infolge der Erdauflast und der verminderten Reibung zu berücksichtigen.

3.2.9 Kombination mit flexiblen Rohrsystemen

Flexible Mantelrohrsysteme können - vor allem im unteren Nennweitenbereich - sinnvoll mit KMR kombiniert werden. Dabei werden die Verteilungsleitungen mit KMR, Unterverteilungen und Hausanschlussleitungen mit flexiblen Rohrsystemen ausgeführt.

Bei der Anwendung der flexiblen Rohrsysteme ist die Merkblattrihe FW 420 insbesondere auch hinsichtlich der zulässigen Betriebsbe-

dingungen (Temperatur, Druck) und der rohrstatischen Gestaltung der Systemübergänge zu beachten.

4 Besonderheiten bei der Anwendung

Die zulässigen Gleitbereichslängen und die sich ergebenden Dehnungen sind für jeden Anwendungsfall zu ermitteln. Für eine Vielzahl von Standardfällen sind Bemessungsdiagramme zur rohrstatischen Auslegung in FW 401-11 enthalten. Für die übrigen Fälle sind gesonderte Berechnungen auf der Grundlage von FW 401-10 anzustellen.

Von erheblichem Einfluss auf Spannungen und Dehnung ist die Überdeckungshöhe. Kann diese zum Zeitpunkt der Berechnungen nicht genau festgelegt werden oder ändert sich die Überdeckungshöhe während des langjährigen Betriebes der Leitung, so sind zwei Extremfälle bezüglich der Belastung zu unterscheiden, und zwar einerseits im Hinblick auf die Dehnung und andererseits auf die Spannungen. Eine geringere Überdeckung hat niedrigere Bettungskräfte und damit eine größere Dehnung zur Folge. Eine höhere Überdeckung bewirkt höhere Reibungskräfte und damit eine erhöhte Materialbeanspruchung. Solche Änderungen der Überdeckung können sich beispielsweise ergeben, wenn eine Leitung vorzeitig vor Abschluss der Verfüll- und Oberflächenarbeiten in Betrieb genommen wird oder wenn das Geländeniveau bzw. die Oberflächenbeschaffenheit über einer bestehenden Leitung verändert wird.

Werden im Bereich von KMR mit Betriebstemperaturen, die über der Verlegetemperatur bzw. Vorspanntemperatur liegen, Baumaßnahmen durchgeführt und wird die Leitung hierbei über längere Trassenabschnitte freigelegt, so besteht die Gefahr des Ausknickens der Leitung. Außerdem können sich die auftretenden Rohrdehnungen wegen der verringerten Reibungskräfte erhöhen. Tiefbauarbeiten in der Nähe von Leitungen oder aber deren Freilegungen dürfen nur mit Zustimmung des Betreibers erfolgen.

Bei vorgespannten Leitungen sind die Reibungskräfte beim Vorspannen geringer anzusetzen als bei späterer Erwärmung im Betrieb. Beim Vorspannen fehlt die Rohrgrabenverfüll-

lung, wodurch sich eine Abminderung der Reibungskräfte ergibt.

Ähnliche Auswirkungen ergeben sich, wenn die Leitung wechselndem Grundwasserstand ausgesetzt ist; die hieraus resultierenden Auftriebskräfte müssen bei der Ermittlung der Reibungskräfte berücksichtigt werden.

Die zulässige Scherbelastbarkeit des PUR-Hartschaumstoffes darf nicht überschritten werden. Diese Gefahr ist bei großen Überdeckungshöhen und kleinen Nennweiten gegeben.

Zur Aufnahme der Bewegung im Dehnschenkelbereich sind Dehnpolster mit ausreichender Elastizität einzusetzen, die unverrottbar sein und genügende Druckfestigkeit gegenüber äußeren Lasten aufweisen müssen. Sie sind so an der KMR-Leitung zu befestigen, dass ein Verrutschen bei den Verfüllarbeiten ausgeschlossen ist. Bei großen Durchmessern und / oder großen Verschiebungen kann die Bewegung im Dehnschenkel in Bauwerken aufgenommen werden.

Der Einsatz von Dehnpolstern führt zu einer Erhöhung der Temperatur des PE-Mantelrohres bzw. der Muffen. Es ist darauf zu achten, dass die Dehnpolsterdicke so begrenzt wird, dass die zulässige Temperatur am PE-Mantelrohr von + 50 °C nicht überschritten wird, siehe FW 401-6.

