

# Fernwärme für die »Gartenstadt« in Flensburg

Von Hans-Jürgen Nielsen, Flensburg \*)

**In Flensburg entsteht in den nächsten 10 Jahren mit der Gartenstadt Weiche ein Wohngebiet mit insgesamt rd. 850 Einfamilien- und Reihenhäusern und entsprechender sozialer Infrastruktur, die mit Fernwärme für Raumwärme und Trinkwassererwärmung (TWE) versorgt werden. In diesem Bericht werden die Erschließungs- und Versorgungskonzeption für eine optimierte wirtschaftliche und technische Realisierung vorgestellt, die sich nachhaltig an der AGFW-Studie »Neuartige Wärmeverteilung« orientiert. Eine abgestimmte Planung und Netzbautechnik führt zu beachtenswerten Kosteneinsparungen unter Wahrung hoher Qualitätsstandards.**

## Summary of the report

### District Heat for »Gartenstadt« in Flensburg

In Flensburg, on the area of a former caserne, a new district in the green, the »Gartenstadt Weiche« is being developed. For the next 10 years, the building of appr. 600 single family houses and 250 terrace houses with pertinent social infrastructure is planned on a development area of 80 ha. This report shows conceptional and technical possibilities for an optimized district heat development of a new construction zone with the example of the »Garden City«. The technical realization was based mostly on the AGFW-study »novel heat distribution«.

Basically, new construction zones can be opened for district heating quite cost-efficiently because of the relatively low costs of civil engineering. Contrary to this is the economic disadvantage of the small connected heat load density, especially in zones with predominant development with single family homes and terrace houses. With the »energy savings ordinance 2000«, the connection capacity for space heating will sink presumably once again by more than 30 %. Therefore, for an economic district heat supply, all cost reduction potentials must be used consistently.

The »Gartenstadt Weiche GmbH & Co. KG« being the developing company, is responsible for the complete development of electricity, district heat and potable water. At the same time,

the technical standards of the supply businesses are kept. After completion of the main building phases, a transfer of ownership to the supply networks will be signed. This model enables cost efficient development through synergy effects and ensures the suppliers a maximal number of connections per km.

For the predominant development area with single family homes and terrace houses, the secondary net technology is interesting. It enables low design temperatures and -pressures. Therefore, the utilization of simple house substations and flexible laying systems is possible. At the same time, the utilization limits of these systems will be shown, which should not be over-estimated with respect to their cost saving potentials. Rather, an optimized economic and technical development should proceed through the combination of »conventional« PJP with steel medium pipes, flexible systems, cellar lines, pipe line laying, step ditches etc.

A cost efficient development, however, should not be performed at the expense of the quality of design, which should guarantee a decades-long economic operation. Especially the quality assurance for welding- and socket-connections must be guaranteed by suitable examination processes and a leakage warning system.

The premature integration of the specialty designers, among others, for the securing of the laying rights in the building-plan, the street plan with green islands and planted trees, as well as the agreement procedure on the planning of supply- and removal-systems, contribute to the economic development.

Many customers classify district heat as »cost efficient« in spite of the price disadvantage (full costs) existing at present. They regard district heat as

modern, comfortable, environment friendly and supply-reliable. Therefore, the positive image should be used offensively for the marketing.

With the method described in this report and the technology used for the district heat development of the Garden City in Flensburg, the ambitious cost-efficiency goals of the AGFW-study could not only be reached, but rather significantly exceeded. At the same time, these statements for the secondary net technology can also be transferred almost completely to island networks.

## 1 Bebauungsgebiet »Gartenstadt«

In Flensburg entsteht auf dem Gebiet einer ehemaligen Kaserne mit der Gartenstadt Weiche ein neuer Stadtteil im Grünen. In den nächsten 10 Jahren ist auf dem Bebauungsgebiet von 80 ha der Bau von rd. 600 Einfamilienhäusern und 250 Reihenhäusern mit dazugehöriger sozialer Infrastruktur wie beispielsweise Einkaufs- und Freizeitzentren, Altenbetreutes Wohnen, Kindergarten etc. vorgesehen. Die Erschließung wird in vier Hauptbauabschnitten durchgeführt. Der 1. Bauabschnitt ist zusammen mit einem verkleinerten Gesamtplan in *Bild 1* zu sehen.

Für die Bebauung mit Einfamilienhäusern bieten die Investoren verschiedene Musterhaustypen an (*Bild 2*). Weiterhin werden vollerschlossene Grundstücke für die freie Bebauung verkauft. Bestandsgebäude werden in Reihenhäuser umgebaut bzw. nach erfolgter Sanierung an Dienstleistungsunternehmen vermietet.

Einfamilienhäuser werden in Neubaugebieten erfahrungsgemäß nicht unterkellert. Dagegen sind die Bestandsgebäude größtenteils unterkellert, so daß sich dort die Verlegung von Kellerleitungen anbietet.

Die Einfamilienhäuser werden im Zuge der Erschließung entsprechend der geltenden jeweiligen Wärmeschutzverordnung gebaut. Die Bestandsgebäude werden nach den für Niedrigenergiehäuser geltenden Standards wärmetechnisch saniert.

