

Erste Betriebserfahrungen

# Verlegung von 17 km Stahlmantelrohr im Ijsselmeer

Die niederländische Stadt Almere bezieht Fernwärme von einem Kraftwerk in Diemen. Das Besondere daran: Die Fernwärmeleitung verläuft durch das Ijsselmeer. Insgesamt 17 km Stahlmantelrohr 500/70/700 lieferte FW-Fernwärme-Technik GmbH, davon wurden 16 km im Meer verlegt. Technische Herausforderungen waren dabei u. a. das mechanische Vorspannen der Rohre mit Hydraulikstempeln auf Verlegepontons und die Querung der Deiche bzw. einer Fahrrinne mit HDD-Bohrungen. Das erste Betriebsjahr ist erfolgreich abgeschlossen.

Das Kraftwerk in Diemen im Südosten Amsterdams versorgt knapp 290 000 Haushalte mit Strom und erzeugt jährlich rd. 400 GWh Wärme, die in die Versorgung der Städte Utrecht, Amsterdam-Zuidoost und IJburg einfließen. Mit dem Neubau des GuD-Kraftwerks Diemen 34 hat der Standort seit 2012 neue Fernwärmekapazitäten. Diese sollten so effizient und kostengünstig wie möglich an das Fernwärmenetz von Almere angeschlossen werden.

Eine 8,5 km lange Anbindung stellt im Normalfall keine große Herausforderung dar, doch zwischen Kraftwerk und Übergabestation in Almere-Poort liegt in diesem Fall das Ijmeer, die südlichste Bucht der größten niederländischen Binnen-seelandschaft aus Ijsselmeer und Markermeer. Die kürzeste mögliche Verbindung zwischen Kraftwerk Diemen und Almere-Poort war die direkte Verlegung durch das Ijsselmeer

(Bild 1). Die gleiche Verbindung über Land wäre mit 13 km Trassenlänge 4,5 km länger. 9 km weniger Fernwärmeleitungen führen zu einer beachtlichen Kosteneinsparung.

Das Ijsselmeer (Süßwasser) ist mit rd. 2 m nicht sehr tief. Auf dem Grund wurde ein 2,2 m tiefer Graben ausgehoben, so dass die Stahlmantelrohre DN 700 eine Überdeckung von rd. 1,5 m haben. Eine 19 m tiefe Fahrrinne im Trassenbereich (Gooimeer) wurde ebenso wie beide Deiche am Anfang und Ende der Trasse mit horizontal gespülten Bohrun-

gen (HDD-Verfahren) unterquert. Deiche dürfen in Holland ohnehin nicht in offener Bauweise gekreuzt werden (Bild 2). Zwar wurden bereits Gasleitungen im Ijsselmeer verlegt, aber Fernwärmeleitungen, die sich temperaturbedingt axial ausdehnen und das in dieser Trassenlänge, waren neu. Von 17 km Leitungslänge sind 16 km im Ijsselmeer verlegt. Weltweit ähnliche Projekte sind nicht bekannt.

Nach gründlichen Bodenuntersuchungen auf der gesamten Trassenlänge, der Auswertung von Gefährdungsanalysen und von Auflagen des Umwelt- und Naturschutzes sowie aus den Forderungen der Betriebssicherheit und Langlebigkeit der Fernwärmeleitungen wurde für den Wärmetransport eine Stahlmantelrohrleitung als Grundlage für die Planung festgelegt. Das niederländische Ingenieurbüro Tebodin Netherlands B. V. führte die Forderungen an die Trasse, an das Stahlmantelrohrsystem und die Verlegearbeiten in einer Planung zusammen. Es war im Wettbewerb den bietenden Unternehmen vorbehalten, Verlege-, Dehn- und Vorspannkonzepte zu entwickeln.