Informativ: Langjährige Messungen eines Versorgungsunternehmens ergaben bei einer Dehnpolsterstärke von 80 mm und gleitender Fahrweise am PE-Mantelrohr Dauertemperaturen im Bereich von 45 bis 55 °C.

Das KMR-System sollte ohne Festpunktstrukturen ausgeführt werden, da an diesen sehr hohe Axialkräfte auftreten. Nur in Ausnahmefällen ist von diesem Grundsatz abzuweichen.

In die KMR-Leitung können für den direkten Erdeinbau geeignete Erdeinbauarmaturen nach EN 488 bzw. FW 401-5 eingeschweißt werden, so dass auf kostenintensive Schachtbauwerke verzichtet werden kann. Die Armaturen sind festigkeitsmäßig so auszulegen, dass diese alle mechanischen Spannungen - insbesondere die auftretenden Axialkräfte - aufnehmen können, ohne dass deren Funktionsfähigkeit beeinträchtigt ist. Eine Absperrarmatur kann auch mit Zusatzarmaturen zur Entlüftung oder Entleerung ausgestattet sein

(Kombiarmatur). Die erdverlegten Armaturen werden in der Straßenoberfläche mit Schachtdeckeln bzw. mit Straßenkappen abgedeckt, um eine Betätigung zu ermöglichen.

Bei Reparaturarbeiten oder beim nachträglichen Anbringen von Abgängen ist immer der Axialspannungszustand der vorhandenen Rohrleitung zu berücksichtigen. Beim Trennen der Leitung sind die Rohrenden mit geeigneten Maßnahmen gegen Verschiebungen zu sichern; siehe FW 401-13.

5 Normen und Technische Regeln

Normen

EN 253

Fernwärmerohre - Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze - Verbundrohrsystem bestehend aus Stahl-Mediumrohr, Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen

EN 448

Fernwärmerohre - Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze - Verbundformstücke bestehend aus Stahl-Mediumrohr, Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen

EN 488

Fernwärmerohre - Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze - Voredämmte Absperrarmaturen für Stahlmediumrohre mit Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen

EN 489

Fernwärmerohre - Werkmäßig gedämmte Verbundmantelrohrsysteme für direkt erdverlegte Fernwärmenetze - Rohrverbindungen für Stahlmediumrohre mit Polyurethan-Wärmedämmung und Außenmantel aus Polyethylen

EN 13941

Berechnung und Verlegung von werkmäßig gedämmten Verbundmantelrohren für Fernwärme

EN 14419
Fernwärmerohre - Werkmäßig gedämmte
Verbundmantelrohre für erdverlegte Fern-
wärmenetze - Überwachungssysteme

Technische Regeln der AGFW

FW 401

Verlegung und Statik von Kunststoffmantel-
rohren (KMR) für Fernwärmenetze

Teil 1

Anwendungsbereich und Gliederung

Teil 3

Bauteile; Gerade Verbundmantelrohre

Teil 4

Bauteile; Bauteile; Verbundformstücke

Teil 5

Bauteile; Erdeinbauarmaturen

Teil 6

Bauteile; Rohrverbindungen

Teil 7

Bauteile; Kompensationselemente und
sonstige Systembauteile

Teil 8

Bauteile; Überwachungs- und Fehleror-
tungssysteme

Teil 9

Entwurfs- und Ausführungsplanung

Teil 10

Statische Auslegung; Grundlagen der
Spannungsermittlung

Teil 11

Statische Auslegung; Bemessungsdi-
agramme

Teil 12

Bau und Montage; Organisation der Bau-
abwicklung, Tiefbau

Teil 13

Bau und Montage; Rohrbau

Teil 14

Bau und Montage; Muffenmontage

Teil 15

Betrieb von KMR

Teil 16

Prüfverfahren für Mantelrohrverbindungen

Teil 17

Qualitätssicherung

Teil 18

Dokumentation

FW 420

Fernwärmeleitungen aus flexiblen Rohrsys-
temen

Teil 1

Bauteile für Systeme aus polymeren Medi-
umrohren (PMR)

Teil 2

Systeme mit glatten Stahl-Mediumrohren
(Stahlflex)

Teil 3

Systeme mit gewellten Edelstahl-
Mediumrohren (Metallische Wellrohre)

Teil 5

Planung, Bau und Montage, Betrieb

FW 432

Betriebliche Mindestanforderungen an die
Erstellung eines Rohrabzweigs an in Be-
trieb befindlichen Fernwärmeleitungen
nach dem Anbohrverfahren