## 2 Erschließungskonzeption

Die Gartenstadt Weiche GmbH & Co. KG als Erschließungsunternehmen beauftragte die EVN Ingenieurgesellschaft mbH (beide Flensburg) mit der Ausarbeitung eines Erschließungs- und Versorgungskonzeptes (Voruntersu-

\*) Dipl.-Ing. Hans-Jürgen Nielsen, EVN Ingenieurgesellschaft mbH, Flensburg, www.EVN-IngGmbH.de.

chungsstudie). Dabei wurden folgende Rahmenbedingungen von der Gartenstadt Weiche vorgegeben:

- niedrige Erschließungskosten für die Versorgungsnetze
- wettbewerbsfähige Wärmepreise für den Verbraucher, so daß keine Nachteile gegenüber anderen Bebauungsgebieten entstehen
- Übereinstimmung mit Marketingzielsetzungen für die Gartenstadt (Wohnen im Grünen, keine Schornsteine, modern, komfortabel, umweltfreundlich).

Grundsätzlich genießt die Fernwärme in Flensburg ein äußerst positives Ansehen bei den Kunden. Sie gilt als komfortabel, umweltfreundlich, platzsparend und hat sich in den vergangenen über dreißig Jahren als zuverlässige und sichere Wärmeversorgung erwiesen. Dies führt dazu, daß trotz der in den vergangenen Jahren höheren Verbraucherpreise (Vollkosten) die Fernwärme von den Kunden als »preiswert« eingestuft wird. Das positive Image und die oben genannt Marketingkriterien für ein »Wohnen im Grünen« sprechen für eine Fernwärmeversorgung der Gartenstadt Weiche.

In der Voruntersuchungsstudie wurden zwei Varianten für eine Fernwärmeversorgung untersucht, und zwar entweder einen Anschluß an das Primärnetz der Stadtwerke Flensburg oder Bau eines gasmotorisch betriebenen Blockheizkraftwerkes (BHKW) mit einem Inselnetz. Dabei stellte sich heraus, daß ein BHKW im Wettbewerb mit den Wärmepreisen der Stadtwerke Flensburg GmbH sich nicht wirtschaftlich realisieren läßt (Strom- und Erdgaspreise: Stand Winter 1999). Deshalb hat sich die Gartenstadt für den Anschluß an das Primärnetz der Stadtwerke Flensburg GmbH entschieden.

Die Voruntersuchungsstudie ergab, daß die Erschließung des gesamten Bebauungsgebietes mit Versorgungsnetzen für Elektrizität, Fernwärme und Trinkwasser am kostengünstigsten durch die Gartenstadt Weiche als Bauherr durchgeführt werden kann. Nach Fertigstellung von Hauptbauabschnitten erfolgt eine Übereignung an das Versorgungsunternehmen. Das vereinbarte Erschließungsmodell sichert eine FW-Anschlußdichte von 100 % zu.

Das gewählte Modell ermöglicht eine wirtschaftlich und technisch optimierte Erschließung durch eine frühzeitige Abstimmung zwischen den beteiligten Fachplanern und Unternehmen. Bereits mit der Aufstellung des B-Planes wurden Leitungsrechte großzügig gesichert. In den Musterhaustypen wurde

die Lage des Hausanschlußraumes möglichst nahe zu den Versorgungsnetzen eingeplant, so daß die Hausanschlußleitungen kostengünstig gebaut werden können.

Frühzeitig wurden zwischen EVN und dem beauftragten Ingenieurbüro für die SW-/RW-Erschließung und Straßenbau die Planung abgestimmt. Gerade die Lage der SW-/RW-Leitungen, die Standorte von Grüninseln und Bepflanzungen sowie Bauzeitenpläne konnten aufeinander abgestimmt werden.

Die Planung und Bauüberwachung für FW-Rohrleitungs- und Tiefbauleistungen führt die EVN durch, so daß die gesamte technische und organisatorische Projektdurchführung in einer Hand liegt.

Die Erschließung ist in insgesamt vier Hauptbauabschnitten unterteilt. Im folgenden wird die Fernwärme-Erschließung näher beschrieben.

Hinweis:

Die Stadtwerke Flensburg GmbH halten die Versorgung von Neubaugebieten mit Fernwärme im Rahmen ihres bestehenden Tarifsystems für wirtschaftlich. Die Bestimmung der Fernwärmepreise ist nicht Gegenstand dieser Ausarbeitung. Näheres zum Ausbau der Fernwärme in Flensburg kann in [1] und [2] nachgelesen werden.

### 3 Fernwärme-Versorgungskonzeption

Die ehemalige Kaserne wurde ursprünglich aus einem zentralen Heizwerk mit Wärme versorgt. Das Fernwärmenetz wurde im wesentlichen Ende der fünfziger Jahre als Kanalsystem gebaut und weist altersbedingt gravierende technische Mängel auf. 1977 wurde die Kaserne an das Primärnetz der Stadtwerke Flensburg GmbH angeschlossen. Die FW-Unterstation verfügt über drei Bälz-Gegenstromapparate mit einer Gesamtleistung von 13,5 MW. Diese werden bis zum Neubau der FW-Station in spätestens 5 Jahren nach einer TÜV-Abnahme gemäß Druckbehälterverordnung im Sommer 2000 weiterbetrieben. Das vorhandene Fernwärmenetz wurde mit Schließung der Kaserne im Jahre 1998 außer Betrieb genommen. Im Zuge der Erschließung wird ein komplett neues Sekundärnetz als Strahlennetz in Kunststoffmantelrohrtechnik gebaut. Die Sekundärnetztechnik führt zur wirtschaftlichsten Erschließung. So können wegen der niedrigen Betriebsdrücke- und -temperaturen einfachste Hausstationen eingesetzt



Figure 1. Overview plan of the »Gartenstadt« Flensburg, 1st main section

Bild 1. Übersichtsplan Gartenstadt Flensburg, 1. Hauptabschnitt

werden. Wärme wird in der Gartenstadt für Raumwärme und für die Trinkwassererwärmung benötigt.

