



FERNWÄRME-TECHNIK GmbH

Vakuum in Stahlmantelrohren



Vakuum in Stahlmantelrohren – Dükerbau für die Fernwärmeversorgung in Amsterdam

Für drei 1994 in Amsterdam realisierte, großvolumige Dükerleitungen mit besonderen Anforderungen wurden Stahlmantelrohre der FW-FERNWÄRME-TECHNIK GmbH, Celle, verwendet. In folgendem Beitrag wird erläutert, inwieweit sich das Vakuum im Ringraum dieser Stahlmantelrohre im Laufe der Jahre verändert.

Drei außergewöhnliche Dükerprojekte in nicht alltäglichen Dimensionen (Innenrohr DN 900, Mantelrohr bis DN 1200) wurden 1994 mit Stahlmantelrohren der FW-FERNWÄRME-TECHNIK GmbH, Celle, in Amsterdam/Niederlande gebaut. Die Leitungen kreuzen die Großwasserstraße Amsterdam Rijnkanaal (135 m, *Bild 1*), den Fluss Gaasp (170 m, Vorlauf und Rücklauf in einem gepressten Stahlrohr mit einem Durchmesser von 2,60 m, wie in *Bild 2* dargestellt), und die Muidertrekvaart (62 m, *Titelbild*).

Das Bauvorhaben

Aufgrund der besonderen Anforderungen an die Dükerleitungen wurde das Stahlman-

Innenrohr:
DN 900 (914 mm x 10 mm)
St 52.4, DIN 1628
Rohrbogen DIN 2605, BA 3

Isolierung:
70 mm, Gesteinswollschalen im evakuierten Mantelrohringraum

Mantelrohr:
DN 1100 (1120 mm x 11 mm)
DN 1200 (1220 mm x 20 mm)
St 52.0, DIN 1626

Auslegungstemperatur:
Vor-/Rücklauf
135 °C

Nenndruckstufe:
PN 40

Betriebsdruck:
30 bar

Tafel 1.
Eckdaten des Stahlmantelrohrsystems der FW-FERNWÄRME-TECHNIK GmbH

telrohrsystem der FW-FERNWÄRME-TECHNIK GmbH eingesetzt (*Tafel 1*).

Bei der Auslegung der Werkstoffe und bei der Konstruktion waren besondere Beanspruchungen aufgrund der Setzungsdiffe-

renzen (im Einzelfall bis 700 mm) und Kompensation der temperaturbedingten Längenänderung der Innenrohre über vertikale Schenkel zu berücksichtigen. Die Wahl des Werkstoffes St 52.4 – zusätzlich mit gewährleitetester Warmstreckgrenze – ermöglichte mit einem Sicherheitsbeiwert von 1,5 die bessere Ausnutzung der Werkstofffestigkeit.



Sonderkonstruktionen für die Rohrlager waren in den bis zu 10 m hohen Vertikalschenkeln erforderlich, weil einerseits große Eigengewichtskräfte (30 t) des Innenrohres aufzunehmen waren, andererseits die Elastizität der Kompensationsschenkel nicht durch Zwängung oder Reibung eingeschränkt werden sollte. Dies gelang mit reibungsarmen Rollenlagern, die im Gegensatz zu Standardstahlmantelrohrslagern lateral zur Rohrachse verschiebbar ausgebildet wurden und in Rohrlängsrichtung Kräfte aufnehmen konnten (querverschiebbare Koppelpunkte).

Die ingenieurmäßige Bearbeitung dieser komplexen Systeme wurde von der FW-FERNWÄRME-TECHNIK GmbH nach



Bild 1. Leitungen kreuzen die Großwasserstraße Amsterdam Rijnkanaal

der Finite-Elemente-Methode für räumliche Stabwerke und nach Berechnungen auf der Grundlage selbst entwickelter Software (z.B. für statische Nachweise von Festpunkt-konstruktionen) durchgeführt.

Die Vorfertigung aller Baueinheiten erfolgte im Werk Celle. Die Qualität der Arbeit wurde geprüft und die eingesetzten Werkstoffe sowie die einzelnen Schritte bei der Bauteilfertigung wurden durch den TÜV abgenommen. Der Zusammenbau vor Ort in Amsterdam erfolgte durch den Generalunternehmer Visser & Smit Hanab bv, Papendrecht/ Niederlande. Diese Arbeiten überwachte der niederländische Dienst voor het Stoomwezen. Zusätzlich zu den üblichen zerstörungsfreien Festigkeits- und Dichtheitsprüfungen, die bei Rohrleitungsprojekten während bzw. nach Abschluss der Montage vorgenommen werden, führte die FW-FERNWÄRME-TECHNIK GmbH als verantwortlicher Systemlieferant eine Erstevakuierung unmittelbar nach der Verlegung und vor der Inbetriebnahme durch. Dabei wird die Baufeuchtigkeit aus der Isolierung und von den Rohroberflächen entfernt und der Druck im Ringraum zwischen Innen- und Mantelrohr auf 1 mbar abgesenkt. Die Messung und Aufzeichnung der Vakuumentwicklung im Ringraum in der Folgezeit liefert die Werte für die Berechnung der Leckrate. Deren Vergleich mit Erfahrungswerten der AGFW ermöglicht dann Aussagen zur Dichtigkeit des Vakuumstahlmantelrohres.

