

Vermeidung kostenintensiver Folgeschäden

Qualitätssicherung beim Bau von Nahwärmenetzen

Aufgrund der relativ geringen Auslegungsparameter für Temperatur und Druck in Nahwärmenetzen sind flexible Rohrsysteme für diesen Einsatzbereich sehr geeignet. Der Autor beschreibt die Erfahrungen beim Einsatz der verschiedenen flexiblen Rohrsysteme und stellt dar, wie mit einem geeigneten Verlegekonzept, einem Qualitätssicherungsplan und der Anwendung des AGFW-Regelwerkes ein hoher Qualitätsstandard beim Bau von Nahwärmenetzen erreicht werden kann.

Seit Anfang der 90er Jahre werden in Deutschland vermehrt Nahwärmenetze gebaut. Diese Netze dienen im Wesentlichen der Wärmeversorgung von Wohngebieten. Günstig wirken sich für den Bau von Nahwärmenetzen die relativ geringen Auslegungsparameter für Temperatur und Druck aus. Daher sind flexible Rohrsysteme für diesen Einsatzbereich sehr geeignet. Allerdings ist für Planung, Bau und Betrieb im Hinblick auf eine sichere und kostengünstige Wärmeversorgung die Einhaltung bewährter Qualitätsstandards auf Basis jahrzehntelanger Erfahrungen in der Fernwärmetechnik geboten. Qualitätssicherung ist kein Luxus, sondern im Rahmen der wirtschaftlichen Gesamtoptimierung durch Vermeidung kostenintensiver Folgeschäden zu sehen.

1 Grundlagen

Im Folgenden werden unter dem Begriff »Nahwärmenetze« alle Fern-/Nahwärmenetze zusammengefasst, die mit maximaler Auslegungstemperatur von rd. 100 °C und mit einer

maximalen Nenndruckstufe PN 6 ausgelegt werden. Die Betrachtungen gelten sinngemäß für Sekundärnetze als Unternetze von Stadtfernheizungen. Im Allgemeinen ist in Nahwärmenetzen die Entfernung zwischen Endverbraucher und Wärmeerezeugungstätte nicht größer als 1,5 km. Nahwärmenetze werden überwiegend als Strahlennetze gebaut. Die größte eingesetzte Rohrdimension liegt meist bei DN 150 bis DN 200.

Für Fern- und Nahwärmenetze hat sich in allen Nennweiten das technisch ausgereifte Kunststoffverbundmantelrohr (KMR) durchgesetzt und bewährt. Die auf den ersten Blick einfach erscheinende KMR-Technik weist - bedingt durch die zu transportierende Wärme - viele technische Besonderheiten auf, die Fachkunde und Erfahrungen bei allen am Bau beteiligten Personen und Unternehmen voraussetzen. Im Gegensatz zu den früher eingesetzten Kanalsystemen handelt es sich bei den KMR um direkt erdverlegte Rohrleitungen. Bedingt durch die auf das KMR wirkenden Erdlasten ist eine freie Dehnung der Rohrleitungen nicht möglich. Zwischen Mantelrohr und dem umgebenden Erdreich (Bettungskies) treten Reibungskräfte auf, die Spannungen in den Rohrleitungen verursachen. Diese Spannungen müssen für die Rohrleitungen berechnet und durch geeignete Maßnahmen begrenzt werden, so dass daraus keine Schäden innerhalb der angestrebten technischen Nutzungsdauer entstehen. Zudem erfordern die wechselnden Betriebstemperaturen in Nahwärmenetzen von

der »Sommertemperatur« für Trinkwassererwärmungs-Anlagen bis zur Auslegungstemperatur bei der örtlich geltenden Normaußentemperatur nach DIN 4701 einen Festigkeitsnachweis zur Verhinderung eines vorzeitigen Ermüdungsbruches.

Aus den genannten Gründen werden an natürlichen Brechpunkten (z.B. Bögen) zur Aufnahme der Dehnungen (Verschiebungen) Dehnpolster eingesetzt. Zur Begrenzung der maximal zulässigen Spannungen sind unter Umständen weitere Kompensationsmaßnahmen wie Vorspannung oder Kompensatoren erforderlich.

Primär weisen Nahwärmenetze wegen der niedrigeren Auslegungs- und Betriebstemperaturen im Vergleich zu den traditionellen Stadtfernheizungen deutlich geringere Belastungen an das eingesetzte Material auf. Dies betrifft besonders die Alterung des PUR-Schaums und die statischen Belastungen des Rohrnetzes. Deshalb kann mit einer im Wesentlichen unkomplizierten Qualitätssicherung für Planung, Bau und Betrieb mit relativ einfachen und geringen Mitteln eine Nutzungsdauer >30 Jahren realisiert werden.

