



**H**intergrund sind die Bemühungen Dänemarks, die Kraft-Wärme-Kopplung weiter auszubauen, um den Primärenergieverbrauch und die damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken.

Zur Realisierung des Kraftwerkanschlusses in Kopenhagen war geballtes technisches Know-how gleich in mehreren Bereichen gefordert. Denn der örtlichen Nähe der Müllverbrennungsanlage mit angeschlossenen Heizkraftwerk von nur rund 3 km Luftlinie zur Kopenhagener Innenstadt stand eine äußerst schwierige Trassenplanung gegenüber. Durch die erforderliche Unterquerung des Hafenbeckens, des Sortedams-Sees und vor allen Dingen durch die extrem beengten Verhältnisse in der Kopenhagener Altstadt schied eine offene Verlegung der neuen Leitung von vornherein aus.

## Enorme tiefbautechnische Anforderungen

Nach intensiven Überlegungen entschieden sich die verantwortlichen Ingenieure des Energieversorgers Københavns Energi deshalb zur Planung eines Tunnels, der das Kraftwerk mit der Übergabestation »Fredensgade« in der Innenstadt verbindet. Um die gesamte Trasse in die homogenen Kalksteinschichten unterhalb des Grundwasserspiegels betten zu können, war allerdings eine Tiefe von bis zu 40 m erforderlich.

In unmittelbarer Nähe des Kraftwerkes wurde zunächst ein ovaler Startschacht mit einer Abmessung von 25 x 15 m und einer Tiefe von 35 m gebaut. Von hier verläuft die Trasse 2.400 Meter lang mit 0,2 % Gefälle unterhalb des Hafenbeckens und der Schlossanlage Amalienborg zum

Durchgangsschacht »Adelgade«. An dieser Stelle macht der Tunnel einen Knick Richtung Nordwesten und führt in einer Länge von weiteren 1.400 Metern mit 1,1 % Steigung zum Zielschacht »Fredensgade«.

Bei den Schachtarbeiten ergaben sich teilweise immense Wassereinträge von bis zu 240 m<sup>3</sup> pro Stunde. Diese mussten abgepumpt, gefiltert und wieder kontrolliert in das Grundwasser eingerieselt werden, um die empfindlichen Eichenpfähle der Kopenhagener Altstadtbauten nicht trockenzulegen und zu beschädigen. Die Tunnelröhren wurden mit einem Außendurchmesser von 5,10 m gebohrt und haben einen Innendurchmesser von 4,20 m. Die gesamten Schacht- und Tunnelbauarbeiten nahmen rund 2 Jahre in Anspruch.

Rechts: Über Rollenlager wurden die verschweißten Rohrstränge Zug um Zug in die einzelnen Tunnelabschnitte geschoben

Der ovale Startschacht mit einer Tiefe von 35 m



Die Dampfleitungen sind für Temperaturen von bis zu 300°C konzipiert



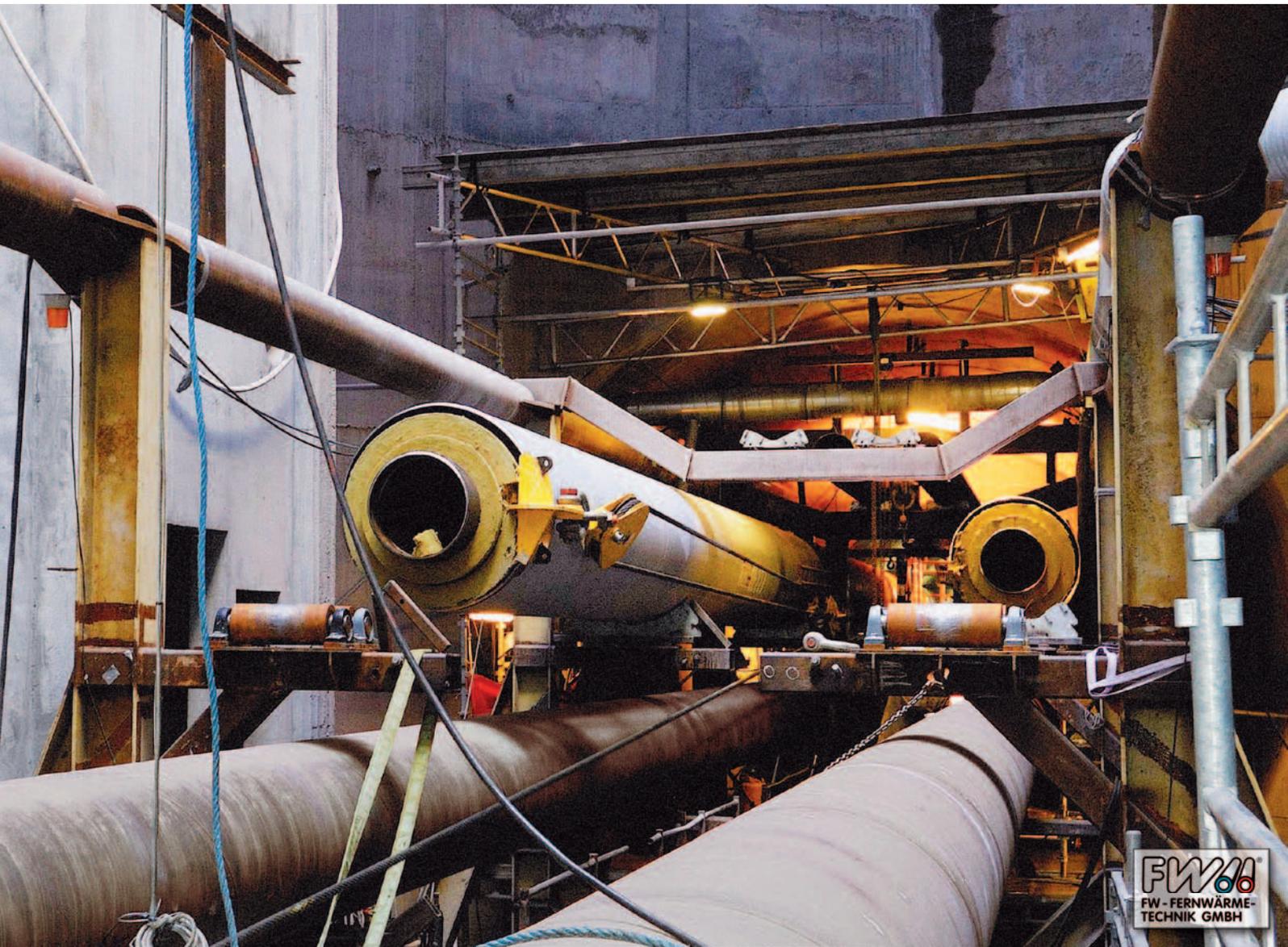
**Konzeption der Hochtemperatur-Fernwärmeleitung**