#### 3.1 Auslegungstemperaturen

Für die hydraulischen und statischen Berechnungen des Sekundärnetzes wurden zunächst die Auslegungstemperaturen für die Heizungs- und Trinkwasser-Erwärmungsanlagen (TWE) der Neubauten und Bestandsgebäude bestimmt.

Sekundärnetze werden in Flensburg traditionell für die Auslegungstemperaturen von 100/60 °C ausgelegt. Hiermit wird bezweckt, daß bei den zumeist vorhanden 90/70 °C - Heizungsanlagen die Wärmeleistungsminderung der Heizkörper max. 3,7 % beträgt. Für die wirtschaftliche Gesamtoptimierung des Fernwärmenetzes bezüglich der Auslegungstemperaturen, Wärmeverluste, Pumpstromkosten, Netzdimensionen und der Heizkörpergrößen liegen zahlreiche Untersuchungen vor. So wäre nach Fröhlich [3] für die Gartenstadt bei freier Parameterwahl (alles Neubauten) eine max. Vorlauftemperatur von 90 °C zu wählen. Allerdings müssen die Wärmeleistungen der Heizkörper in den Bestandsgebäuden berücksichtigt werden. Die Nachberechnung dieser Anlagen ergab, daß die Heizkörper

per - wie in den meisten vergleichbaren Fällen - deutlich überdimensioniert sind, so daß eine max. Vorlauftemperatur von 90 °C als ausreichend anzusehen ist. Die neuen Anlagen in den Einfamilien- und modernisierten Reihenhäusern werden für 90/45 °C ausgelegt. Die max. Rücklauftemperatur für die TWE-Anlagen (Speicher-Trinkwassererwärmer) wird gleichfalls auf 45 °C begrenzt.

Um während längerer außergewöhnlicher Kälteperioden - wie etwa im Winter 1985/86 - den Komfortanspruch an die Fernwärmeversorgung für die Kunden sicherzustellen, erfolgt die statische Auslegung des Netzes für eine max. Temperatur von 100 °C. Dies ist rechnerisch und technisch nicht erforderlich und geschieht ausschließlich aus Komfortgründen gegenüber dem Verbraucher, dem z. B. bei einer Außentemperatur von - 15 °C eine Raumtemperatur von +20 °C bereitgestellt werden kann.

Das Netz wird witterungsgeführt gefahren, und zwar zwischen rd. 65 °C («Sommertemperatur») bis 90 °C bei der Normaußentemperatur von -10 °C für Flensburg.

### 3.2 Wärmebedarf und hydraulische Auslegung

Bedingt durch die stets verschärften Anforderungen durch die Wärmeschutzverordnungen in den vergangenen Jahren ist der Wärmebedarf für Neubauten drastisch zurückgegangen. Nach Inkrafttreten der »Energiesparverordnung 2000« wird die Anschlußleistung für Raumwärme voraussichtlich um über 30 % weiter sinken. Deshalb ist für die Auslegung von FW-Netzen in Neubaugebieten die Leistung für die TWE-Anlagen von besonderer Bedeutung.

Für die Dimensionierung des Netzes wird an jedem Knotenpunkt die Summe der Heizwärmeleistungen und die Summe der TWE-Leistungen multipliziert mit dem Gleichzeitigkeitsfaktor  $\phi$  gebildet. Für die Versorgung mit erwärmtem Trinkwasser von Einfamilien- und Reihenhäusern sind das Durchflußsystem und Speicher-Trinkwassererwärmer von Interesse. Wie z. B. bei dem Bauvorhaben »Nahwärme Vinnhorst« für die Stadtwerke Hannover AG nachgewiesen (1996), bringt das Durchflußsystem in diesem Leistungsbereich keine Vorteile. Deshalb werden Speicher-Trinkwassererwärmer (160 l Speicher) eingesetzt. Eine detaillierte Ausarbeitung zu diesem Thema ist von Dausch



Figure 2. Model house center of »Gartenstadt« Flensburg

Bild 2. Musterhauszentrum der Gartenstadt Flensburg

in [4] nachzulesen. Für das System »Speicher-Trinkwassererwärmer« haben wir das Netz mit den Gleichzeitigkeitsfaktoren nach DIN 4708 ausgelegt, wobei nach unserer Erfahrung für die Stichstraßen zu berücksichtigen ist, daß die Werte im Bereich bis zu rd. 20 »Einheitswohnungen« verbraucherabhängig streuen.