Die Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft - AGFW e.V., Frankfurt (Main), hat mit dem Arbeitsblatt FW 401 »Verlegung und Statik von Kunststoffmantelrohren (KMR) für Fernwärmenetze« ein umfassendes Regelwerk für den Bau von Fernwärmenetzen herausgegeben. In Teil 17 der FW 401 wird detailliert auf die Qualitätssicherung auf Basis der QM-Elemente nach EN ISO 9000ff. eingegangen. Bei Nahwärmenetzen ist die Qualitätssicherung weniger umfangreich.

Wie in der FW 401 Teil 17 beschrieben, ist die Qualitätssicherung ein umfassender Prozess, der sich über Planung, Ausschreibung und Vergabe, Herstellung, Transport und Lagerung, Montage, Inbetriebnahme bis hin zur Abnahme und dem Betrieb fortsetzt.

2 Flexible Rohrsysteme

Nahwärmenetze eignen sich fast uneingeschränkt für den Einsatz flexibler Rohrsysteme, die im Aufbau den herkömmlichen KMR sehr ähnlich sind (Bild 1 bis 4). Sie bestehen aus einem Mediumrohr, dessen Werkstoff für den allgemein üblichen Oberbegriff verwendet wird. So werden flexible Mantel-Rohr-



Dipl.-Ing. *Asmus Nielsen*,
EVN Ingenieurgesell-
schaft mbH, Flensburg.



Figure 1. PE-X pipeline (cross-linked PE)

Bild 1. PMR mit Mediumrohr aus PE-X (vernetztes PE)

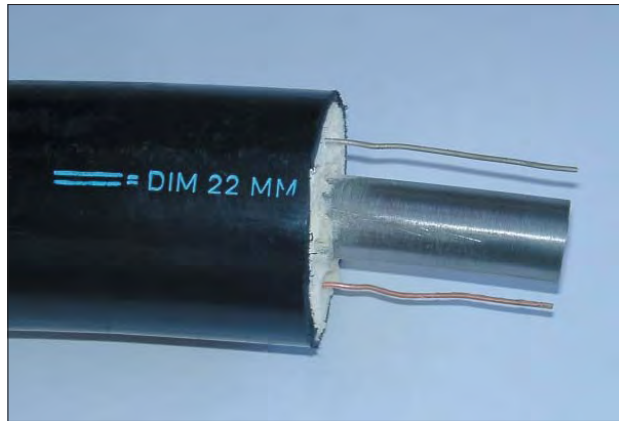


Figure 2. Flexible pipeline with steel medium pipe

Bild 2. MMR mit Mediumrohr aus Stahl (Stahlflex)

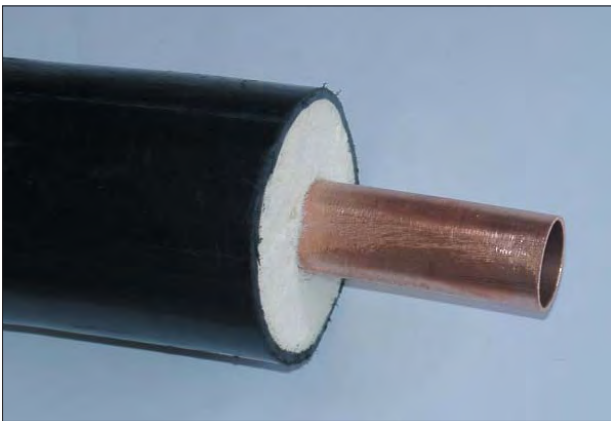


Figure 3. Flexible pipeline with copper medium pipe

Bild 3. MMR mit Mediumrohr aus Kupfer (Cu-Flex)



Figure 4. Casaflex - Corrugated medium pipe (stainless steel)

Bild 4. Casaflex - Mediumrohr aus Edelstahlwellrohr

systeme mit Mediumrohren aus polymeren Werkstoffen (z.B. aus PE-X oder PB) kurz PMR, die mit metallischen Mediumrohren (z.B. Stahl oder Kupfer) kurz MMR genannt. Es werden zahlreiche unterschiedliche flexible Rohrsysteme angeboten. Im Folgenden wird näher auf marktgängige längswasserdichte Rohrsysteme, die mit PUR-Schaum wärmegeämmt sind, eingegangen. Längswasserdichte Systeme bieten den Vorteil, dass sie im Schadensfall den Transport von Wasser entlang der Rohrleitung erschweren. Andere hier nicht aufgeführte Systeme haben selbstverständlich ihre Einsatzbereiche, würden aber den Rahmen dieses Artikels überschreiten.