Neben den enormen tiefbautechnischen Erfordernissen gab es aber auch an die Rohrleitungen selbst hohe technische Anforderungen. Salzgitter Mannesmann Line Pipe lieferte die Innenrohre für die zwei parallel verlaufenden Dampfleitungen mit 508,0 mm Durchmesser und einer Wanddicke von 11 mm. Diese wurden mit 210 mm Rockwool isoliert und mit spiralnahtgeschweißten Stahlrohren von Salzgitter Mannesmann Großrohr umhüllt.

Da die Betriebstemperatur der Fernwärmeleitung bei rund 290°C liegt, ergeben sich hohe Anforderungen in Bezug auf die Isolierung und die thermische Ausdehnung der verwendeten Rohre. Die Längenausdehnungen der HFI-geschweißten inneren Rohre des Hochtemperatur-Doppelrohr-



Die Verlegetrasse führt in bis zu 40 m Tiefe von der vorgelagerten Amager-Halbinsel unterhalb des Schlosses Amalienborg zum Tunnelschacht »Adelgade« und von dort zum Zielschacht »Fredensgade«



systems betragen auf dem 2.400 m langen Tunnelabschnitt bis zu 8,5 m und auf dem kürzeren Abschnitt rund 4,9 m.

Dies erforderte eine Lösung auf höchstem technologischem Niveau, die die FW-FERNWÄRME-TECHNIK GmbH aus Celle durch eine Kombination aus thermischer Vorspannung der Mediumrohre und den Einsatz von Gelenkkompensatoren realisierte. Installiert wurden die Kompensatoren im vertikalen Rohrteil der drei Tunnelschächte.

#### Permanentvakuum mit drei Funktionen

Durch die Erzeugung eines Permanentvakuums im Mantelrohringraum zwischen Mediumrohr und Mantelrohr von 1 bis 3 mbar wurde ein Thermosflascheneffekt erzielt, der die Wärmeverluste um bis zu 40 % reduziert und die Mantelrohrtemperaturen stark begrenzt. Gleichzeitig ermöglicht

dieses Vakuum eine permanente Überwachung der Dichtigkeit des Doppelrohrsystems. Darüber hinaus werden durch den Entzug von Sauerstoff aus dem Ringraum Korrosionen am Innenrohr von außen und am Mantelrohr von innen ausgeschlossen.

#### Just-in-time-Belieferung der Baustellen

Auch die Logistikleistung war bei dem Projekt als durchaus anspruchsvoll zu bezeichnen. Da es an den Schächten im innerstädtischen Umfeld kaum ausreichenden Lagerplatz gab, mussten die 16 m langen Doppelrohre mit einem jeweiligen Gesamtgewicht von rund 8,5 t nahezu stundengenau an die Einbauschächte geliefert werden.

Durch eine gut organisierte Planung im Vorfeld konnten die Rohre just in time an die entsprechenden Tunnelschächte

geliefert werden. Mit Kränen wurden die Rohre zunächst in die Schächte abgesenkt. Anschließend wurden die Innen- und Außenrohre verschweißt und über vorinstallierte Rollenlager Zug um Zug in den Tunnel eingeschoben.

#### Erfolgreiches Zusammenspiel aller Projektpartner

Das gut abgestimmte Zusammenspiel zwischen Bauherr, Planungsbüro, Salzgitter Mannesmann Line Pipe und der FW-FERNWÄRME-TECHNIK hat zum weiteren Ausbau des Fernwärmenetzes in Kopenhagen beigetragen. Das erfolgreiche Projekt zeigt anschaulich, dass sich mit technischem und wirtschaftlichem Know-how und Erfahrung auch unter schwierigen Rahmenbedingungen die Reduzierung von Emissionen und die bessere Ausnutzung der Primärenergie realisieren lassen. ■

Blick in einen der drei Tunnelschächte, in die die Fernwärmerohre zur anschließenden Verschweißung und Installation abgesenkt wurden