In Abstimmung mit dem Systemhersteller wurden Vor- und Rücklaufleitung in 12 Vorspannabschnitte mit Längen bis 1 500 m unterteilt. Es ist Stand der Technik, das Innen-



Dipl.-Ing. **Christian Ebert**, (l.) Geschäftsführer, Dipl.-Ing. **Josef Schmidt**, Projektleiter der FW-Fernwärme-Technik GmbH, Celle

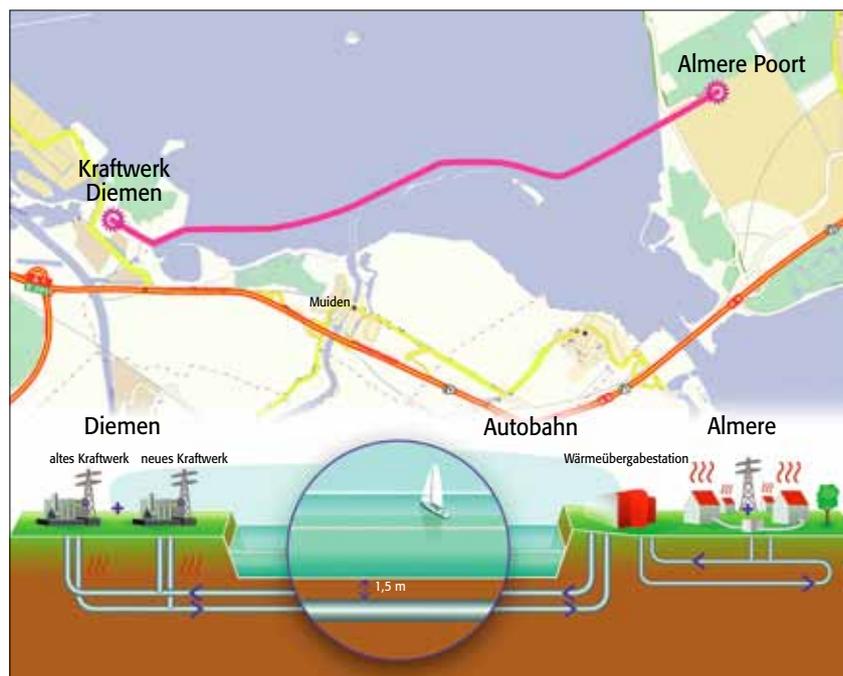


Bild 1. Trasse durch das Ijsselmeer



*Bild 2. Querung des Deichs im HDD-Verfahren*

rohr thermisch mit Dampf gegen das Mantelrohr vorzuspannen. Da aber das Innenrohr zum Absenken mit Wasser gefüllt wurde, war diese Technik nicht möglich. Es wurde mechanisch mit Hydraulikstempeln vorgespannt.

Bei einer Berechnungstemperatur von 135 °C, einem Ausdehnungskoeffizienten von 1,62 mm/m und einer Gesamtlänge von Vor- und Rücklaufleitung von 17 km würden sich die Innenrohre um insgesamt 27,540 mm längen. Diese Ausdehnung wurde unter Ausnutzung der zulässigen Spannung in der axialen Bewegung behindert.

Die werkseitig vorgefertigten 16-m-Baueinheiten DN 500/70/700 wurden auf der Baustelle zu Teillängen von 500 bis 700 m verschweißt, geprüft, an den Enden verschlossen und zu Wasser gelassen (Bild 3). Die Teillängen wurden auf einem Verlegeponton verschweißt (Bild 4), auf dem auch eine Vorspanneinrichtung – bestehend aus acht Hydraulikzylindern – eine Vorspannkraft bis 3200 kN erzeugte. Um eine gleichmäßigere Verteilung der Spannungen im Rohr zu erreichen, wurden

die Rohre mehrstufig durch Ziehen und Nachlassen vorgespannt.

Die Vorspannparameter und der Vorspannablauf wurden individuell nach Lage des Rohrgrabens, der Vorspannwege, der aufzubringenden Vorspannkraft und der Lage der Vorspannstellen für jeden Abschnitt geplant und berechnet. Im Hinblick

auf die horizontalen und vertikalen Radien im Leitungsverlauf war es nicht möglich, 8500 m FW-Stahlmantelrohr in einem Arbeitsgang vorzuspannen.