Mit flexiblen Rohrsystemen wird eine weitere Kostensenkung im Rohrleitungs- und Tiefbau angestrebt, wobei die Systeme eine gleichwertig hohe Versorgungssicherheit (Qualität) gewährleisten müssen. Kosteneinsparpotenziale ergeben sich vor allem durch:

- Reduzierung der Montagezeiten,
- geringere Grabenbreiten (z.B. keine betretbaren Gräben nach DIN 4124),
- Reduzierung der Anzahl der Schweißnähte und Muffenverbindungen,
- Einsparung von Komponenten wie Rohrbögen, Dehnpolster bei örtlich bedingten Richtungswechseln,
- Verzicht auf Kompensationsmaßnahmen (»selbstkompensierende« Systeme).

Die angestrebten Kostenvorteile können mit flexiblen Rohrsystemen nur erzielt werden, wenn sie als Rollenware (Länge ≥ 50 m) geliefert werden. Stangenware bedeutet viel Verschnitt mit entsprechend höheren Kosten sowie zusätzliche Rohr- und Muffenverbindungen mit Schadensrisiko.

2.1 Systemeigenschaften flexibler Rohrsysteme

Im Folgenden werden die Systemeigenschaften der 4 flexiblen Rohrsysteme PE-X (vernetztes Polyethy-

len), Stahlflex (weichgeglühtes Stahlrohr), Cu-Flex (weichgeglühtes Kupferrohr) und Casaflex (Edelstahlwellrohr) dargestellt. Diese Rohrsysteme unterscheiden sich von herkömmlichen KMR neben dem Material für das Mediumrohr auch durch die Beschaffenheit des PUR-Schaumes und des PE-Mantels. Als Wärmedämmung wird ein semiflexibler PUR-Schaum verwendet. Hierdurch kann die Biegesteifigkeit des Rohres merklich reduziert werden. Der Schaum darf zu keinem Zeitpunkt - auch nicht kurzzeitig - mit einer Temperatur $>130^\circ\text{C}$ beaufschlagt werden, was aber definitionsgemäß in den hier betrachteten Nahwärmenetzen nicht auftreten kann.

Der Mantel besteht aus Polyethylen geringer Dichte (PE-LD). Dieses Material ermöglicht das Biegen des Rohres auf der Baustelle. Zu beachten ist die hohe Empfindlichkeit gegenüber UV-Strahlung. Bei einigen Herstellern befindet sich zwischen Mantel und PUR-Schaum eine zusätzliche

PE- oder Aluminium-Folie, die aus fertigungstechnischen Gründen eingesetzt wird. Die flexiblen Rohrsysteme werden in einem kontinuierlichen Prozess (Konti-Verfahren) als Endlosrohre hergestellt. Die üblichen Manteldicken variieren zwischen 1,6 und 2,9 mm (je nach Hersteller).

Um das Mediumrohr und den PUR-Schaum vor unzulässigen Belastungen zu schützen, sind die minimalen Biegeradien nach Herstellerangaben strikt einzuhalten. Die minimalen Biegeradien liegen hersteller-, dimensions- und systemabhängig zwischen 0,6 und 1,5 m.

Die genannten flexiblen Rohrsysteme werden auch in Form von Doppelrohren angeboten. Doppelrohrsysteme benötigen in den überwiegenden Anwendungsfällen verhältnismäßig teure Einzelkomponenten wie Bögen, Abzweige und Hosenrohre. Sie sind nur als begrenzt flexibel einzustufen, da sie eine recht ausgeprägte Biegesteifigkeit aufweisen. Nach den Erfahrungen der EVN Ingenieurgesellschaft mbH, Flensburg, sind Doppelrohrsysteme überwiegend bei der Verlegung von längeren Trassenabschnitten zwischen zwei unterkellerten Gebäuden, d.h. in Bestandsgebieten mit hohen Tiefbaukosten und möglichst ohne Verlegung von Formteilen, die den Vorteil geringerer Tiefbaukosten »aufzehren«, wirtschaftlich. Deshalb werden diese Systeme hier nicht weiter behandelt. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass jedes System anwendungsspezifisch für den Bau eines Nahwärmenetzes betrachtet sowie technisch und wirtschaftlich bewertet werden sollte.

PE-X-System

Bei dem PE-X-System (*Bild 1*) besteht das Mediumrohr aus vernetztem Polyethylen durch das Sauerstoff und Wasserdampf in geringen Mengen diffundieren kann. Deshalb muss zur Vermeidung bzw. Verringerung der Diffusion von Wasserdampf und Sauerstoff eine Sperrschicht (Folie) auf das Mediumrohr aufgetragen werden. Beim Kürzen oder Biegen der Rohre ist darauf zu achten, dass diese Sperrschicht nicht beschädigt wird.

PE-X-Leitungen werden durch Kupplungsstücke verbunden. Diese Verbindungstechnik hat sich bewährt. PE-X-Systeme sind selbstkompensierend. Dies bedeutet, dass keine Dehnpolster notwendig sind. Die maximale Auslegungstemperatur liegt

im Vergleich zu den anderen drei Systemen herstellerabhängig bei 90 bis 95 °C. Bei Außentemperaturen unter rd. 5 °C sind die Rohre sehr formstabil. Dies erschwert das Verlegen der Leitungen.

