

Qualitätssicherung im Fernwärme-Rohrleitungsbau

Bau einer KMR-Transportleitung DN 700 in München

Im Rahmen der Dampfnetzumstellung baut die Stadtwerke München GmbH zur Zeit eine 5,5 km lange Fernwärmetransportleitung DN 700. Die Autoren beschreiben die vielfältigen Maßnahmen zur Qualitätssicherung, die bei Planung, Ausschreibung, Rohrherstellung und -verlegung angewendet werden.

Als größter kommunaler Infrastruktur-Dienstleister Deutschlands setzen die Stadtwerke München GmbH (SWM) seit Jahrzehnten auf effiziente und ökologisch sinnvolle Energieumwandlung durch Kraft-Wärme-Kopplung. Um die teurer werdenden Brennstoffe möglichst effizient zu nutzen und die Kosten des Netzbetriebs zu senken, hat sich die SWM entschieden, das große Fernwärmenetz in der Innenstadt von Dampf auf Heißwasser umzustellen.

Die zur Zeit im Bau befindliche Südspange, eine 5,5 km lange Fernwärmetransportleitung DN 700, erfüllt eine wesentliche Aufgabe bei dieser Dampfnetzumstellung. Mit dieser Transportleitung wird das künftige Heißwassernetz Innenstadt vom HKW Süd versorgt. Im Folgenden werden die vielfältigen Maßnahmen zur Qualitätssiche-

rung beschrieben, die bei Planung, Ausschreibung, Rohrherstellung und -verlegung angewendet werden.

Qualitätssichernde Maßnahmen bei Planung und Erstellung des Leistungsverzeichnisses

Wo beginnt die Qualitätssicherung bzw. was ist die Voraussetzung dafür, dass die richtige und notwendige Qualität zum Einsatz kommt?

Qualitätssicherung beginnt bei der Planung. Angesichts der großen Schwierigkeiten, die Fernwärmetransportleitung 2 x DN 700 mit einer Trassenlänge von 5,5 km zwischen der Wahl des Münchner Oberbürgermeisters im März 2002 und dem Oktoberfest (Ende September 2002) in der Münchner Innenstadt zu verlegen, ist die Verlockung groß, Qualitätseinbußen als unvermeidlich hinzunehmen.

Der Auftraggeber ist dieser Verlockung nicht erlegen, sondern hat einen in der Fernwärme versierten Fachplaner beauftragt, um niedrige Investitionskosten bei hohem Qualitätsstandard zu erreichen. Die wichtigsten Planungsgrundsätze waren [1]:

- die Lebensdauer der Fernwärmeführung muss mindestens der zu erwartenden Nutzungsdauer, also meist 35 bis 50 Jahre, entsprechen,
- die Entscheidungen des Planers müssen unabhängig von den Interessen der ausführenden Unternehmen erfolgen.

Fernwärmeleitungsbau ist ein Spezialgebiet, das umfassende

Sachkenntnisse des planenden Ingenieurs erfordert, um bei hoher Qualität das wirtschaftliche Optimum zu erreichen. Fachbezogene Planung bildet rechtzeitig die Grundlage für einen qualitativ hochwertigen und dabei kostengünstigsten Fernwärmeleitungsbau.

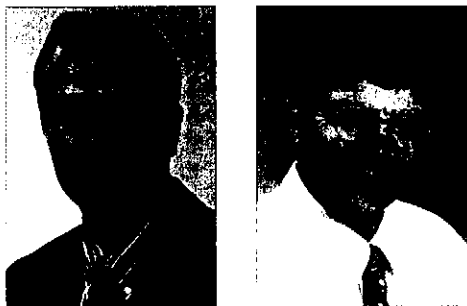
Die von qualifizierten Fachleuten durchgeführte detaillierte Planung vermeidet eine Qualitätsbetrachtung, die sich an einem Gewährleistungszeitraum von 2 bis 5 Jahren orientiert. Sie hat stattdessen die oben genannte langjährige Lebensdauer zum Ziel.