Die Inbetriebnahme der Dükерleitungen erfolgte erst rd. 1 Jahr nach der Erstevakuierung. Deshalb wurde eine Zweitevakuierung im Februar 1995 durchgeführt, um den Druckanstieg infolge Nachverdampfung wieder rückgängig zu machen und den Vakuumwert von 1 mbar wiederherzustellen. Da die drei Stahlmantelrohrabschnitte nicht mit stationärer Vakuumpumpe ausgerüstet wurden, entschied der Betrei-



Bild 2. Bau der Dükерleitung durch den Fluß Gaasp. Die Verlegung von Vor- und Rücklauf erfolgte in einem gepressten Stahlrohr mit dem Durchmesser 2,60 m

ber, im August/September 1999 eine erneute Druckabsenkung auf 1 mbar durchzuführen, nachdem die insgesamt sechs Stahlmantelrohrabschnitte zwischenzeitlich auf 42 bis 103 mbar Ringraumdruck gestiegen waren. Für einen Zeitraum von rd. 4,5 Jahren errechnet sich daraus, unter Berücksichtigung des Ringraumvolumens, eine Leckrate von 0,01 bis 0,07 mbar · l/s. Die empfohlenen Werte nach AGFW betragen 0,16 bis 0,27 mbar · l/s. und werden somit deutlich unterschritten.

Der seit September 1999 gemessene Druckanstieg betrug bis Oktober 2003 für die sechs Abschnitte 5 bis 15 mbar, wodurch sich Leckraten von 0,0015 bis 0,0099 mbar · l/s errechnen, die noch deutlich unter den zulässigen Werten liegen als im

vorangegangenen Zeitraum. Dies rührt daher, dass sich die errechnete Leckrate aus echten Leckagen (Diffusionsdurchgänge, Dichtungen von Vakuumflanschen und Vakuumkugelhähnen) und aus Nachverdampfungsprozessen im Ringraum ergibt. Erstere bleiben konstant, während die Nachverdampfung mit der Zeit zunehmend an Einfluss verliert.

Bei den vorliegenden Dükern ist ein völliger Verlust des Vakuums, abgeleitet aus vorhandenen Druckanstiegsmessungen über fast 10 Jahre, erst in rd. 250 bis 300 Jahren zu erwarten.

Diese Angabe sollte nicht dazu verführen, die Leitungen für die folgenden 250 Jahre zu vergessen, aber dieser Wert sagt Folgendes aus: ▶

- Die Stahlmantelrohrleitungen sind seit nahezu 10 Jahren dichter als es die AGFW-Empfehlungen verlangen.
- Korrosion aus dem Ringraum ist nicht möglich.
- Wenn der passive und aktive Korrosionsschutz erhalten bleibt und Korrosion über das Fernwärmemedium ausgeschlossen wird, werden die Stahlmantelrohrleitungen eine Betriebsdauer von mehr als 100 Jahren haben.
- Eine regelmäßige Kontrolle des Vakuums ist für die Lebensdauer der Leitung ebenso wichtig wie die Kontrolle der Qualität des Fernwärmewassers und der Funktion des kathodischen Korrosionsschutzes.

Unerwartete Veränderungen von einem der drei Merkmale (Vakuum, Qualität des Fernwärmewassers und kathodischer Korrosionsschutz) müssen zu weiteren Unter-

suchungen führen, mit dem Ziel, Fehlerquellen rechtzeitig auszuschließen.

Die Doppelrohrsysteme sind nicht an einer stationären Vakuumpumpe angeschlossen. Die zwischen April 2000 und Juni 2002 gemessenen Vakuumstände im Ringraum

Örtlicher Messpunkt	VL/RL	4. Jun. 2002	12. Jun. 2001	3. Nov. 2000	19. Apr. 2000
Muidertrekvaart	VL	10 mbar	9 mbar	7 mbar	6 mbar
	RL	5 mbar	5 mbar	4 mbar	4 mbar
Amsterdam Rijnkanal	VL	12 mbar	11 mbar	8 mbar	7 mbar
	RL	5 mbar	5 mbar	4 mbar	4 mbar
Gaasp	VL	7 mbar	6 mbar	5 mbar	5 mbar
	RL	12 mbar	11 mbar	8 mbar	7 mbar

Tafel 2. Vom Betreiber gemessene Vakuumwerte in drei großvolumigen Dükerleitungen

der FW-STAHLMANTELROHRE sind in Tafel 2 dargestellt. Die Daten wurden vom Anlagenbetreiber NV Nuon Warmte, Arnhem/Niederlande, ermittelt.

Aus den Aufzeichnungen ist ersichtlich, dass sich das Vakuum je Jahr um 0,5 bis 2,5 mbar verändert. Diese geringen Veränderungen des Vakuumdrucks bestätigen sichere Betriebsverhältnisse im Bereich der Gewässerkreuzungen. Die bis zu 12 m unter der Wasseroberfläche liegenden

FW-STAHLMANTELROHRE erfüllen somit störungsfrei ihre Aufgabe.

**Sonderdruck aus EURO HEAT & POWER
Fernwärme International, Ausgabe 6/2004**

FW-FERNWÄRME-TECHNIK GmbH
FW-STAHLMANTELROHR
FW-SICHERHEITSROHR

Zentrale:
Wilhelm-Heinichen-Ring 4
D-29227 Celle

Postfach 35 65
D-29235 Celle

Telefon ++49(0)5141-88888-0
Telefax ++49(0)5141-88888-22
www.fw-gmbh.de
info@fw-gmbh.de

Werk Celle:
Maschweg 4
D-29227 Celle

Werk Tschernitz:
Cottbuser Straße 18
D-03130 Tschernitz