FW-Fernwärme-Technik GmbH startete Anfang Januar 2011 mit der werkseitigen Vorfertigung. In enger Abstimmung zwischen Baustel-



*Bild 3. »Parkplatz« der zu Teillängen von 500 bis 700 m verschweißten und an den Enden verschlossenen Rohre*

le und Herstellerwerk wurden rd. 1116 Baueinheiten ausgeliefert. In der Zeit Januar bis September 2011 waren die Schweiß- und Verlegearbeiten vor Ort abgeschlossen.

Die Querung des Deichs auf der Almere-Seite stellte an die HDD-Bohrungen hohe technische Anforderungen. Der Wasserspiegel auf dieser Seite ist rd. 3 m höher als das hinter dem Deich liegende Land. Die sechs 400 bis 600 m langen HDD-Bohrungen – zwei davon unterhalb der Fahrrinne im IJsselmeer – erforderten unterschiedliche Oberflächenrauigkeiten des passiven Korrosionsschutzes der Stahlmantelrohre. In normal verlegten Trassenabschnitten wurde PE glatt eingesetzt, unterhalb der horizontal gespülten Bohrungen PP weiß mit einer sehr geringen Oberflächenrauigkeit. Letztgenanntes führte zu einer geringeren Reibung zwischen Mantelrohr und dem Bentonit. An den Leitungsenden, an denen eine größere Haftreibung zwischen Mantelrohr und umgebendem Erdreich erforderlich ist, wurde PE rau eingesetzt.

Der Statiker hatte auf Folgendes besonders zu achten:

- zulässige horizontale und vertikale Radien der Trassen,
- zulässige horizontale und vertikale Radien beim Einschwimmen, Absenken und Vorspannen,
- Überdeckung und Mantelrohrreibung beim Vorspannen und im Betrieb,
- Füllung der Innenrohre beim Absenken,
- Auftrieb und Wirkung der Umlenkräfte durch die Radien,
- Anordnung der Lager, da keine verbindliche »oben«-Lage gewährleistet war,
- Längsspannungen in den Rohren nach der Vorspannung.

Der Mantelrohringraum von Vor- und Rücklaufleitung der FW-Stahlmantelrohre steht unter Permanentvakuum 1 bis 3 mbar.

Für die Erstevakuierung unmittelbar nach der Verlegung (Trocknung der Wärmedämmung, abschließende Dichtigkeitsprüfung der Innen- und Außenrohre) hatte der Betreiber der Anlage zur Unterstützung der Evakuierungsarbeiten eine Medientemperatur von rd. 70 °C gefahren. Mit einer stufenweisen Erhöhung dieser Temperatur war die



Bild 4. Montageponton mit hydraulischer Vorspanneinrichtung

#### Technische Daten

Berechnungstemperatur:	135 °C
Berechnungsdruck:	35 bar absolut
Innenrohr:	DN 500 (508 x 8,0) aus Werkstoff P355NH nach DIN EN 10217-3
Hersteller:	Salzgitter Mannesmann Line Pipe GmbH, Siegen
Mantelrohr:	DN 700 (711 x 10,0 bzw. 14,0) sowie DN 800 (813 x 14,0) aus Material P355NH nach DIN EN 10217-3
Hersteller:	Salzgitter Mannesmann Großrohr GmbH, Salzgitter
Abnahmeprüfstelle:	Lloyd's Register Nederland B. V.
Mantelrohrbeschichtung:	PE nach DIN 30670, Sonderschichtdicke 5 mm, teilweise mit aufgerauter Oberfläche PP nach DIN 30678 mit Mindestschichtdicke von 6 mm
Innenrohrbogen:	DN 500 (508 x 8,0), Radius 2 500 mm, warmgebogen, aus Material P355NH