Angesichts des Grabenprofils wird deutlich, welche Probleme bereits bei der Trassenfindung in dem dicht belegten Münchener Untergrund zu überwinden waren (*Bild 1*). Hindernisse stellen nicht nur große Wasser- und Gasleitungen, 110 kV-Kabel, Abwassersammler und U-Bahnbauwerke dar, sondern auch die eigenen, kanalverlegten Dampfleitungen, da die Südspange durch das Dampfnetz führt.

Mit großem Aufwand wurden vom Planer, der GEF Ingenieur AG, Leimen, alle Fremdleitungen so genau wie möglich in Lage und Höhe erfasst und in die Ausführungspläne eingetragen. Es wurden umfassende und detaillierte Planungsunterlagen mit allen erforderlichen Maß-, Last- und sonstigen, zur einwandfreien Ausführung notwendigen Angaben sowie mit eindeutigen Anweisungen zur Bauausführung und Qualitätssicherung erstellt. Dadurch kann das Rohrleitungsbauunternehmen die Anlage entsprechend den vorgegebenen Anforderungen ausführen. Weiterhin wurde damit der Rahmen für die Überprüfungen zur Bau- und Qualitätsüberwachung vorgeben.

Konfliktsituationen wurden im Sinne hochwertiger Planungsqualität so gelöst, dass die neue Fernwärmeführung möglichst kompensationsfrei, d.h. ohne Abwinkelung verlegt werden kann. Die gesamte Leitung wurde mit sisKMR [1] statisch exakt entsprechen dem AGFW-Arbeitsblatt FW 401 [2] berechnet und ausgelegt. Ziel war es dabei, die Leitung im Betrieb möglichst wenig zu beanspruchen, um eine hohe Lebensdauer zu erreichen.

Grundsätzlich ist eine Vorfertigung der Rohrkomponenten im Herstellerwerk sinnvoller als die Baustellenfertigung. Am Beispiel ei-



Dipl.-Ing. *Martin Sandknop* (li), Projektleiter Dampfnetzumstellung, Geschäftsbereich Netze der Stadtwerke München GmbH, und Dr.-Ing. *Andreas Schleyer*, Vorstand GEF Ingenieur AG, Leimen.

nes gekrümmten Trassenverlaufs lässt sich dies exemplarisch verdeutlichen. Statt dem Anpassen der Rohr-Baueinheiten mit vor Ort herzustellenden Knicken bzw. Segmentschnitten und den aufwändigen Arbeiten, um sie in den Endzustand zu bringen, erfolgt die statische Auslegung und die Ausführung mit vorgefertigten Bogenrohren, die in Längen abhängig von der Trassenvorgabe und den Transportmöglichkeiten geliefert werden (Bild 2).

Dies bedeutet, dass bei der Planung einerseits der neueste Stand der Technik, insbesondere der letzte Stand der Berechnungstechnik, anzuwenden ist, um kostengünstige Lösungen zu erzielen, und andererseits alle sich bietenden Fertigungsmöglichkeiten ausgenutzt werden sollten, die einen hohen Qualitätsstandard gewährleisten.

Da erfahrungsgemäß nur die Qualität geliefert wird, die auch bestellt wurde, enthält das Leistungsverzeichnis eine Vielzahl von Qualitätsanforderungen an die Lieferungen und Leistungen um eine zielgerichtete und ohne Sicherheitszuschläge beaufschlagte Preisfindung zu erreichen und die gewünschten Qualitätsanforderungen rechtzeitig darzustellen.

Bei den Qualitätsanforderungen haben sich Planer und Bauherr nicht immer auf die Mindestanforderungen nach DIN oder EN beschränkt, sondern in begründeten Fällen auch ein Qualitätsniveau deutlich oberhalb der Mindestanforderungen beschrieben.

