

**Zeitschrift:** Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 62 (1970)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Aktuelle Fragen der Fernwärmeversorgung  
**Autor:** Gross, Arnold T.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-921060>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 06.02.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Fortschritt in der Erzeugung hochfesten Stahles, ein weites Anwendungsfeld gefunden. Auch im Talsperrenbau waren projektmässig vorgespannte Bauglieder in den Baukörper einbezogen worden. Ein europäisches Beispiel ist die 1958 fertiggestellte Allt-Nei-Laridge-Sperre in Schottland. Hier waren Spannanker mit je 470 t Spannlast vorgesehen und in 8,60 m Abstand im Zuge des Bauvorganges in den Sperrkörper miteingebaut worden.

Bei der Neuplanung einer Talsperre mit Spannankern können in der Gestaltung, Dimensionierung, der Materialstruktur des Baukörpers und der Anker alle notwendigen Vorsorgen für die Sicherheit des Bauwerkes eingeplant werden.

Schwierige Probleme und Forderungen stellt der nachträgliche Einbau von Spannankern in Talsperren. Sie beginnt mit den Fakten der Materialfestigkeit, der Porosität, der Wasserdurchlässigkeit des Altbetons und der Durchsickerung, der Auftriebs- und Gründungsverhältnisse der alten Sperre. Sie betreffen weiter das Relaxationsverhalten und den Korrosionsschutz der Spannanker, die Wirkungskontrolle der Spannlast u. a. Fragen mehr.

Der Baudurchführung der Spullersee-Sperreerhöhung waren dementsprechend Reihen von Untersuchungen vor-

ausgegangen; Messungen und Beobachtungen an acht Bohrsonden, Materialprüfungen an Reihen von Bohrkernen; Einbau von fünf volldimensionierten Probeankern mit Dehnungs- und Zerreißversuchen, Relaxations- und Korrosionsuntersuchungen im unbelasteten und im gespannten Zustand über einen Zeitraum von zweieinhalb Jahren.

Der Verfasser hat über die Ergebnisse und im einzelnen neuen Erkenntnisse in der Schweizerischen Bauzeitung, Heft 4 vom 27. Januar 1966 und über die Baudurchführung in Heft 50 vom 12. Dezember 1968 berichtet.

### Schlusswort

Dieser neuartige Fall der Erhöhung von Talsperren hat erwiesen, dass es mit einer solchen durch Voruntersuchung gestützten Baumassnahme möglich ist, den nutzbaren Stauraum von Speichern mit Gewichtsmauern auf wirtschaftliche Weise und in manchem Falle in ansehnlichem Ausmass zu vergrössern und damit den Funktionswert der bestehenden Wasserkraftanlage zu erhöhen.

Adresse des Verfassers:  
Dipl. Ing. Alfred Ruttner, Erzbischofgasse 5/2, A-1130 Wien 13

## AKTUELLE FRAGEN DER FERNWÄRMEVERSORGUNG

Bericht über die Tagung «Heizkraftwirtschaft» der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke (VDEW) im Oktober 1969 in Düsseldorf