Um die Netzdimensionen durch kleinere Leistungen für die TWE-Anlagen weiter verringern zu können, sollte vielmehr der Einsatz eines größeren Speichers (z. B. 200 l) erwogen werden. Die größeren Wärmeverluste des Speichers dürften in der Regel wirtschaftlich vertretbar sein und treten im Innenraum auf (nicht im Erdreich).

Einen weiteren technischen Nachteil des Durchflußsystems sehen wir in der größeren Dimension für die Hausanschlußleitung. Einfamilien- und Reihenhäuser schließen wir mit Stahlflexleitungen 22 x 2 mm an (siehe Abschnitt 3.3.2). Im Falle des Durchflußsystems müßte die Dimension 28 x 2 mm gewählt werden. Diese ist im Gegensatz zur kleineren Dimension schwieriger zu verlegen. Dies betrifft besonders die Einführung der Leitungen in den Hausanschlußraum.

Unabhängig von den aufgeführten Gründen schließt das Tarifsystem der Stadtwerke Flensburg GmbH mit Leistungs- und Verbrauchspreis einen wirtschaftlichen Einsatz des Durchflußsystems für Einfamilien- und Reihenhäuser aus.

Abschließend sei noch zu den prognostizierten Wärmeverbräuchen angemerkt, daß sich nach unserer Erfahrung die Anschlußleistungswerte (Wärmebedarf) entsprechend den Wärme-

schutzverordnungen reduzieren, jedoch nicht im gleichen Maße der Wärmeverbrauch, und zwar für die Raumwärme. Das bedeutet, daß die Vollbenutzungsstunden merklich höher liegen als z. B. in der VDI 2067 Blatt 2 angenommen.

### 3.3 Netzbautechnik

Eine vieldiskutierte Frage für die kostengünstige Erschließung von Neubaugebieten ist die Wahl des Verlegesystems. Der Markt bietet u. a. Kunststoffmantelrohrsysteme mit Mediumrohren aus Kunststoff, Kupfer, Edelstahl, Stahl (schwarz) sowie Doppelrohrsysteme an. Gerade die relativ niedrigen Auslegungstemperaturen und Betriebsdrücke von Sekundärnetzen machen den Einsatz dieser Systeme interessant. Bekanntermaßen liegt der entscheidende Vorteil dieser Systeme bei den Lieferlängen in Form von Rollen und den damit verbundenen Einsparmöglichkeiten für Montage- und Materialkosten für Schweißverbindungen und Muffen mit Nachdämmarbeiten. Zudem kann bei selbstkompensierenden Verlegesystemen teils ganz auf Dehnpolster verzichtet werden. Allerdings sind bei diesen Systemen Formteile (Bögen, Abzweige) und auch das Rohrmaterial merklich teurer als »herkömmliches« KMR. Zudem sollten mit dem gewählten System Hausanschlüsse unkompliziert mit dem Anbohrverfahren hergestellt werden können.

Für die Wahl des kostengünstigsten Verlegesystems ist zunächst die Unterteilung in Versorgungsleitungen und in Hausanschlußleitungen sinnvoll. Die Verlegung von Kellerleitungen folgt in Abschnitt 3.3.3.

### 3.3.1 Versorgungsleitungen

Die Erschließungsarbeiten werden komplett vor dem Bau der Häuser ausgeführt. Deshalb werden sämtliche Versorgungsleitungen ohne Hausanschlußleitungen in Gehwegen oder Straßen verlegt. Eine Vorverlegung der Hausanschlußleitungen für Elektrizität, Fernwärme und Trinkwasser wird nicht vorgenommen. Da die Lage der Hausanschlußräume während der Erschließungsphase in der Regel nicht bekannt ist, würde die Vorverlegung »Mitte Grundstück« zu erheblichen Mehrlängen und zu Leitungsverläufen »Quer durch den Vorgarten« führen. Auch die Kostensituation spricht für den nachträglichen Anschluß auf dem direkten Weg. Weiterhin ist zu beachten, daß zusätzliche Schweiß-/Muffenverbindungen in den Hausanschlußleitungen zwischen Abzweig und Hauptabsperrarmaturen vor der FW-Station im Hausanschlußraum herzustellen wären. Gerade dies wollen wir im Hinblick auf den gewünschten Verzicht des Leckwarnsystems bei Hausanschlußleitungen vermeiden (siehe Abschnitt 3.5). Zudem ist bei Trinkwasser die zeitliche Befristung einer Vorverlegung nach DIN 1988 und bei der Fernwärme sind Vorkehrungen wegen der Einfriergefahr der Leitungen zu berücksichtigen.

Wie bereits erwähnt, sind bei den flexiblen Systemen die Formstücke und auch das Rohrmaterial selbst teils deutlich teurer als herkömmliches KMR. Nur unter großem Aufwand sind PEX und Edelstahlwellrohr im Versorgungsnetz für nachträgliche Hausanschlüsse geeignet. Kosten und technische Nachteile sprechen gegen den Einsatz dieser Systeme als Versorgungsleitungen in der Gartenstadt, und zwar auch bei kleineren Dimensionen.

Das Kunststoffverbundmantelrohrsystem wird auch als sog. Doppelrohrsystem (Vor- und Rücklauf in einem Mantelrohr) bis zu einer Nennweite DN 150 angeboten. Die Stahlmediumrohre sind über Stege miteinander verbunden. Die wirtschaftlichen Vorteile liegen im wesentlichen in den geringeren Tiefbaukosten und Wärmeverlusten.