Ausschreibungskriterien

Aufgrund der hohen Investitionskosten von über 15 Mio. € für die Rohr- und Tiefbauleistungen sowie für die Beschaffung des KMR-Systems war eine EU-Ausschreibung erforderlich. Nach der öffentlichen Bekanntmachung der Baumaßnahme im Herbst 2001 haben insgesamt 27 Anbieter die Ausschreibungsunterlagen für die Rohr- und Tiefbauarbeiten angefordert. Um diese Unternehmen besser bewerten zu können, wurden die eingereichten Unterlagen entsprechend einem Punktesystem bewertet, um so einen qualifizierten Bieterkreis ermitteln zu können.

Für die Auswertungsmatrix wurden 6 Kategorien festgelegt (Tafel 1). Nach der Auswertung der einge-

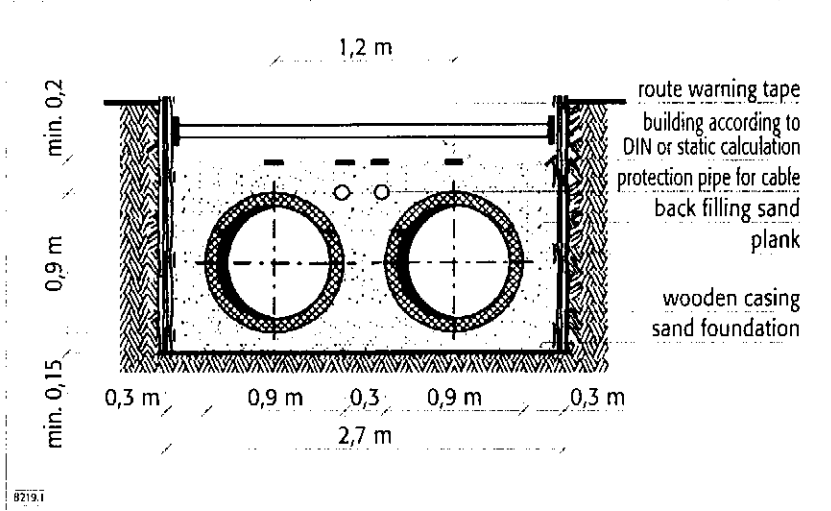


Figure 1. Cross-section of the district heat route

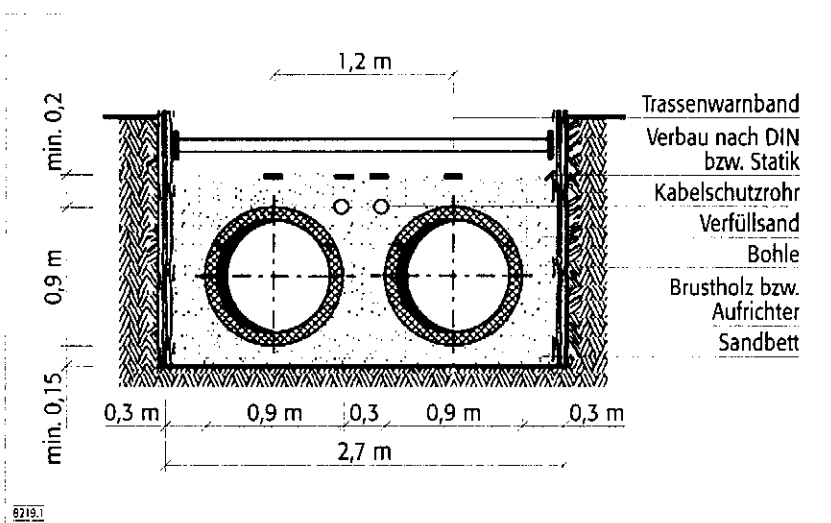


Bild 1. Grabenprofil der Fernwärmetrasse



Figure 2. Laying of the prefabricated bended pipes

Bild 2. Verlegung der vorgefertigten Bogenrohre

| | |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kategorie 1 (0 bis 7 Punkte): | Eignungsnachweise <ul style="list-style-type: none"> • Umsatz der letzten 3 Jahre • Referenzliste • Anzahl der Arbeitskräfte • Technische Ausrüstung • Technisches Personal • Eintragung in das Berufsregister • Berufsgenossenschaft |
| Kategorie 2 (0 bis 4 Punkte) | Technischer Einsatzbereich in der Fernwärme <ul style="list-style-type: none"> • Kenntnisse bei Stahlmantelrohren • Kenntnisse bei Kunststoffmantelrohren • Kenntnisse beim Haubenkanal • Kenntnisse bei GFK-Leitungen |
| Kategorie 3 (0 bis 2 Punkte) | Betriebsgelände <ul style="list-style-type: none"> • Bereitschaftsdienst • Puffer- oder Zwischenlager |
| Kategorie 4 (0 bis 2 Punkte) | DVGW-Zulassungen für Spartenumlegungen <ul style="list-style-type: none"> • G1 • W1 |
| Kategorie 5 (0 bis 4 Punkte) | Bereits im Jahres-LV bei SWM beschäftigt <ul style="list-style-type: none"> • 1998 • 1999 • 2000 • 2001 |
| Kategorie 6 (-2 bis +2 Punkte) | Bisherige Erfahrungen bei SWM mit dem Bieter <ul style="list-style-type: none"> • ungenügend (-2 Punkte) • nicht zufriedenstellend (-1 Punkt) • keine Erfahrung (0 Punkte) • gute Erfahrung (+1 Punkt) • sehr gute Erfahrung (+2 Punkte) |