Die AGFW hat im Dezember 2000 das Merkblatt FW 420 Teil 1 »Fernwärmeleitungen aus flexiblen Rohrsystemen; Bauteile für Systeme mit Kunststoff-Mediumrohren herausgegeben«. Dort ist sehr detailliert das PMR-System dargestellt.

Stahlflex-System

Bei dem Stahlflex-System (*Bild 2*) besteht das Mediumrohr aus nahtlos gezogenem Weichstahlrohr. Die technischen Einsatzbereiche (Temperatur und Druck) und verwendeten Stahlqualitäten sind je nach Hersteller unterschiedlich. Für Nahwärmenetze sind prinzipiell alle gängigen Produkte verwendbar. Der Vorteil des Stahlflex-Systems ist die gute Schweißbarkeit des Werkstoffes Stahl. Qualifizierte Schweißer können problemlos eine sichere Rohrverbindung herstellen.

Stahlflex wird beim Hersteller aus 12 bis 16 m langen Rohrstangen zusammengeschweißt (WIG-Verfahren), um die gewünschten Lieferlängen als Rollenware anzufertigen. Über die durchgeführten Schweißnahtprüfungen sind Nachweise zu verlangen. Meist werden rd. 10 % der Werkschweißnähte einer Durchstrahlungsprüfung unterzogen. Höhere Anforderungen mit einem Prüfungsumfang von 100 % sind empfehlenswert. Weiterhin sollte auf die maximal zulässige Exzentrizität der Mediumrohrleitung geachtet werden. Der Arbeitskreis »Flexible Rohrsysteme« der AGFW plant ein Merkblatt auszuarbeiten, das unter anderem Mindestanforderungen für das Stahlflex-System enthält (FW 420 Teil 2 »Fernwärmeleitungen aus flexiblen Rohrsystemen; Systeme mit glatten Stahl-Mediumrohren (SFX)«).

Das Stahlflex-System wird in den Dimensionen von 22 x 2,0 bis 28 x 2,0 mm angeboten. Es eignet sich in Nahwärmenetzen sehr gut für den Anschluss von Einfamilien- und Reihenhäusern und kann von erfahrenen Monteuren gut auf der Baustelle verlegt werden.

Das Stahlflex-System ist nicht als selbstkompensierend anzusehen. In Anlehnung an die Statik des Arbeitsblattes FW 401 sind statische Berechnungen durchzuführen. Zudem werden von den Herstellern Verlege-

richtlinien herausgegeben. Das Stahlflex-System hat sich nach den Erfahrungen der EVN Ingenieurgesellschaft mbH aus technischen und wirtschaftlichen Gründen sehr bewährt (siehe Abschnitt 4).

Ein Hersteller bietet Stahlflex-Leitungen mit Leckwarnsystem (Nordisches System) an. Dies sollte nur für Hausanschluss-Leitungen eingesetzt werden, bei denen im Gebäude eine Messstelle vorgesehen ist (siehe Abschnitt 3).

Cu-Flex-System

Das Mediumrohr des Cu-Flex-Systems (*Bild 3*) besteht aus zugweichem, nahtlos gezogenem Kupferrohr nach DIN 1787. Cu-Flex weist den prinzipiell gleichen Aufbau wie Stahlflex auf. Gleichfalls variieren die technischen Einsatzbereiche (Temperatur und Druck) je nach Hersteller.

Es wird weiches Kupfer eingesetzt, so dass in den Lötverbindungen keine zu hohen Beanspruchungen auftreten können. Das Material baut Spannungen durch plastische Verformung - vergleichbar der »Kaltverlegung« bei konventioneller KMR-Verlegung - ab. Deshalb sind auch die Gleitbereiche relativ kurz. Die Angaben über die vorzunehmenden Kompensationsmaßnahmen (Dehnpolster) sind je nach Hersteller sehr unterschiedlich und genauestens zu beachten.

Cu-Flex lässt sich sehr gut biegen und ist als sehr flexibel einzustufen. Das »Umfahren« von Hindernissen oder das Einbringen in Hülsrohre z.B. bei nichtunterkellerten Gebäuden ist einfach. Cu-Flex-Rohrleitungen werden in den Dimensionen von 15 x 1 mm bis 35 x 1,5 mm als Rollenware angeboten.

Es ist darauf zu achten, dass die von den Herstellern vorgeschriebenen Lötzusätze verwendet werden.