Bei der Verlegung als Versorgungsleitungen in Neubaugebieten rechnen sich diese Systeme nach unseren langjährigen Erfahrungen nicht, da die höheren Kosten im Rohrleitungsbau (gerades Rohr und Formteile) ausschlaggebend sind.

**Table 1.** Costs of the supply network with KMR

**Tafel 1.** Kosten Versorgungsnetz mit KMR

Dimension	Kosten pro Meter Trasse
DN 25 - DN 40	140 DM / m
DN 50 - DN 65	180 DM / m
DN 80	205 DM / m
DN 100	250 DM / m
DN 125	310 DM / m
DN 150	380 DM / m
DN 200	450 DM / m

Wir halten das Doppelrohrsystem für den Einsatz in Bestandsgebieten mit entsprechenden Einsparpotentialen im Tiefbau für sehr interessant. Gerade diese Aussagen können in Flensburg durch das Doppelrohrsystem »Fiskars« bestätigt werden [5]. Allerdings waren auch bei diesem System die nachträglichen Hausanschlüsse aufwendig.

Allgemein sind Systeme »von der Rolle« bei wenigen Formstücken oder Verlegung zwischen Kellern (z. B. PEX-Duo-Rohr) sicherlich als Versorgungsleitungen wirtschaftlich einsetzbar. Für Neubaugebiete wie die Gartenstadt sprechen technische und wirtschaftliche Gründe eindeutig für den Einsatz des herkömmlichen KMR.

In *Tafel 1* haben wir die Nettokosten pro Meter Trasse für das Versorgungsnetz zusammengestellt. Darin sind sämtliche Kosten für Rohrleitungs- und Tiefbau (ohne Oberflächen) einschließlich Planung und Bauüberwachung enthalten.

Die Netztemperaturen in Sekundärnetzen eignen sich ausgezeichnet für das thermische Vorspannen der KMR. Die Haupttrassen mit geraden Abschnitten bis zu 600 m Länge und die Stichstraßen mit Trassenlängen zwischen 100 und 200 m ließen sich problemlos mit sehr geringem Aufwand vorspannen. Die Kaltverlegung mit den bekannten Nachteilen wie beispielweise verstärkte Abzweige, Dehnpolsterdicken, Gleitbereichslängen, Knicklängen oder aufwendige U-Bogen-Konstruktionen, Kompensatoren und dergleichen, können einfach vermieden werden. Um die geforderte exakte Maßhaltigkeit für den Abstand zu anderen Leitungen im Stufengraben zu erreichen, wurden die Rohrgräben vor dem Vorspannen der KMR bis O.K. KMR mit Bettungskies angefüllt.

Die statischen Berechnungen des Netzes wurden mit dem Programm

SISKMR gemäß AGFW-Richtlinie FW 401 durchgeführt.

Die Verlegung sämtlicher Versorgungsleitungen erfolgte in Stufengräben (Beispiel siehe *Bild 3*).

Ergänzend sei angemerkt, daß natürlich in der Netzbautechnik die üblichen Standards - wie z. B. Flachverlegung und Verzicht auf Schächte durch Erd-einbauarmaturen - angewendet wurden.

### 3.3.2 Hausanschlußleitungen

Wie im vorherigen Abschnitt 3.3.1 dargestellt, hat sich die Verlegung von KMR mit Stahlmediumrohr als die wirtschaftlich und technisch vorteilhafteste Lösung für das Versorgungsnetz erwiesen. Diese Leitungen werden für die Herstellung der Hausanschlüsse weitestgehend angebohrt. Die daran anzuschließenden Leitungen sollten direkt in das Haus - ohne weitere Formteile und Muffenverbindungen - verlegt werden. Für diese Anwendungsfälle sind Verlegesysteme mit FW-Leitungen »von der Rolle« ideal einzusetzen. Je nach Temperatur- und Druckverhältnissen bieten sich Kunststoffmantelrohre mit PEX- oder PB-Mediumrohr (beide auch PMR genannt), mit Edelstahlwellrohr, mit weichgeglühtem Stahlrohr (»Stahlflex«), mit Kupferrohr (alle auch MMR genannt) u. a. an.

Für die Gartenstadt stellt das System »Stahlflex« die mit Abstand kostengünstigste und technisch qualitativ hochwertigste Lösung für Hausanschlüsse mit Anschlußleistungen bis ca. 35 kW dar. Stahlflex wird von mehreren Herstellern angeboten und ist bis 130 °C einsetzbar.

Die Stahlflex-Dimension 22 x 2 mm für Einzelanschlüsse läßt sich von geübten Anwendern ohne weitere Biegevorrichtung einfach und zügig verlegen. Zusammen mit dem Rohrleitungsbauunternehmen durchgeführte Versuche ergaben, daß selbst bei sehr kleinen Biegeradien Ablösungen des Schaums vom Mediumrohr oder gar ein Einknicken desselben nicht festgestellt werden konnte. Für die Dimension 28 x 2 mm (Doppelanschluß) empfiehlt es sich eine sog. »Biegemaschine« einzusetzen.