Table 1. System to examine the presented documents

Tafel 1. Punktesystem zur Auswertung der eingereichten Unterlagen

| |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Sichtung der vorhandenen QÜ-Unterlagen (Prüfplan u.ä.) • Stichprobenartige Überprüfung auf Einhaltung der Eigenüberwachung • Rückverfolgbarkeit der Lieferteile • Sichtung und Bewertung der laufenden Produktion • Spezielle Qualitätskriterien für die Südspange: <ul style="list-style-type: none"> - Prüfung und Bewertung einer Probemuffe ISO-Joint - Prüfung und Bewertung einer Probemuffe Canusa Super-Case <p>Prüfprogramm:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Visuelle Begutachtung im Anlieferzustand und fotografische Dokumentation - Dynamische Differenzkalorimetrie zur Bestimmung der oxidativen Induktionszeit - Bestimmung des Schmelzindex - eventuell Thermogravimetrie - IR-Spektroskopie - Herstellung der Bogenrohre - Formteilverarbeitung und -verarbeitung • Auswirkungen von Fehlern bei der Muffenmontage, Festlegung von Konsequenzen. • Dokumentation aller Aktivitäten |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Table 2. Quality monitoring at the manufacturing of the pre-insulated bonded pipes

Tafel 2. Produktionsbegleitende Qualitätsüberwachung beim Hersteller der KMR-Komponenten

reichten. Unterlagen wurden die Punkte der einzelnen Kategorien mit den Faktoren 10 oder 20 multipliziert. Dieser Faktor berücksichtigt die jeweilige Wichtigkeit der einzelnen Kategorie.

Mit dieser Auswertung konnte sich die SWM einen ersten Überblick über den Bieterkreis verschaffen. Insgesamt haben dann 15 Anbieter ein Angebot für die Baumaßnahme abgegeben. Die SWM hat zunächst mit allen Anbietern ein erstes Gespräch durchgeführt. Dabei wurde allen Bietern das Gesamtprojekt mit der schwierigen Trassenführung und dem extrem engen Terminrahmen von nur 7 Monaten Bauzeit für 5,5 km Trasse vorgestellt. Als Ergebnis dieser Gespräche wurden dann die günstigsten 6 Anbieter zu einer Überarbeitung des Angebotes aufgefordert. Nach einem zweiten Gespräch wurden 3 Unternehmen für die 4 Baulose benannt:

- Los 1: Gas u. Industrie Rohrbau, Langenhagen,
- Los 2: Rotus GmbH, Erfurt,
- Lose 3 + 4: Meisel GmbH & Co KG, Liederbach.