Arnold Th. Gross

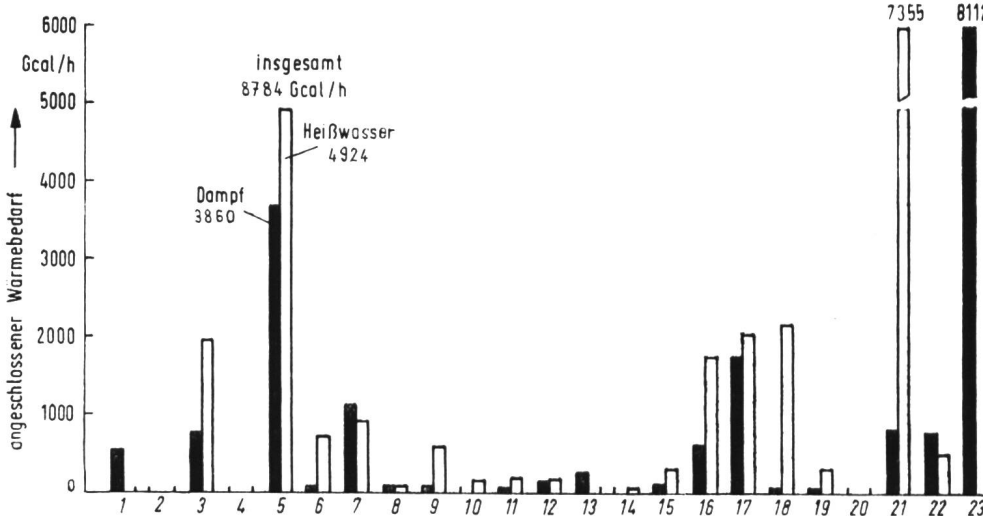
DK 061.3:621.311.22:697.34

### Zum Stand der Fernwärmeversorgung

Die Fernwärmeversorgung hat sich in den letzten 20 Jahren stürmisch entwickelt. Neben rund 700 meist kleineren Heizwerken bestanden 1967 in der Bundesrepublik Deutschland 107 Heizkraftwerke mit einer Wärmelieferung zwischen 20 Tcal und 25 000 Tcal. Die Trassenlänge der Wärmeverteilungsnetze dürfte inzwischen 5 000 km erreicht haben.

Detaillierte Angaben über den Stand der Fernwärmeversorgung und der Heizkraftwirtschaft in der Welt machte Prof. I. D. Stancescu, Bukarest, in seinem Uebersichtsvortrag «Die Fernwärmeversorgung aus internationaler Sicht». Sein

Zahlenmaterial, das 23 Länder erfasst, stützt sich auf eine internationale Erhebung der Weltenergiekonferenz für Ende 1966, ergänzt durch statistische Angaben eines Sonderberichts zur VII. Volltagung der Weltenergiekonferenz in Moskau 1968 und aus anderen Quellen. Es enthält allerdings nicht die schwer zu erfassende Wärmelieferung aus betriebseigenen Heizkraftwerken der Industrie, die z. B. in der BR Deutschland sehr beträchtlich ist. Deshalb lassen die folgenden Zahlen nicht den gesamten Umfang des heutigen Entwicklungsstandes erkennen.

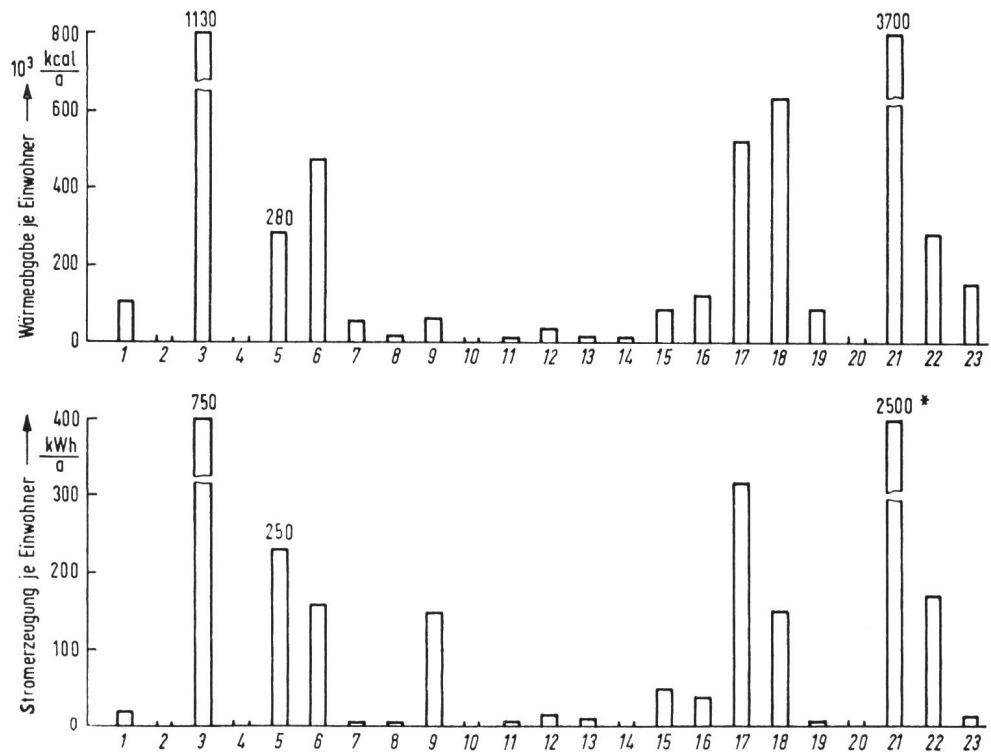


Die Ziffern 1 bis 23 an der Abszisse bezeichnen folgende Länder:

- 1 Belgien
- 2 Bulgarien
- 3 Dänemark
- 4 DDR
- 5 Bundesrepublik Deutschland
- 6 Finnland
- 7 Frankreich
- 8 Grossbritannien
- 9 Holland
- 10 Island
- 11 Italien
- 12 Jugoslawien
- 13 Kanada
- 14 Norwegen
- 15 Oesterreich
- 16 Polen
- 17 Rumänien
- 18 Schweden
- 19 Schweiz
- 20 Tschechoslowakei
- 21 Moskau
- 22 Ungarn
- 23 USA

Bild 1 Angeschlossener Wärmebedarf 1966: insgesamt 43 260 Gcal/h, davon Dampf 19 148 Gcal/h, Heisswasser 24 112 Gcal/h

Bild 2  
Spezifische Wärmeabgabe  
und Stromerzeugung im  
Heizkraftbetrieb 1966  
(Ziffern 1 bis 23 wie in Bild 1)



Die installierte Wärmeleistung jener Länder (ohne UdSSR, Tschechoslowakei und DDR) betrug 1966 insgesamt rd. 43 500 Gcal/h. Davon waren fast 29 % in Heizwerken installiert, rd. 71 % in öffentlichen Heizkraftwerken, deren elektrische Leistung bei maximaler Wärmeabgabe etwa 7 500 MW betrug. Rund 26 % der jährlich abgegebenen Wärmemenge von insgesamt etwa 85 000 Tcal lieferten die Heizwerke, rd. 74 % die Heizkraftwerke.

Am weitesten ist die Heizkraftwirtschaft in der UdSSR, der BR Deutschland, in Polen, Rumänien, Dänemark und Schweden entwickelt. Die Sowjetunion allein verzeichnete 1965 eine gesamte städtische Fernwärmeabgabe von rd. 135 000 Tcal, etwa 56 % davon entfielen auf Heizkraftwerke. In der BRD stammten 1968 rd. 82 % der öffentlichen Wärmelieferung aus Heizkraftwerken<sup>1)</sup>. Die grösste Fernwärmeversorgung der Welt dürfte die Sieben-Millionen-Stadt Moskau haben: In ihren Heizkraftwerken waren 1968 rd. 3 000 MW installiert (in den 49 öffentlichen Heizkraftwerken der BRD waren es rd. 3 240 MW); die installierte Wärmeleistung betrug in Moskau etwa 10 700 Gcal/h, in der BRD 9 780 Gcal/h.

### Heizkraftwirtschaft unter verschiedenen Wirtschaftssystemen

Obwohl überall die gleiche Grundtechnik in der Fernwärmeversorgung und in der Heizkraftwirtschaft angewendet wird, sind dennoch wesentliche Unterschiede in der Deckung des Spitzenwärmebedarfs, der Auslegung der Heizkraftturbinen, der Ausführung der Hausstationen sowie der Grösse und des Standortes der Heizkraftwerke zu verzeichnen. Sie sind hauptsächlich durch die Unterschiede der energiepolitischen Auffassung und der Wirtschaftssysteme in den einzelnen Ländern bedingt.

Bei ausreichender Wärmebedarfsdichte — nach deutschen Verhältnissen etwa ab 50 Gcal/km<sup>2</sup> — ist die Fern-

wärmeversorgung mit Heiz/Kraft-Kopplung volkswirtschaftlich gesehen immer sinnvoll. Zu ihren direkten Vorteilen kommen noch indirekte, wie etwa Devisenersparnis durch Einschränkung der Brennstoffeinfuhr oder Vermeidung von Investitionen für den Brennstofftransport. Derartige Ueberlegungen werden vor allem in sozialistischen Wirtschaftssystemen angestellt, da hier der Staat alle diese Vorteile ausschöpfen und die gesamtwirtschaftlich optimale Lösung auch durchführen kann. Aus diesem Grunde hat sich die Heizkraftwirtschaft in der Sowjetunion, in Polen und Rumänien so stark entwickelt. Die vorwiegend energiewirtschaftlich orientierte Einstellung führte dort zu einer vollkommenen Integrierung der örtlichen Heizkraftsysteme in das einheitliche Energiesystem dieser Länder. Die Folge war eine spektakuläre Herabsetzung des spezifischen Wärmeverbrauchs je erzeugter kWh. In Rumänien z. B. lag dieser Wert noch 1955 etwa doppelt so hoch wie in der BRD und den USA, hat jedoch schon 1968 die entsprechenden Werte dieser beiden Länder unterschritten, nachdem jetzt bereits rd. 35 % der gesamten rumänischen Stromerzeugung aus Heizkraftwerken stammt.