Für eine Hausanschlußleitung mit der Dimension 22 x 2 mm mit einer Länge von 15 m kommen wir für Stahlflex auf Kosten von rd. 130 DM pro Meter Trasse, und zwar komplett für Rohrbau und Tiefbau einschließlich Anbohr-Abzweige (Hauptrohr bis DN 50) und Hauptabsperrarmaturen im Hausan-

schlußraum. Bei einem Anschluß im Straßenbereich kommen rd. 250 DM pro Anschluß für Oberflächenaufbruch und -wiederherstellung hinzu.

Die Hersteller von Stahlflex geben in ihren Manuals Verlege-Richtlinien an. Da es zur Zeit keine weitere Rohrstatik als EDV-Programm für dieses System gibt, verlegen wir Stahlflex-Leitungen in Anlehnung an die KMR-Statik, allerdings ohne an die Auslegungsgrenzen zu gehen (so z. B. Verlegung mit Dehnpolstern).

Nicht vergessen werden sollte, daß auch bei den selbstkompensierenden Systemen Dehnpolster an den Abzweigen in den Gleitbereichen gesetzt werden müssen.

Andere Systeme setzen wir - je nach projektspezifischem Anwendungsfall - erst ein, wenn die Anschlußleistung für Stahlflex zu groß ist. Auch bei sehr kurzen Hausanschlußlängen ( $L < 6$  m) ist Stahlflex bei nichtunterkellerten Gebäuden günstiger, da auf Fertiggängen und Schweiß-/Muffenverbindungen verzichtet werden kann.

Für Doppelrohrsysteme (PMR oder MMR) gilt das gleiche wie bereits im Abschnitt 3.3.1 aufgeführt. Grundsätzlich empfehlen wir für die Lokalisierung von Leckagen längswasserdichte Systeme einzusetzen.

Die Übereinanderverlegung bei Hausanschlüssen wenden wir nicht an, da das Einsparpotential im Tiefbau gering ist und die Hausanschlußleitungen ohne Leckwarnsystem verlegt werden (siehe Abschnitt 3.5), das heißt die Leckortung mit Thermographie würde erschwert.

Für die Nachdämmtechnik der Anbohr-Abzweige werden Montage-T-Muffen eingesetzt, die die kleinsten Kopflöcher erfordern (im Vergleich zum Extrusionschweißen von Muffen). Nach mehrjährigen Erfahrungen mit dieser Technik sind uns keine Schäden bekannt, so daß wir den Einsatz dieser Technik als zuverlässig einstufen, zumal in diesem Baugebiet kein Schichten- oder Grundwasser in der Leitungszone vorkommt.

### 3.3.3 Kellerleitungen

Die größtenteils unterkellerten Bestandsgebäude ermöglichen eine Verlegung von Fernwärme-Kellerleitungen für die berechneten Dimensionen DN 20 - DN 40. Im Vergleich zur kostengünstigsten Verlegung mit erdverlegten KMR (Versorgungs- und Hausanschlußleitungen) ergibt sich eine Kosteneinsparung von über 50 %.

Kellerleitungen weisen die geringste Schadenswahrscheinlichkeit auf. Dabei handelt es sich bei den uns bekannten Schäden um Korrosionsschäden, die durch Tropfwasser anderer Leitungen verursacht wurden, da diese oberhalb der FW-Leitungen angebracht waren. Deshalb sollten - auch aus Kostengründen - die Rohrleitungen an den Decken befestigt werden.

Bei Kellerleitungen werden auftretende Schäden schnell lokalisiert und sind hinsichtlich der Reparaturkosten äußerst günstig zu bewerten. Weitere Vorteile der Kellerleitungsverlegung sind die vergleichsweise geringeren Leitungslängen mit entsprechend geringeren Wärmeverlusten und die größte zu erwartende Nutzungsdauer sowie die einfache Anbindung an die FW-Station.

Für die Wärmedämmung der Kellerleitungen haben wir Mineralwollschalen mit Isogenopak als Oberflächenschutz genommen.

### 3.4 Qualitätssicherung im Rohrleitungsbau

Für die Rohrleitungsarbeiten werden aus technischen und wirtschaftlichen Gründen sowie im Interesse einer zügigen Projektabwicklung ausschließlich Rohrleitungsbaufirmen mit entsprechenden Referenzen beauftragt.

Schweißer müssen die üblichen Qualifikationen nach EN 487 - 1 nachweisen und unter Baustellenbedingungen röntgensicher schweißen können. Für die Überprüfung der Schweißnahtqualität halten wir Röntgenprüfungen und Druckproben als Dichtigkeitsnachweis für unverzichtbar. Die Bauüberwachung wird durch einen Schweißfachmann der EVN wahrgenommen.

Als wichtigen Bestandteil der Qualitätssicherung für die Herstellung der Muffen und Schweißnähte sehen wir das Leckwarnsystem an. Es ist immer wieder festzustellen, daß dadurch die Qualität der Ausführungsarbeiten deutlich zunimmt.