Die SWM hat das gesamte KMR-System eigenständig ausgeschrieben und nicht wie sonst oft üblich die Rohrbauunternehmen bezogen. Ausschlaggebend für dieses Verfahren war der enge Zeitplan und die große Materialmenge.

Den Zuschlag erhielt nach einer EU-Ausschreibung die isoplus Fernwärmetechnik GmbH, Sondershausen.

Produktionsbegleitende Qualitätsüberwachung beim KMR-Hersteller

Zur Qualitätssicherung bei der Produktion der KMR-Baueinheiten forderte der Bauherr zusätzlich zur Eigenüberwachung durch den Hersteller eine Fremdüberwachung der Herstellung. Die isoplus Fernwärmetechnik GmbH, Sondershausen, stimmte dieser Forderung zu. Besonders bei einer zeitkritischen Baumaßnahme, wie es die der Münchner Südspange darstellt, ist es besonders wichtig, dass die just-in-time gelieferten vorgefertigten KMR-Baueinheiten bereits qualitätsüberprüft sind und sofort eingebaut werden können. Die produktionsbegleitende Qualitätsüberwachung umfasst die in *Tafel 2* dargestellten Aktivitäten.

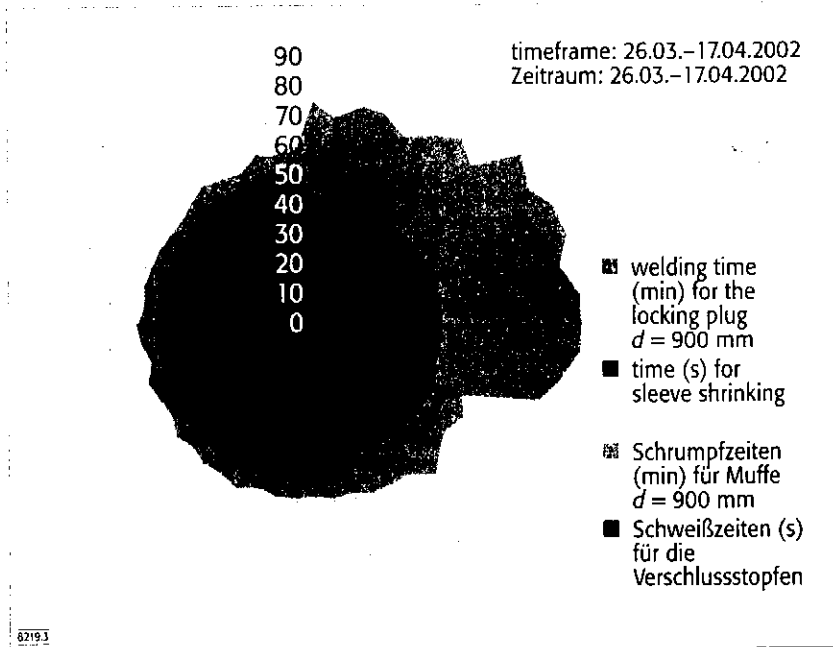


Figure 3. Examination of the quality surveillance records of the insulation work of the pre-insulated bonded pipes

Bild 3. Auswertung der Protokolle der Qualitätsüberwachung zu den Nachdämmarbeiten an den KMR-Rohrleitungen



Figure 4. Improper handling of the pre-insulated pipe components: Lowering a pipe on top of a casing spindle (left), improper handling of sleeves (right)

Bild 4. Unsachgemäßer Umgang mit KMR-Material: Ablegen einer Rohrstanze auf einer Verbau-Spindel (links), unsachgemäße Umgang mit Muffen (rechts)

Bei der Herstellung von Probenmuffen wurden bereits vor der Baumaßnahme die Auswirkungen von Fehlern gemeinsam mit dem Hersteller diskutiert und Konsequenzen festgelegt. Dies erspart Streit und Zeitverlust auf der Baustelle.