Anders ist es in Ländern mit privatwirtschaftlich ausgerichteter Energiewirtschaft, wie z. B. in der BRD, in Dänemark oder Schweden, wo die Wirtschaftlichkeit der Heiz/Kraft-Kopplung im Vergleich zur getrennten Erzeugung von Strom und Wärme im Rahmen des einzelnen Versorgungsunternehmens nachgewiesen werden muss. Dort liegt die Wirtschaftlichkeitsgrenze dementsprechend höher und die Heiz/Kraft-Kopplung erhält wegen ihrer elektrischen Abhängigkeit einen vorwiegend elektrizitätswirtschaftlichen Charakter.

Eine Landeselektrizitätsgesellschaft mit monopolistischem Charakter kann vollends kaum Interesse daran haben, schwach entwickelte städtische Fernwärmenetze in ihr Stromsystem einzubeziehen. Selbst Staatsunternehmen, wie die EdF in Frankreich oder der CEBG in Grossbritannien, machen hier keine Ausnahme. Dies führt zwangsläufig zu einer vorwiegend heiztechnischen Einstellung der Wärmelieferer.

<sup>1)</sup> Siehe Elektrizitätswirtschaft 68 (1969) Nr. 9, S. 307/10

## Zukünftige Formen der Fernwärmeversorgung

Für die Zukunft rechnet Prof. Stancescu bei der Raumheizung hauptsächlich mit einem Wettbewerb zwischen Fernwärme, Erdgas und Strom. Massgebend dürfte die Tendenz sein, einen möglichst grossen Anteil des wachsenden Energiebedarfs durch Strom zu decken, der in Heizkraftwerken mit niedrigem spezifischem Brennstoffverbrauch aus Erdgas, u. U. auch aus Müll, erzeugt wird. Auch das Heizkraftwerk mit Kernenergie zur gleichzeitigen Wärmeversorgung mehrerer Städte hat grosse Chancen, setzt aber einen technisch einwandfreien und wirtschaftlich tragbaren Transport grosser Wärmemengen voraus. Daneben scheinen unter gewissen Bedingungen auch die mit Gas gefeuerten kleinen Blockanlagen (total energy supply) zur Deckung des gesamten Strom-, Wärme- und Kältebedarfs von Gebäudekomplexen zukunftsreich.

Die industrielle Heizkraftwirtschaft wird aus dem Ansteigen des technologischen Wärmebedarfs und dem Aufkommen neuer Anwendungsarten, wie z. B. der Meerwasserentsalzung oder der Beheizung grosser Gemüsekulturen, neue Impulse bekommen.

Zur Frage der Entwicklungschancen der einzelnen Heizungsarten äusserte sich auch Dipl.-Ing. H. P. W i n k e n s , Mannheim. In den nächsten Jahren wird auch in der Bundesrepublik ein Stand von 30 % sammelbeheizter Wohnungen erreicht werden. (Vor dem Kriege waren es nur 3 % bis 4 %.) Mit einer raschen zunehmenden Verbreitung von Gas- und elektrischen Heizungen — letztere besonders als Nachtspeicherheizungen — ist zu rechnen. Sie stellen eine gute Ergänzung zur Fernwärmeversorgung dar, besonders in Gebieten mit geringer Wärmedichte und in nicht zentral beheizten Altbaugebieten.

Die Kernenergie wird die wirtschaftlichen Möglichkeiten der elektrischen Heizung nicht wesentlich verbessern können, da die Kosten für die Verstärkung der elektrischen Netze zur Wärmeversorgung von geschlossenen Wohngebieten bei der Mittel- und Hochbebauung gleich oder höher als die der Fernwärmeversorgung sein dürften. Auch kann nur ein gewisser Prozentsatz der Wohnungen über Nachtspeicherheizung versorgt werden, da dann am kältesten Tag die Nachttäler ausgefüllt sind.

