Gebündelte Fernheizleitungen

Autor(en): **Buchli, Jürg**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **100 (1982)**

Heft 11

PDF erstellt am: **08.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-74769

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Gebündelte Fernheizleitungen

Von Jürg Buchli, Haldenstein

Bei der Bearbeitung des Projektes «Wärmeversorgung Sent» setzte man sich sehr eingehend mit den Verlusten von Fernheizleitungen auseinander. Die errechneten jährlichen Wärmeverluste von konventionellen erdverlegten Fernheizleitungen fielen bei diesem Objekt untragbar hoch aus. In der Folge scheute man die Mühe nicht, um nach Verteilsystemen mit kleineren Wärmeverlusten Ausschau zu halten. Das Ergebnis war ein gebündeltes 4-Leiter-Rohr.

Wärmeverlustmessungen an einer 40 m langen Messstrecke (NW 50 mm) bestätigen die Annahmen und weisen Werte auf, die bei weniger als der Hälfte von denen konventioneller vergleichbarer Anlagen liegen. Bewertet man die rund 100 kWh Minderverlust je Meter und Jahr mit -.10 Fr./kWh, erhält man Betriebskosteneinsparungen von grössenordnungsmässig 10.- Fr. je Laufmeter und Jahr!

Teil des Projektes «Wärmeversorgung Sent»

Die Verteilung von Wärme in *isolierten Fernheizleitungen* ist mit *erheblichen Verlusten* verbunden. Normalerweise werden diese bei städtischen Fernheizanlagen, Quartierheizungen und dergleichen in Prozenten der jährlich verteilten Wärmemenge angegeben. Die Angaben bewegen sich etwa zwischen 5 und 15 Prozent.

Im Zusammenhang mit der Bearbeitung der Studie «Wärmeversorgung Sent» (Studie zur näheren Untersuchung einer kommunalen Wärmeversorgung am Beispiel der Gemeinde Sent, die im Jahre 1978 in Auftrag gegeben wurde. Die Finanzierung der Arbeit erfolgte durch den NEFF (Nationaler Energie Forschungs Fonds) der Gemeinde Sent und der Graubündner Kantonalbank), wo der sehr beschränkt vorhandene *Energieträger «Energieholz»*, mit äusserster Sparsamkeit in einer gemeinschaftlichen (kommunalen) Heizanlage eingesetzt werden soll, ging man der Frage der *Leitungsverluste* unvoreingenommen und sehr kritisch nach. Vermutlich im Gegensatz zu vielen anderen Projektbearbeitungen verglich man die Verluste verschiedener Leitungssysteme beim effektiven Wärmeträgertemperaturverlauf während eines ganzen Jahres. Die Verluste von Netzsystemen mit konventionellen erdverlegten isolierten Leitungen fielen dabei dermassen hoch aus, dass sie, insbesondere in Anbetracht des beschränkten Energieträgers, das Projekt in Frage stellten. Was nützt es in der gemeinschaftlichen Zentrale einen im Vergleich zur Einzelgebäudeheizung verbesserten Wirkungsgrad mit grossem Aufwand zu erzielen, wenn der Gewinn anschliessend im Netz wieder verloren geht? Hinzu kommt die weitere Überlegung, dass bei der von uns angestrebten *Bedarfsreduktion durch bessere Isolation der Gebäude* im Laufe der Zeit, der Leitungsverlust immer mehr ins Gewicht fällt. Sollten uns diese Erkenntnisse von der gemeinschaftlichen Heizung mit Verteilnetz abbringen? Nein, wir sind der Meinung, dass sie – selbstverständlich nicht überall – aber bei geeigneten Randbedingungen, vielfältige Vorteile, auf die hier nicht eingegangen werden kann, aufweist und suchten daher bessere Lösungen beim *Leitungssystem.* Es sei an dieser Stelle präzisiert, dass sich der ganze vorliegende Aufsatz nur auf *Quartier- bzw. kommunale Anlagen bis zu max. 4–5 MW Leistung* bezieht. Die Verhältnisse grössere städtischer Anlagen wurden nicht untersucht.