Casaflex-System

Die Brugg Rohrsysteme GmbH bietet für den Nennweitenbereich bis DN 50 das Casaflex-System (*Bild 4*) an. Als Mediumrohr wird ein Edelstahlwellrohr (Werkstoff X5 CrNi 18/9 nach DIN 17441) verwendet. Bedingt durch das Wellrohr ist das System selbstkompensierend und recht flexibel bezüglich der Verlegung im Rohrgraben und durch Hülsrohre. Als Rohrverbindungen werden spezielle Kupplungen angeboten, die mittels eines Graphit-Dichtringes und Schraubverbindungen eine sichere Verbindung ermöglichen. Bei

der Montage im Rohrgraben ist besonders auf die Sauberkeit der Dichtflächen zu achten.

Das Casaflex-System ist mit Leckwarnadern verschiedener Systemanbieter erhältlich.

2.2 Wirtschaftlichkeit

In Wohngebieten mit zahlreichen Einfamilien- und Reihenhäusern sind flexible Rohrsysteme in den Dimensionen DN 15 / DN 20 sehr gut geeignet. Ab der Dimension DN 32 werden KMR standardmäßig in 12 m langen Rohren angeboten, so dass flexible Rohrsysteme nicht grundsätzlich günstiger sein müssen. Dies gilt besonders, wenn verhältnismäßig viele Formteile verlegt werden. Zudem ist zu berücksichtigen, dass in Neubaugebieten Hausanschluss-Leitungen je nach Baufortschritt nachträglich hergestellt werden müssen; dies bedeutet, dass die Verteilleitungen für das Anbohrverfahren geeignet sein sollten.

Zu dem Thema »Flexible Rohrsysteme« plant die AGFW das Merkblatt FW 420 Teil 5 »Fernwärmeleitungen aus flexiblen Rohrsystemen; Planung, Bau und Montage, Betrieb« herauszugeben.

3 Planung, Ausschreibung und Vergabe von Bauleistungen, Dokumentation

Vor der Aufstellung eines Leistungsverzeichnisses mit Massenermittlung und Qualitätsanforderungen ist ein Verlegekonzept auszuarbeiten. Bei vielen Projekten hat sich eine kombinierte Verlegung der Rohrleitungen für die Verteilleitungen in herkömmlichen KMR und für die Hausanschluss-Leitungen mit einem flexiblen Rohrsystem als die technisch und wirtschaftlich optimale Lösung herausgestellt.

Das Verlegekonzept beinhaltet unter anderem Fragen der statischen Auslegung des Netzes. Speziell in Nahwärmenetzen kann beim Vorhandensein eines Wärmeerzeugers problemlos thermisch vorgespannt werden. Somit ist die Gefahr des Ausknickens bei späteren Aufgrabungen der Leitungen wesentlich geringer. Zudem reduzieren sich die Anzahl und Dicke der Dehnpolster. Für T-Abzweige brauchen aus statischen Gründen keine Verstärkungen vorgesehen werden. Die Überprüfung von Abzweigen nach AD-Merkblatt B 9 beschränkt sich meist auf etwa gleiche Durch-

messer von Grundrohr und Abzweig. Zu beachten ist, dass diese Berechnung meist nicht bei der statischen Auslegung durchgeführt wird.

In dem Verlegekonzept muss entschieden werden, ob bzw. welches Leckwarnsystem verwendet werden soll. Das Leckwarnsystem ist nicht nur im Hinblick auf eine spätere Schadensfeststellung und deren Lokalisierung zu beurteilen. Nach den Erfahrungen der EVN Ingenieurgesellschaft mbH verbessert sich die Qualität der Ausführungsarbeiten der Rohr- und Muffenverbindungen weiter, da den Schweißern/Muffenmonteuren die Wirkung dieses permanenten »Qualitätsdetektors« bewusst ist.

In Nahwärmenetzen empfiehlt es sich die Verteilleitungen mit einem Leckwarnsystem auszustatten. Für Hausanschluss-Leitungen ist dies nicht zwingend erforderlich bzw. bei PE-X nicht möglich, wenn flexible Leitungen eingesetzt werden. Da in Nahwärmenetzen mit Einfamilien- und Reihenhäusern der Anteil der Hausanschluss-Leitungen rd. 50 % der Gesamttrassenlänge beträgt, ist dies mit Kosteneinsparungen verbunden. Die zu fordernde Qualität der flexiblen Rohrsysteme muss ein Leckwarnsystem überflüssig machen. In den Verteilleitungen ist gerade das Leckwarnsystem bei nachträglich hergestellten Hausanschlüssen sehr sinnvoll, da die Schweißnaht am Anbohrhahn ein Schwachpunkt ist. Vor Ablauf der Gewährleistungsfrist (meist 5 Jahre) ist das Netz »durchzumessen«.

Die Vorverlegung von Hausanschluss-Leitungen auf Grundstücke ist mit flexiblen Leitungen ohne Leckwarnsystem als problematisch anzusehen, da die zusätzlichen Rohr- und Muffenverbindungen im Schadensfall sehr schwierig zu lokalisieren sind. Vorverlegungen von Hausanschluss-Leitungen sollten nach Möglichkeit vermieden werden.