Der Einsatz von Gasturbinen hat bei Heizkraftwerken neue Chancen eröffnet. Bei der Oelfeuerung sind durch technische Vereinfachungen noch erhebliche Einsparungen möglich, so dass auch bei kleinen Einheiten die spezifischen Anlagekosten, soweit sie die Kosten von Heizwerken gleicher Wärmeabgabe übersteigen, noch unter denen der grossen Grundlastwerke liegen werden. Auch durch den Fortschritt in der Automatisierung des Betriebes werden Heizkraftwerke für die Deckung der elektrischen Spitzen- und Mittellast selbst im Atomzeitalter eher an Bedeutung gewinnen.

Mit den Zukunftszielen der Fernwärmeversorgung befasste sich der Vortrag des Düsseldorfer Stadtplaners Prof. F. Tams. Die Fernwärmeversorgung kann nur im Rahmen der künftigen Stadtentwicklung gesehen werden. Sie ist genau so ein Teil der allgemeinen kommunalen Aufgaben wie der Verkehr, die Strom-, Gas- und Wasserversorgung, die Hygiene, die Abwasser- und Müllbeseitigung usw. Insbesondere muss das Problem «Versorgung» im weitesten Sinn mit all seinen komplexen Detailproblemen verstanden werden, deren sich gegenseitig bedingende Ingenieuraufgaben eine grossräumige Generallösung erfordern. Man kann nicht von Europa sprechen und gleichzeitig die mittelalterlichen Gemeindegrenzen aufrecht erhalten wollen.

In der Fernwärmeversorgung könnten sich die Verhältnisse analog zur Wassergewinnung und Abwasserbeseitigung entwickeln, die zumindest in grösseren Orten nirgends mehr privaten Charakter haben. Von der individuellen Wärmeerzeugung würde dann der Weg zu einer echten öffentlichen Einrichtung führen. Niemand sollte angesichts der künftigen kommunalen Entwicklungen das Recht haben, die gemeinsame Luft über unseren immer dichter bebauten Städten nach Belieben durch individuelle Verbrennungsvorgänge zu beeinträchtigen. In diesem Sinn gehört die Zukunft der zentral gelenkten Wärmeversorgung.

## Die Fernwärmeversorgung aus der Sicht des Verbrauchers

Hauptursachen für Beanstandungen bei Fernwärmeanlagen, so führte Ministerialrat Dr.-Ing. E. Jacobi, Düsseldorf, aus, sind vermeidbare Planungs- und Ausführungsmängel bei der Fernheizung, eine zu lange Bauzeit der Siedlung und ein unzureichender baulicher Wärmeschutz der Gebäude. Die Verbraucher sichern sich dagegen ab durch zahlenmässig klar festgelegte Anforderungen über den vom Bauherrn anzuhaltenden baulichen Wärmeschutz, Höchstsätze für die jährlichen Heizungsbetriebskosten bei Angabe fester Bezugsgrössen für die jährlichen Ausnutzungsstunden und Höchstsätze für die Anschlusskostenbeiträge.

In neuen Siedlungsgebieten ist es erforderlich, dass der Staat rechtzeitig die Wirtschaftlichkeit der Fernheizung überprüft, um die späteren Verbraucher vor überhöhten Betriebskosten zu sichern. Für diese Aufgaben sollten genügend Fachkräfte in Planstellen zur Verfügung stehen. Dann würden sich Millionenbeträge für vermeidbare Fehlinvestitionen und überhöhte Betriebs- und Folgekosten für die einzelnen Fernwärmeverbraucher in mit öffentlichen Mitteln finanzierten Siedlungen erübrigen.

Aus der Ueberprüfung von 70 Wärmelieferungsverträgen zog Dr. Jacobi u. a. die folgenden Schlussfolgerungen. In den Verträgen müssen die Arbeitspreise auf die Abnahmestelle beim Verbraucher bezogen sein. Das Risiko für unzulässig hohe Fernleitungsverluste dürfte dem Verbraucher nicht angelastet werden. Kostenänderungen von Löhnen, Brennstoffen und Energien sowie Kostensteigerungen bei Neuanlagen sind zu berücksichtigen. Bei annähernd kostenechter Berechnung der Warmwasserbereitung ist auch hierfür eine pauschale Verbrauchsabrechnung durchführbar.

Der Fernwärmelieferer muss unbedingt Einfluss nehmen auf die Wärmebedarfsrechnung aller anzuschliessenden Gebäude, auf Planung und Ausführung der Hausstationen und die Auslegung des Hausheizungssystems, um spätere Schwierigkeiten zu vermeiden. Die für Wartung, Instandhaltung und Erneuerung der Hausstationen erforderlichen Zusatzleistungen müssen vertraglich festgelegt werden.