Qualitätsüberwachung der Muffenmontage und Vorwärmung

Die Beauftragung eines einzigen Unternehmens (hier der GEF Ingenieur AG) sowohl für die produktbegleitende als auch für die baustellenseitige Überwachung gewähr-

leistet eine durchgehende Qualitätssicherung für die KMR-Lieferung und -Montage. So lässt sich ohne unnötige Schnittstellenprobleme z.B. durchsetzen, dass die beim Hersteller sichergestellte Rückverfolgbarkeit von KMR-Teilen auch bei der Montage durch die ausführenden Unternehmen realisiert wird.

Auf der Baustelle werden die qualitätsrelevanten KMR-Montageleistungen wie Nachdämmung und Vorwärmung in speziellen Checklisten erfasst und ausgewertet. Eine Checkliste kann von der Homepage der Zeitschrift *Euroheat & Power*

(www.vwew.de → Fachzeitschriften) geladen werden. So ist es z.B. für den Schrumpfprozess der Muffen wichtig, über die Dokumentation der Schrumpfzeiten die Gleichmäßigkeit der Vorgänge zu prüfen. Eine Auswertung der ersten 65 Muffen mit einem Mantelrohrdurchmesser von 900 mm zeigt deutlich unterschiedliche Schrumpfzeiten zwischen 55 und 90 Minuten (Bild 3). Die Ursachen dafür werden jetzt untersucht.

Unachtsamkeiten im Umgang mit dem KMR-Material, wie das Ablegen einer Rohrstanze auf einer Verbau-Spindel (Bild 4, links) oder der unsachgemäße Umgang mit Muffen (Bild 4, rechts), werden durch die Qualitätsüberwachung in einer frühen Phase vermieden. Das Qualitätsbewusstsein aller am Bau Beteiligten wird somit erhöht.

Weitere qualitätssichernde Maßnahmen im Tief- und Rohrbau

Um diese schwierige Bauabnahme termingerecht und mit einer hohen Qualität fertigstellen zu können, hat die SWM eine örtliche Bauüberwachung von 4 Mitarbeitern eingerichtet. Die SWM wird dabei von dem Ing.-Büro VTG aus Aschheim bei München unterstützt. Folgende qualitätssichernde Maßnahmen werden von der SWM-Bauüberwachung u.a. durchgeführt:

- Überwachung der Durchstrahlungsprüfung durch den TÜV Süd-deutschland,
- Abnahme der Dichtheitsprüfung der Schweißnähte mittels Vakuumbrille,
- Einhaltung der UVV,
- Abnahme der Grabensohle vor dem Verfüllen,
- Abnahme der Vorheizprotokolle,
- Abnahme der Schal- und Bewehrungspläne für die Betonbauwerke,
- Kontrolle der Verdichtung,
- Kontrolle der vorgeschriebenen Straßenwiederherstellung,
- Kontrolle aller sonstigen Auflagen der Genehmigungsbehörden.

Für die Überprüfung der Statik der Betonbauteile, der Schachtbauwerke, des Grabenverbau und der Fahrbrücken ist das Ing.-Büro Füllgraff, München, von der SWM beauftragt worden.

Zusammenfassung

Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser. Diese alte Weisheit wird durch die ständige Präsenz von Mit-

arbeitern der Qualitätssicherung oder durch Qualitäts-Checklisten bei Produktion und Verlegung bestätigt. Der Qualitätsüberwacher ist hier aber weniger im Sinne eines hinterhältigen Kontrolleurs, sondern als partnerschaftlicher Qualitätsförderer tätig. Er gilt dem Produzenten und den Ausführenden als Ansprechpartner in allen Qualitätsfragen. Während Bauleitung/Bauüberwachung vordringlich die Einhaltung der Termin- und Kostenpläne überwachen, ist die Qualitätsüberwachung ausschließlich der

Qualitätssicherung verpflichtet. Die schwierige Baumaßnahme Südspange München 2 x DN 700 in KMR zeigt, dass beide Ziele erreichbar sind. Die Kosten der Qualitätsüberwachung liegen im Promillebereich der Bausumme und sind im Hinblick auf den Nutzen sinnvolle Investitionen für die Zukunft.