Das Anbohrverfahren ist nach den Erfahrungen der EVN Ingenieurgesellschaft mbH ab KMR-Dimension DN 25 in Nahwärmenetzen problemlos möglich. Die Durchführung erfolgt entsprechend Arbeitsblatt FW 432 »Betriebliche Mindestanforderungen an die Erstellung eines Rohrabzweiges an in Betrieb befindlichen Fernwärmeleitungen nach dem Anbohrverfahren«.

In den technischen Vorbemerkungen für die Ausschreibung eines Bauvorhabens sind neben den üblichen Baubeschreibungen und dem

Verlegekonzept Anforderungen an das zu liefernde Material und die Ausführungsarbeiten einschließlich deren Überprüfung detailliert zu beschreiben. Ohne definierte Qualitätsstandards und Prüfungen werden Fehler sehr schnell im Erdreich verschwinden, sich jedoch bald wieder bemerkbar machen.

Die angelieferten Materialien sind gemäß Herstellerangaben sachgemäß zu lagern. Risse oder Kerben im Mantel sind nicht zulässig. Nachweise über Materialeigenschaften und deren Überprüfungen durch den Hersteller sind dem Auftraggeber auszuhändigen.

Für die Auswahl der Fachunternehmen im Rohrleitungsbau hat die AGFW das Arbeitsblatt 601 »Qualifikationskriterien für Rohrleitungsbauunternehmen« im November 2001 herausgegeben. Zur Erlangung des Zertifikates müssen die Rohrleitungsbauunternehmen über qualifiziertes Fachpersonal, über langjährige Erfahrungen und eine angemessene technische Ausstattung verfügen sowie Kenntnisse im AGFW-Regelwerk nachweisen können. Wichtig ist, dass das ausführende Unternehmen entsprechend den geforderten Bauleistungen über eine Schweißaufsicht verfügt (SFI, SFT oder SFM). Schweißer müssen eine gültige Prüfung nach EN 287 Teil 1 nachweisen und unter Baustellenbedingungen durchstrahlungssicher Schweißen können. Für nachträgliche Hausanschlüsse muss der Schweißer eine Prüfung im E-Schweißen nachweisen können, um einen Anbohrhahn fachlich einwandfrei auf das Grundrohr schweißen und die angefertigte Schweißnaht beurteilen zu können.

Für die Qualitätssicherung von Schweißnähten sind Dichtheitsprüfungen - vorzugsweise Luftdruckproben - gemäß Arbeitsblatt FW 602 »Prüfungen an Fernwärmeleitungen - Druckprüfungen an Mediumrohren« und Durchstrahlungsprüfungen durchzuführen und zu protokollieren. In der Anlage zur FW 602 befindet sich ein Musterprotokoll. Die vom Auftraggeber beauftragte Bauüberwachung muss über Kenntnisse im Schweißen von Rohrleitungen verfügen, um die Qualität einer Schweißnaht visuell bewerten zu können. Das Arbeitsblatt FW 446 »Schweißnähte an Fernwärmerohrleitungen aus Stahl« mit Teil 1 »Zulässige Unregelmäßigkeiten« und Teil 2 »Schweißen und Prüfen« ist zu befolgen.



Figure 5. Local heating network with distribution pipeline (rigid pre-insulated bonded pipe) / house connection pipeline (flexible steel pipe)

Bild 5. Nahwärmenetz mit Verteilleitung aus KMR / Hausanschluss-Leitung aus MMR (Stahlflex)

Der Auftragnehmer hat während der gesamten Bauphase ein Rohrbuch zu führen, in dem die Längen der Rohre/Formteile von Schweißnaht zu Schweißnaht und die Zuordnung des jeweiligen Schweißers zur angefertigten Naht hervorgehen.

In den Verdingungsunterlagen sollte künftig die Zertifizierung nach FW 601 gefordert werden, die sich in den kommenden Jahren mit aktiver Unterstützung der Versorgungsunternehmen etablieren sollte.

Je höher die Qualifikation der beteiligten Personen ist, desto gewissenhafter werden die Ausführungsarbeiten ausgeführt. So sollten schwerwiegende Mängel - wie keine Beherrschung oder Anwendung der Nach-Rechts-Schweißung, Verlegen von Knicken $>3^\circ$ (Haftbereich) bzw. $>5^\circ$ (Gleitbereich), das Ziehen der Rohre über Asphaltdecken mit Beschädigen des Rohrmantels oder das Biegen von Rohren ohne Berücksichtigung der minimal zulässigen Biegeradien - auf keiner Baustelle mehr vorkommen.