## Rationalisierung in der Fernwärmeversorgung

Viele Möglichkeiten der Rationalisierung können noch durch engere Zusammenarbeit zwischen den Versorgungsunternehmen, der Industrie und den Behörden ausgeschöpft werden. Dies wurde in den folgenden Vorträgen für alle Bereiche der Fernwärmeversorgung aufgezeigt.

### FERNWÄRME-ERZEUGUNGSANLAGEN

Durch rationelle Ausstattung und Gestaltung muss versucht werden, die Investitionen für das Heizwerk niedrig zu halten. Hierzu gehört u. a. auch die Beschränkung der regeltechnischen Einrichtungen auf das für den Betrieb Notwendigste.

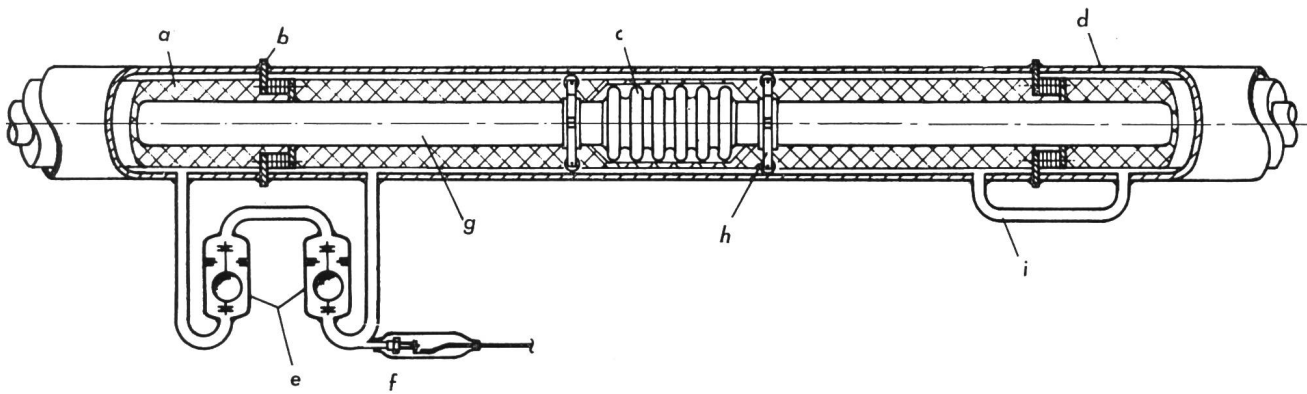


Bild 3 Dinslakener Vakuum-Stahlschutzrohrsystem  
a Wärmeisolierung — b Festpunkt — c Kompensator — d Stahlschutzrohr mit Polyäthylen-Umhüllung — e Wassersperre — f Leckanzeige —  
g Mediumrohr — h Zwangsführung — i Festpunktumgehung

Entscheidenden Einfluss auf den Wärmepreis haben die Personalkosten. Deshalb sollten die Anlagen möglichst so erstellt werden, dass keine ständige Betriebsaufsicht erforderlich ist. Dies lässt sich z. B. durch Anlagen mit hochliegendem Ausdehnungsgefäß, Einbau von Zweikreiskesseln, Einrichtungen für Nachtabsenkung, Wärmespeicher usw. erreichen.

Die relativ hohen Kosten in den Anlaufjahren — bei Siedlungen kann die Ausbauezeit des Heiznetzes bis zu 10 Jahren betragen — lassen sich verringern, indem man provisorische Heizzentralen in der Nähe des jeweiligen Versorgungsschwerpunkts einrichtet oder vorübergehend transportable Heizzentralen aufstellt. (F. H. E b e r t / Heidelberg)

#### EINSATZ DER ERZEUGUNGSANLAGEN

Zur Beurteilung von Güte und Zweckmässigkeit der Kraft/Wärme-Kopplung dienen als Kenngrössen der spezifische Wärmeaufwand für die Stromerzeugung und der spezifische Wärme m e h r aufwand für die Wärmeabgabe (sogenanntes Mehraufwand-Verfahren). Ihre Ermittlung erfordert eine Aufteilung des Gesamtaufwandes auf die Stromerzeugung und auf die Wärmeabgabe. Die hierbei angewandte Methode muss bestimmte Bedingungen erfüllen:

1. Die sich ergebenden spezifischen Grössen müssen den Charakter einer Gütezahl haben. Eine aus einer Anzahl von Werten gebildete Kurve muss ein Minimum aufweisen.
2. Die zur Brennstoffaufteilung durchgeführten Berechnungen müssen der Abrechnung zwischen Kraftwerk und Stadtheizung dienen können.
3. Die Aufteilungsmethode muss die Ausgangswerte für ein Optimierungsverfahren liefern.<sup>2)</sup>

Bestimmenden Einfluss auf die genannten Kenngrössen haben das Wirkungsgradverhalten im Teillastgebiet der Turbine, ferner der Dampfdruck an der Entnahmestelle, die Vorlauftemperatur des Heizwassers und die Enthalpie des entnommenen Heizdampfes und schliesslich die Heizleistung der Dampfströme zum Heizkondensator und zum Warmwasserbereiter. (E. D e r n / Berlin)

#### FERNWÄRMENETZE

Einen wesentlichen Kostenfaktor bildet die Wärmeverteilung. Die kanalfreien Verlegungsverfahren, im wesentlichen für Leitungen bis zu etwa 300 bis 400 mm  $\varnothing$  können beachtliche Einsparungen an Investitionskosten erbringen. Die spezifischen Baukosten sind jedoch nach ihren Bauelementen

<sup>2)</sup> Vgl. E. Dern: Der optimale Einsatz von Heizkraftwerken. Elektrizitätswirtschaft 66 (1967) Nr. 2, S. 21/32

so zu gliedern, dass sie einen genauen Einblick in die Kostenstruktur gewähren. Nur so kann hinreichend genau projektiert und damit die vorausberechnete Wirtschaftlichkeit besser gewährleistet werden. (Bild 3)

Die Klärung der vielfachen Schwierigkeiten bei der kanalfreien Verlegung hat wichtige Erkenntnisse gebracht. Das Verhalten der Feuchtigkeit ist wesentlich von den Bodenverhältnissen und vom Aufbau des Temperaturfeldes abhängig. Das Zusammenwirken beider Komponenten kann zu einer Gefährdung der Leitung durch Sickerwasser führen; es kann sich aber auch eine Dampfsperre aus dem Gleichgewicht zwischen dem kapillaren Zug und dem Dampfdruckgefälle einstellen. Wegen der vielfältigen Faktoren, die hierbei im Spiel sind, ist die Lösung des Problems verwickelt. Bei richtiger Wahl der Betriebsdrücke für Fernwärmepipelines wird später auch aus Kernkraftwerken Fernwärme bezogen werden können, da bei der erwarteten Annäherung der Standorte dieser Werke an die Städte die in Frage kommenden Entfernungen wirtschaftlich überbrückt werden können. (H. E. B r a c h e t t i / Hannover)

#### ÜBERGABESTATION UND ABRECHNUNG

Die Wärmeübergabestation hat die Aufgabe, die Heizwärme unabhängig von den im Fernheiznetz vorgegebenen Druck- und Temperaturbedingungen und ohne Gefährdung der Abnehmeranlage nach den Abrechnungsbedingungen zu liefern. Die Vorteile eines direkten Anschlusses (ohne Wärmetauscher) sind: niedrigere Anlagekosten sowie bessere Netzauslastung und günstigere Stromerzeugung bei Heizkraftwerken. Im allgemeinen bestimmt die Temperatur und damit der Druck des Heiznetzwassers die Anschlussmethode. Ein Dreileitersystem ermöglicht Pauschalabrechnung. Bei den Uebergabestationen liegen im Zusammenhang mit den Abrechnungsverfahren noch manche Möglichkeiten einer Rationalisierung. (F. H ü b n e r / Wuppertal)

(Sämtliche Vorträge der Tagung werden in der Zeitschrift «Elektrizitätswirtschaft» 1970, Hefte 3 und 4, im vollen Wortlaut veröffentlicht)

#### Bildernachweis:

Bilder 1 und 2: Elektrizitätswirtschaft 69 (1970) Nr. 3, S. 48 und 50  
Bild 3: Tautz, A., und G. Malina: Das Dinslakener Vakuum-Stahlschutzrohrsystem. Broschüre der Fernwärmeversorgung Niederrhein GmbH, Dinslaken (1969)

Adresse des Verfassers

Obering. Dipl.-Ing. A. Th. Gross, Widmaierstr. 144, D-7 Stuttgart 80