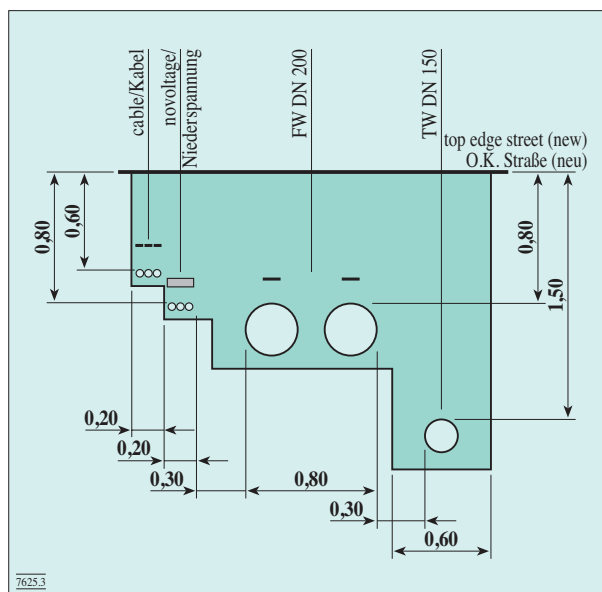


Figure 3. Example of a step ditch for the supply network  
Bild 3. Beispiel Stufengraben für die Versorgungsnetze

Für die Qualifikation der Muffenmonteure wurde eine Ausbildung nach dem AGFW-Arbeitsblatt FW 603 Prüfgruppe I verlangt, das heißt mit erweiterten Kenntnissen und Fähigkeiten zum Schweißen von PE-Mantelrohren. Als Muffen werden ausschließlich Schrumpfmuffen eingesetzt.

### 3.5 Leckwarnsystem

Gerade in Flensburg bestand jahrelang eine große Skepsis gegenüber dem Einsatz von Leckwarnsystemen. Systeme mit Fehlmeldungen von teils über 30 % begründeten zurecht die ablehnende Haltung. Zudem lagen mit der Thermographie gute Erfahrungen vor.

Die Frage, welches Leckwarnsystem das Optimum z. B. hinsichtlich Sensitivität, fehlerfreier Montage, Investitions- und Betriebskosten bietet, ist wohl wie kaum ein anderes Thema in der Fernwärmebranche umstritten. Bedingt durch die technischen Weiterentwicklungen und die Kostenentwicklung halten wir heutzutage ein Leckwarnsystem für einen unverzichtbaren Bestandteil für die Qualitätssicherung der Ausführungsarbeiten und für einen wirtschaftlichen Fernwärmebetrieb.

Wir haben mit dem relativ einfachen »Nordischen System« gute Erfahrungen gesammelt, und glauben, für Sekundärnetze ein Optimum an Aufwand und Nutzen erzielen zu können.

Wir halten die Überwachung des Versorgungsnetzes mit dem integrierten Leckwarnsystem nach Abwägung von Kosten/Nutzen für zweckmäßig.

Bei Hausanschlüssen wird überwiegend Stahlflex eingesetzt, so daß Baustellenschweißnähte lediglich am Abzweig (in der Regel Anbohrabzweig) vorhanden sind. Die Schweißnähte am Anbohrhahn werden durch die Drähte in den Versorgungsleitungen überwacht. Es werden lediglich Hausanschlußleitungen an Netzpunkten mit Leckwarnsystem verlegt, an denen eine Meßstelle vorgesehen werden muß. Für Stahlflex-Leitungen bieten die Hersteller mittlerweile auch das integrierte Leckwarnsystem an.

Weitere Vorteile des Leckwarnsystems sind u. a.

- Einfaches Feststellen von Schäden innerhalb der Gewährleistungszeit.
- Feststellen von Schäden, die durch Fremdfirmen verursacht werden
- Geringere Betriebskosten durch die zentrale Überwachung im Vergleich zur Thermographie.

Die Thermographie weist systemspezifische Nachteile auf, wie z. B. Zugänglichkeit (Parkplätze, fließender Verkehr) und Außentemperaturabhängigkeit. Wir sehen die Thermographie als ein ergänzendes System an.

#### 4 Hausanschlußräume (HAR)

Da das Bebauungsgebiet überwiegend aus Einfamilien- und Reihenhäusern besteht wird (rd. 850 WE), wurden verschiedene Anlagenkonfigurationen für Hausanschlußräume (HAR) bzw. für gleichzeitig genutzte Hauswirtschaftsräume (HWR) entwickelt. Da die meisten Häuser heutzutage ohne Keller gebaut werden, stellen die Schemata sicher, daß die Vorverlegung von Leerrohren einwandfrei ausgeführt werden kann und die Montage- und Bedienungsfreundlichkeit der Anlagen sichergestellt wird.

Zusätzlich empfiehlt es sich, eine Aussparung um die Leerrohre vorzusehen (z. B. 40 x 40 cm), so daß nach dem Schütten der Bodenplatte Maßgenauigkeiten ausgeglichen werden können.

#### 5 Hausstationen

In den Einfamilien- und Reihenhäusern kommen direkte Hausstationen ohne Beimischregelung und mit TWE-Speicher (V = 160 l) zum Einsatz. Die Stationen und Hausanlagen werden für die Nenndruckstufe PN 6 ausgelegt. Die Liefergrenze des Versorgungsunternehmens endet mit den beiden Hauptabsperrrarmaturen vor der FW-Station, die vom Bauherrn zu liefern und installieren ist.