Die AGFW-Schadensstatistik von 1998 zeigt, dass etwa jeweils ein Drittel der Schäden an KMR auf Fehler von Schweißnähten und von Muffen

zurückzuführen sind. Deshalb sollten Muffenmonteure unbedingt entsprechend dem Arbeitsblatt FW 603 »Muffenmontage an Kunststoffmantelrohren (KMR); Prüfung von Muffenmonteuren« geprüft worden sein, und zwar nach Möglichkeit mit erweiterten Kenntnissen und Fertigkeiten zum Schweißen von PE-Mantelrohren. Qualifizierte Monteure führen ihre Arbeit gewissenhafter aus und mindern das Schadensrisiko an Muffen erheblich. Nach erfolgter Muffenmontage sind diese mit einer Luftdruckprobe visuell auf fachlich einwandfreie Ausführung zu überprüfen.

Die Montage der Dehnpolster ist so auszuführen, dass diese dauerhaft in der Dehnungszone am Rohrmantel bleiben. Gerade bei den Verdichtungsarbeiten dürfen sich die Polster nicht verschieben und damit gegebenenfalls unwirksam werden. Die Anzahl und Dicke der montierten Dehnpolster ist in den Bestandsplänen zu dokumentieren.

Für das Leckwarnsystem ist ein Schleifenplan zu erstellen. Die gemessenen Widerstandswerte sind zu protokollieren.

4 Beispiel - Qualitätssicherung und Bauausführung

Anhand *Bild 5* folgen einige Erläuterung über die Verlegung von KMR und MMR bezüglich einer Qualitätssicherung. Das Beispiel wurde bewusst wegen der kleinen Dimension (DN 25 / 90) für eine Verteilleitung gewählt, die in Bezug auf die Bau-technik für Nahwärmenetze repräsentativ ist.

Nach dem Verlegen und Ausrichten der KMR-Leitungen im Graben werden die Rohre durch einen geprüften Schweißer entsprechend EN 287-Teil 1 autogen zusammengeschweißt. Anschließend wurden die Schweißnähte einer Dichtheitsprüfung unterzogen. Eine Luftdruckprobe ist grundsätzlich aussagefähiger und einer Kaltwasserdruckprobe vorzuziehen. Jede Schweißnaht wurde gemäß FW 602 einer visuellen Begutachtung unterzogen. Eine Durchstrahlungsprüfung wurde nicht durchgeführt, da der Schweißer seit vielen Jahren bekannt ist und eine stichprobenartige Überprüfung im Rahmen des Bauvorhabens sich als zweckmäßig erwiesen hat.

Vor dem Schrumpfen der Muffen sind die Rohrleitungen und Rohrenden gründlich von Verunreinigungen zu säubern. Für das Leckwarnsystem sind die Drähte und Abstandshalter zu montieren. Nach dem Schrumpfen der Muffen ist deren Dichtheit ebenfalls mit einer Luftdruckprobe mit 0,2 bar abzuseifen und zu prüfen. Für die Muffenmontage werden ausschließlich qualifizierte Muffenmonteure nach FW 603 eingesetzt.

An den Brechpunkten wurden gemäß statischer Berechnungen die Dehnpolster angebracht. Diese wurden mit reißfester Tape-Bandage befestigt, so dass die Wirksamkeit der Dehnpolster durch deren Verschieben während des Verdichtens des Bodens nicht beeinträchtigt werden kann. Die Dehnpolster müssen resistent gegen Sandeindringung sein. Ein Vorspannen der Verteilleitung und eine Verstärkung des Abzweiges (»Angstkragen«) war nicht erforderlich.

Als Hausanschluss-Leitung wurde ein flexibles Rohrsystem mit metallischem Mediumrohr (MMR) verwendet. In diesem Fall wurde aus wirtschaftlichen und aus technischen Gründen das Stahlflex-System eingesetzt. Stahlflex ist kein selbstkompensierendes System und muss - wie in *Bild 5* dargestellt - mit Dehnpols-

tern zur Kompensation ausgestattet werden. Der Abzweig wurde aus statischen Gründen als T-Parallel-Abzweig ausgeführt und im Bogenbereich sowie unmittelbar am Anschluss an das KMR gepolstert, um die dortigen Verschiebungen der Verteilleitung aufzunehmen.

Der T-Parallel-Abzweig ist aus zwei Gründen rd. 60 ° schräg gestellt worden: Einerseits lassen sich so Tiefbaukosten reduzieren, andererseits ist so das Einfüllen des PUR-Schaumes bei den Nachdämmarbeiten wesentlich einfacher, das heißt ein vollständiges Ausfüllen der Muffe ist leichter zu erzielen. Nach dem Ausgasen wurden die Muffen verschlossen.

Der T-Parallel-Abzweig ist als Montage T-Muffe ausgeführt. Diese Technik hat sich nach Auffassung der EVN Ingenieurgesellschaft mbH sehr bewährt und erspart im Vergleich zu werkseitig hergestellten Formstücken zwei Muffen je Abzweig. Bei nachträglich hergestellten Hausanschluss-Leitungen mit dem Anbohrverfahren wird die Montage-Muffe gleichfalls eingesetzt, da das Extrusionsschweißen aufwendiger und teurer ist.