Gebündelte 4-Leiter-Fernheizleitung drängt sich auf

Zwei Gedankengänge waren beim Suchen nach neuen Lösungen wegleitend:

1. Mit abnehmendem Wärmebedarf in den bestehenden Gebäuden sollen sich die Leitungsverluste ebenfalls vermindern. Dies bedeutet, dass das System es erlauben soll, auch die Temperaturen des Wärmeträgers entsprechend zu senken, dass sie also nicht für die Warmwasseraufbereitung hoch gehalten werden dürfen. Daraus entwickelte sich die Erkenntnis, dass die *Warmwasserversorgung von der Heizung getrennt* werden muss.

2. Die *spezifischen Verluste* der Leitungen, insbesondere bei der gesamthaften Betrachtung des Wärmetransportes d. h. bei der Betrachtung von *Vorlauf und Rücklauf zusammen, müssen kleiner werden.* Folgende Wandlung lässt den Lösungsvorschlag einfach und plausibel erscheinen:

1. Schritt: Als Ausgangspunkt seien zwei konventionelle, erdverlegte Fernheizleitungen (Vor- und Rücklauf), die im nötigen Abstand verlegt sind, betrachtet (Bild 1).

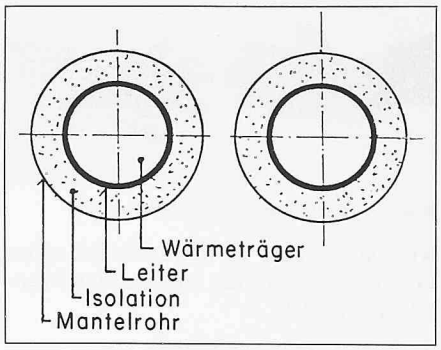


Bild 1. Konventionelle erdverlegte Fernheizleitung (Vor- und Rücklauf)

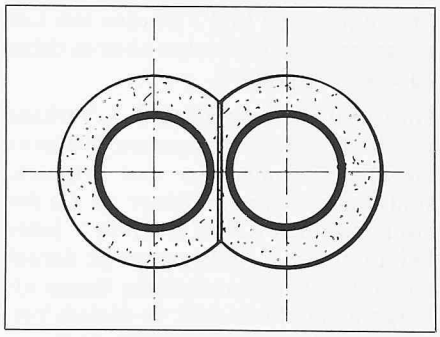


Bild 2. Zusammengerückte Leitungen

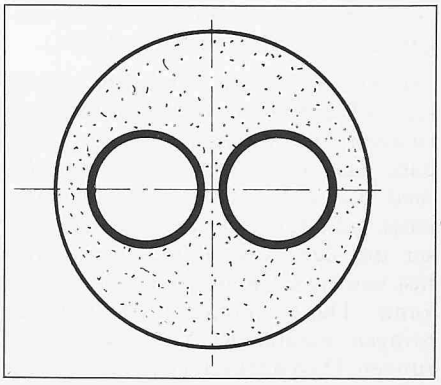


Bild 3. Zwei Leiter in einem runden Mantelrohr

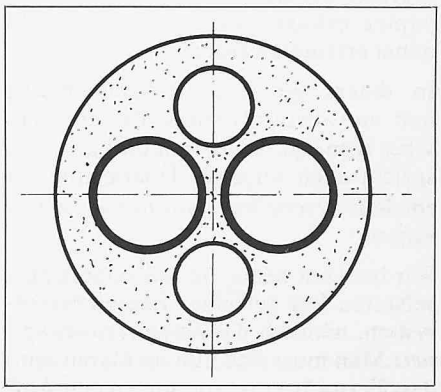


Bild 4. Gebündeltes 4-Leiter-Fernheizrohr

2. Schritt: Es leuchtet ein, dass sich diese zwei Rohre beim Zusammenrücken gegenseitig «warmgeben», mit anderen Worten, kleinere Verluste aufweisen (Bild 2).