Die Stationen müssen den TAB der Stadtwerke Flensburg GmbH entsprechen. Der Stationstyp (Musterstation) ist vom Heizungsbauer durch die Stadtwerke auf Übereinstimmung mit den TAB (Einbaulage von Temperaturfühler, Meßgeräten, Kurzschluß, Armaturenbestückung etc.) prüfen zu lassen.

In den Heizungsanlagen werden durchaus unterschiedliche Werkstoffe eingesetzt. Der Einsatz direkter Stationen hat sich in Flensburg seit Jahrzehnten bewährt, da vollentsalztes Wasser zur Verfügung steht.

Die Stationen werden ohne witterungsgeführte Regelung, ohne Umwälzpumpe und ohne Motorventil ausgestattet, sofern keine Fußbodenheizung gewünscht wird. Das Netz wird gleitend gefahren (witterungsgeführt in der FW-Unterstation). Der hydraulische Abgleich der Hausanlage erfolgt über die Thermostatventile mit Feineinstellung. Die max. Rücklauftemperatur von 45 °C wird so sicher nicht überschritten.

Wir haben den Verzicht auf die Beimischregelung (keine Regelung, Umwälzpumpe, Motorventil) wegen der Einhaltung der Heizungsanlagen-Verordnung (HeizAnlV) durch das Innenministerium Schleswig-Holstein rechtlich prüfen und bestätigen lassen. Die Auffassung, daß der § 7 Abs. 1 der HeizAnlV als erfüllt anzusehen sei, wurde auch durch die Arbeitsgemeinschaft Fernwärme AGFW e. V. und dem Arbeitskreis »Haustechnische Anlagen« - der an der Ausarbeitung der HeizAnlV mitgewirkt hat - geteilt.

#### 6 Tiefbau

Einen wichtigen Kostenanteil bei der Erschließung des Bebauungsgebietes stellen die Tiefbaukosten für die Versorgungsgräben dar. Deshalb ist die Verlegung von Leitungen und Kabel in einem gemeinsamen Stufengraben (siehe Bild 3) ein wichtiger Beitrag zur Kostensenkung.

Aus dem vorliegenden Bodengutachten geht hervor, daß der Boden aus Sand mit kiesigen Anteilen besteht. Dieser Boden kann in der Verfüllzone wiedereingebaut werden. In der Leitungszone wird allseitig 15 cm Kies 0 bis 2 mm um die KMR eingebaut (Vorgabe der Stadtwerke). Der Überschubboden wird im Baugebiet als Füllboden verwendet.

Der Grundwasserstand liegt zwischen 3 bis 4 m unter dem Geländeneiveau, so daß Wasserhaltungsmaßnahmen nicht erforderlich sind. Im gesamten 1. Hauptbauabschnitt stand der Bo-

den gut, so daß diesbezüglich keine Verbaumaßnahmen erforderlich waren.

Die Verlegung der Leitungen (Fernwärme und Trinkwasser) und Kabel (Mittel- und Niederspannung, Straßenbeleuchtung, Telekommunikation) erfolgt grundsätzlich in kostengünstigen Stufengräben. Die Abrechnungsprofile wurden in der Anlage zur Ausschreibung strikt vorgegeben, so daß Mehr-/Minderungen nur durch die Grabentiefen möglich sind. Die Mindestabstände der Fernwärmeleitungen zu den anderen Versorgungsleitungen wurden in Absprache mit den Stadtwerken Flensburg GmbH festgelegt. Dazu sei angemerkt, daß die DIN 1998 - »Unterbringung von Leitungen und Anlagen in öffentlichen Flächen« nach unserer Auffassung als nicht zeitgemäß und überarbeitungsbedürftig anzusehen ist. So werden die projektspezifischen Auslegungstemperaturen und das Verlegesystem in der Norm nicht berücksichtigt. Die Abstände bei Parallelverlegung zu den Kabeln wurden von Stadtwerken mit mindestens 30 cm vorgegeben. Die Kabel liegen parallel zur FW-Rücklaufleitung. Der Abstand zu den Trinkwasserleitungen beträgt mindestens die geforderten 40 cm.

Als Verdichtungsnachweis wurden Lastplattendruckversuche gemäß DIN 18134 im Straßenbereich durchgeführt. Die Grabenbreiten lagen zwischen 1,70 m und 2,60 m.

#### 7 Schrifttum

- [1] *Wolfgang Prinz*, Verwirklichung einer Stadt-Fernheizung am Beispiel Flensburg, Referateband der SVA-Informationstagung 1981 in Bern.
- [2] *Manfred Klöpsch*, Warum ist der Flensburger Leitungsbau kostengünstiger? AGFW, Informationen für Mitglieder Nr. 23, 1982
- [3] *K. P. Fröhlich*, Sekundärnetztechnik - eine kostengünstige Alternative? Tagungsband AGFW-Ausprachetagung 1999 in Braunschweig
- [4] *H.-J. Dausch*, Innovative und preiswerte Hausstationen, Fraunhofer Institut, Umsicht Schriftenreihe Band 8, Oberhausen, 1998
- [5] *Asmus Nielsen*, Kostenanalyse zum Fiskars-System, Flensburg, 1981 (unveröffentlicht)

(7625)