Sämtliche Muffen sind visuell zu prüfen, ob sie z.B. richtig geschrumpft worden und keine Blasen durch Überhitzung auf dem PE-Mantel zu erkennen sind.

Die Hausanschluss-Leitung wird nicht mit einem Leckwarnsystem ausgestattet. Der Hersteller hat aber den Nachweis zu erbringen, welche werkseitigen Prüfungen an den Stahlflex-Leitungen vorgenommen worden sind.

Der Rohrleitungsbauer fertigt ein Rohrbuch, einen Schleifen- und Dehnpolsterplan an. Schweißer-Prüfungsbescheinigungen, Prüf-, Mess- und Abnahmeprotokolle sind dem Auftraggeber zusammen mit den gemäß Leistungsverzeichnis geforderten Nachweisen über die eingesetzten Materialien auszuhändigen.

Die Kanthölzer und die im Graben vorhandenen Steine werden entfernt. Anschließend werden die KMR mit Bettungskies umgeben. Oberhalb der Vor- und Rücklaufleitung werden Trassenwarnbänder verlegt. Da sämtliche Versorgungsleitungen und -kabel in einem gemeinsamen Graben verlegt werden (Breite >1,50 m), wird nach dem Verfüllen des Grabens ein Lastplattendruckversuch nach DIN 18134 durchgeführt. Bei geringeren Grabenbreiten ist die Qualität der Verdichtung mit einer Rammsonde (»Künzel-Stab«) nachzuweisen.

Die Trinkwasserleitung wurde bereits vor den KMR-Leitungen verlegt. Nach Fertigstellung der kompletten

KMR-Leitung erfolgt die Verlegung der Kabel für Niederspannung, Straßenbeleuchtung, Telekommunikation und Breitbandkabel. Die Muffen wurden vor Verlegung der Kabel hergestellt, um deren unbeabsichtigtes Beschädigen - z. B. durch die Propangas-Flamme - auszuschließen.

5 Schlussbemerkung

Die einfach erscheinende Verlegung von Kunststoffverbundmantelrohren darf nicht zur Unterschätzung des Schadensrisikos durch unzureichende Materialqualitäten und Ausführungsarbeiten führen. Die Behebung eines einzigen Rohrschadens führt zu Kosten von rd. 5 000 bis 10 000 €. Die jahrzehntelangen Erfahrungen aus der Fernwärmetechnik ermöglichen eine systematische Schadensvermeidungsstrategie. Dabei braucht das Rad nicht zum x-ten Mal wieder erfunden werden. Mit Hilfe eines Verlegekonzeptes, eines Qualitätssicherungsplanes und der Anwendung des AGFW-Regelwerkes ist für Nahwärmenetze ein hoher Qualitätsstandard problemlos und kostengünstig zu erreichen. Dies zahlt sich für das Versorgungsunternehmen durch wirtschaftlichen Erfolg und zufriedene Kunden aus. ■

Summary of the report

Quality assurance in the construction of small district heating networks

Increasing numbers of small district heating networks have been built throughout the Federal Republic of Germany since the beginning of the 1990s. Small district heating networks are primarily used to supply residential areas with heat from packaged combined heat and power stations operated by gas engines and, to an increasing extent, from biomass heating (and power) stations. The relatively low temperature and pressure design parameters favour the construction of small district heating networks. Such networks are thus highly suited to the use of flexible pipe systems. However, observance of established quality standards, based on decades of experience in district heating technology, is required for planning, construction and operation with a

view to a reliable, cost-effective heating supply. Quality assurance is not a luxury, but must be considered within the framework of overall economic optimisation by avoiding cost-intensive consequential losses.

The German District Heating Association has issued a comprehensive specification for the construction of district heating networks in the form of worksheet FW 401: »The laying and statics of preinsulated bonded pipes for district heating networks«. Part 17 of FW 401 considers quality assurance on the basis of the quality management components of EN ISO 9000ff. Quality assurance is much less extensive in the case of small district heating systems.

Quality assurance is a comprehensive process which extends to

planning, invitations to tender, awards, production, transport, storage, installation, commissioning, inspection and operation.

The laying of preinsulated bonded pipes, which appears simple, must not lead to an under-estimate of the risk of damage arising from unsatisfactory material qualities and work. Rectification of one isolated case of pipe damage entails costs of approximately 5,000 to 10,000 €. District heating expertise facilitates a systematic strategy for avoiding damage. There is no need to re-invent the wheel for the umpteenth time. A high quality standard can be achieved easily and cost-effectively on small district heating networks by using a laying plan, a quality assurance plan and by applying the AGFW specification. This will repay the utility in terms of financial success and satisfied customers. ■