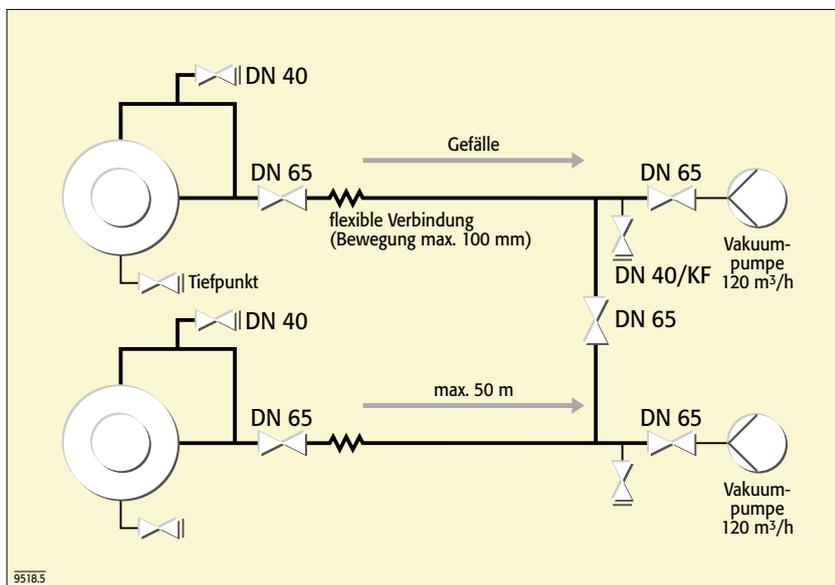


Bild 5. Prinzipielle Vakuumverbindung an den Leitungsenden

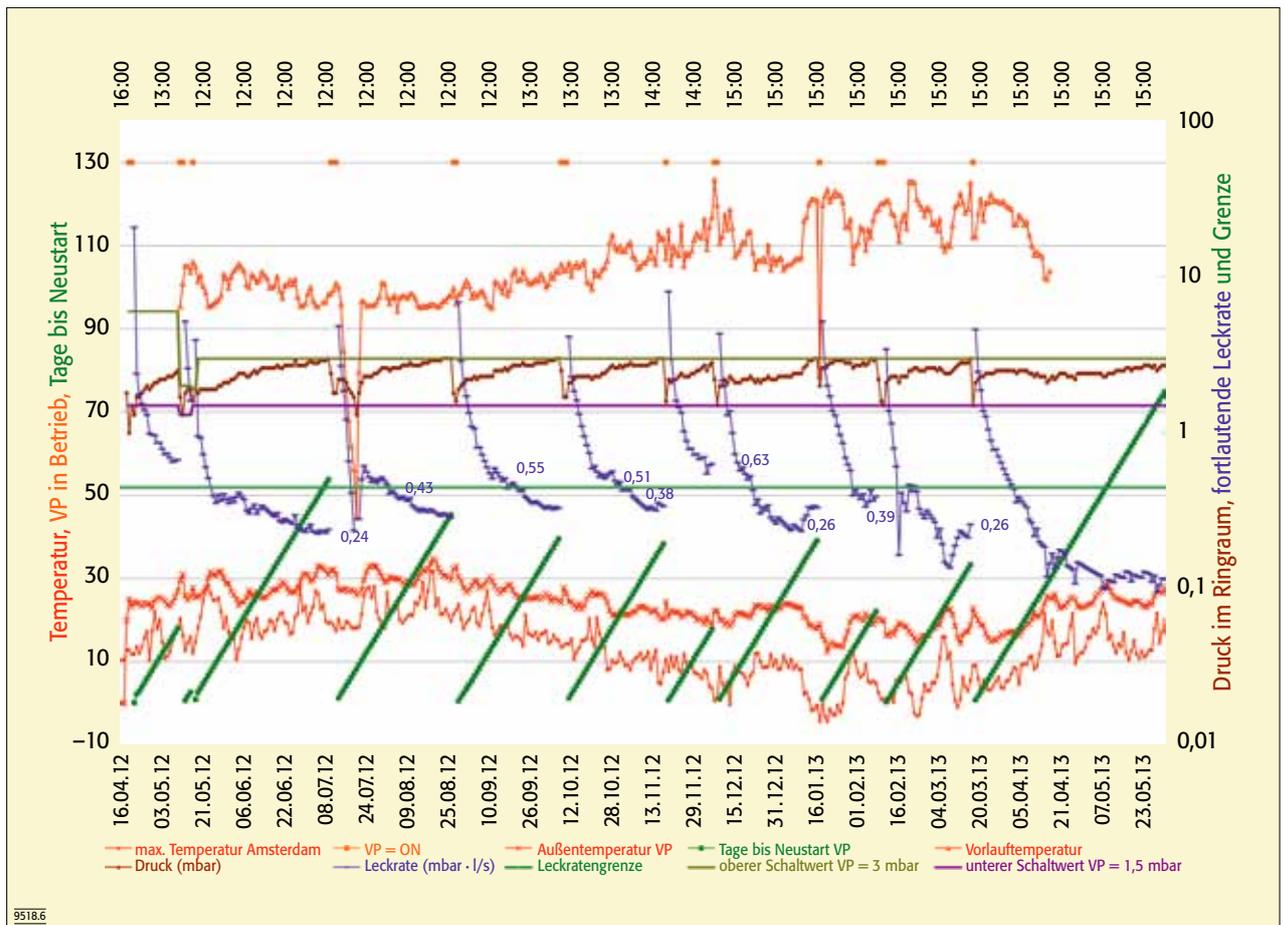


Bild 6. Wärmeverluste, Mantelrohrtemperaturen für DN 500/70/700, 135 °C, Rockwool R 880; 1 013 mbar, ohne Vakuum, 120 W/m, 38 °C; 1 mbar, 79 W/m, 27 °C; d. h. die Wärmeverluste sind rd. 40 % niedriger; VP Vakuumpumpe

Erstevakuierung nach drei Monaten abgeschlossen. Es wurden Druckanstiegmessungen mit Leckratenbestimmung vorgenommen.

Die sehr guten Vakuumwerte sind Ausdruck für die hohe Qualität der Schweißarbeiten in den Rohrherstellerwerken in Salzgitter und in Siegen, beim Vorfertiger FW-Fernwärme-Technik und der Verlegefir-

ma A. Hak auf der Baustelle. An den vier Leitungsenden ist jeweils eine Vakuumpumpe installiert (Bild 5).

Die evakuierten Leitungsabschnitte haben Ringräume von 700 bis 750 m<sup>3</sup>. Zwei Vakuumpumpen wurden abgeschaltet wegen der hohen Vakuumdichtigkeit des Systems. Zwei der im Betrieb befindlichen Vakuumpumpen laufen 3,8 bis 4,2 %.