Schrifttum

- [1] Eisenhauer, G.: Einfluss von Planung und Ausschreibung auf Kostenreduzierung im

Fernwärmeleitungsbau. Vortrag gehalten auf der AGFW-Jahrestagung am 5. Mai 1994 in Hannover.

- [2] sisKMR: Programm zur statischen Berechnung erdverlegter und freiverlegter Rohrleitungen, GEF-RIS AG (2002).
 [3] AGFW: Verlegung und Statik von Kunststoffmantelrohren für Fernwärmenetze, Teil 10, AGFW (2002). ■

Summary of the report

Quality assurance in the construction of a DN 700 preinsulated bonded pipeline in Munich

As part of the conversion to a steam network, Stadtwerke München GmbH (SWM) is currently building a 5.5 km-long district heating transport pipeline. The planners and developers have not always restricted themselves to the minimum quality requirements under DIN or EN standards, but have considerably exceeded the minimum quality level where there are good grounds for doing so.

An EU invitation to tender was required, due to the high investment costs of over 15 million € for the piping and excavation services and procurement of the preinsulated bonded pipe system. A points system was used to assess the tender documents submitted, in order to better evaluate the contractors and to identify a qualified pool of bidders. Six categories were identified in the evaluation table (table 1). Following evaluation of the documents submitted, the points in the individual categories were multiplied by a factor of 10 or 20. This factor allows for the respective significance of the individual category. SWM was able to obtain an initial impression of the pool of bidders from this evaluation.

SWM issued the invitation to tender for the entire preinsulated bonded pipe system itself and did not obtain the pipe components

from the piping contractors, as is frequently the case. The tight schedule and high volume of materials were crucial to this procedure. The developer required not only self-inspection by the manufacturer, but also third-party inspection of production for quality assurance in the production of the preinsulated bonded pipe components. Quality assurance during production includes the work shown in table 2.

Commissioning a single contractor (in this case GEF Ingenieur AG, Leimen) with inspection during pipe production and at the construction site guarantees continuous quality assurance for both the supply and installation of preinsulated bonded pipes. It was thus possible to maintain the traceability, for example, of preinsulated bonded pipe components guaranteed by the manufacturer during installation by the executive contractor.

On-site preinsulated pipe installation services with a quality dimension, such as supplementary insulation and preheating, are covered and analysed in special checklists (figure 4). For example, it is important to audit consistency in the joint shrinking process, using shrinkage time documentation. An evaluation of the first 65 joints with

a jacket pipe diameter of 900 mm reveals significant variation in shrinkage time, from 55 to 90 minutes (figure 5).

Inattentiveness in handling preinsulated bonded pipe materials, such as lowering a section of pipe on top of a casing spindle (figure 6) or inappropriate handling of joints (figure 7) are avoided by quality control in an earlier phase. The quality awareness of all those involved in the project is thus raised.

SWM has established a local four-strong supervisory team, supported by an engineering consultancy, to facilitate punctual completion of difficult inspection. The following quality assurance measures were among those conducted by the SWM construction supervision team:

- supervision of the radiography test by TÜV Süddeutschland,
- weld leak test acceptance by vacuum slide,
- observance of health and safety regulations,
- inspection of the floor of the trench before backfilling,
- inspection of the preheating records,
- inspection of the moulding and reinforcement plans for concrete structures,
- inspection of compression,
- inspection of the stipulated road reinstatement,
- inspection of all other requirements of the licensing body. ■