Die schrägen grünen Linien in den Vakuum-Aufzeichnungen geben die Pumpenstillstandszeiten an (Bild 6). Auf einem Leitungsabschnitt »Rücklauf Diemen« ist das Vakuum zwischen September 2012 und Juni 2013 rd. 250 Tage von 0,8 auf 1,8 mbar gestiegen. Die Leckrate beträgt hier 0,04 mbar l/s – im Vergleich zu den Vorgaben des AGFW  $\leq 0,43$  mbar l/s ein hervorragender Wert.

Vor- und Rücklaufleitung sind auf gesamter Länge kathodisch korrosionsschutz. Die Leitungsenden sind elektrisch von den weiterführenden Anlagenteilen abgekoppelt durch Isolierstücke FW-/Dr. Schnabel. Nach dem ersten Betriebsjahr erwartet der Systemhersteller FW-Fernwärme-Technik eine Lebensdauer der Leitung von mindestens 50 Jahren. ■

### Projektbeteiligte

Anlagenbetreiber:	Nuon Energy, NL-Amsterdam
Planung:	Tebodin Netherlands B. V.
Generalunternehmer:	A. Hak Leidingbouw B. V.
Tiefbauunternehmen:	Martens en Van Oord, BS Oosterhout
Ausführungsplanung:	FW-Fernwärme-Technik GmbH, Celle
Systemherstellung und -lieferung:	FW-Fernwärme-Technik GmbH, Celle, über Logstor Nederland B. V.
Planung und Ausführung der Vakuumanlage:	FW-Fernwärme-Technik GmbH, Celle
Planung und Ausführung der kathodischen Korrosionsschutzanlage:	Van der Heide Kathodische Bescherming & Corrosie Engineering B. V., NL-Kollum

info@fw-gmbh.de

www.fw-gmbh.de