3. Schritt: Für die Erdverlegung sind aus statischen Gründen, Gebilde gemäss Bild 2, nicht geeignet. Aus diesen,

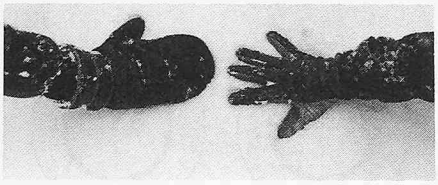


Bild 5. Fausthandschuh/Fingerhandschuh

wie auch aus fertigungstechnischen Gründen, greift man zum runden Mantelrohr (Bild 3).

4. Schritt: Es wäre schade, wenn diese «Metamorphose» hier aufhören würde. Der nächste Schritt drängt sich auf: Im Mantelrohr von Bild 3 können *vier Leiter* untergebracht werden ohne es dabei zu erweitern (Bild 4).

Die spezifischen Verluste, d. h. Verluste je Grad Kelvin Temperaturdifferenz zwischen Wärmeträger und Erdreich, sind nun bedeutend kleiner als die der zwei einzelnen Rohre von Bild 1. Jeder Skifahrer weiss, dass, wenn es darauf ankommt, Fausthandschuhe besser als Fingerhandschuhe sind. In diesem Vergleich sind beim Fausthandschuh wie beim gebündelten Rohr, die vor Kälte zu schützenden Objekte, in einer einzigen Isolationshülle verpackt (Bild 5).

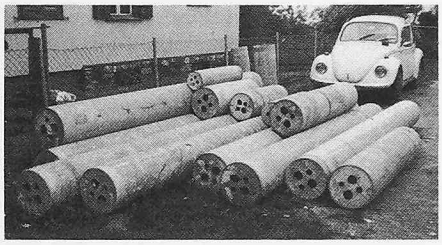
Das Verfügen über vier Leiter erlaubt es, das Warmwasser vom Heizwasser zu trennen. Dies wiederum hat zur Folge, dass das Heizwasser *ganzjährig gleitend,* d. h. der Aussentemperatur angepasst, gefahren und dass das Warmwasser um den Austauschtemperaturverlust von etwa 5 K *tiefer* verteilt werden kann. Diese Temperaturreduktionen bringen zusätzliche Verlustverminderungen. Dass dadurch auch die Übergabestation einfacher und billiger und die Wärmeerzeugung eher mit Wärmepumpe erfolgen kann, soll hier nicht näher erläutert werden.

In einem grösseren Zusammenhang und vor allem als sinnvolles energetisches Konzept für die Zukunft gesehen, spricht auch folgende Überlegung für ein *Wärmeverteilnetz mit tiefen Temperaturen:*

Wir besitzen heute ein vollständig ausgebautes, fast perfektes Energieverteilsystem, nämlich das *Stromversorgungsnetz.* Man muss sich nun im klaren sein, dass Fernwärmeversorgungen den Aufbau eines *zweiten Energieverteilsystems* bedeutet. Diese *doppelte* Energieverteilung ist sicher nur dann sinnvoll, wenn sich die Systeme in ihren zugeordneten Aufgaben und Eigenschaften klar unterscheiden, sich nicht konkurrenzieren, sich ergänzen und zusammen das ganze Energiebedarfsspektrum abdecken. Massgebend ist also sicher die Art der Energie, die *Energiequalität,* die sie zu verteilen vermögen. Da das vorhandene Stromverteilungsnetz ausgesprochen *hochwertige* Energie verteilt und nur hochwertige Energie verteilen kann, soll sich das zweite Verteilsystem auf die Verteilung *niederwertiger* Energie spezialisieren. Eine so konzipierte Verteilung hat eher die Chance, auch während den zweifellos mannigfaltigen Entwicklungen der nächsten Zukunft seine Daseinsberechtigung aufrecht zu erhalten. Das 4-Leiter-System entspricht dieser Anforderung in erhöhtem Masse.

Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass im Ausland ähnliche Systeme eingesetzt werden.

Bild 6. Ausgeschäumte Mantelrohre



Aufbau, Rohrmaterial und Verlegung

Die Wärmeverlustberechnungen mit dem skizzierten System ergaben eindeutige Verbesserungen, so dass man sich mit dem Bau derartiger Rohre beschäftigten musste. Glücklicherweise konnten inländische Firmen gewonnen werden, die über die nötigen Komponenten verfügten *und* das nötige Interesse für den Aufbau einer Produktion aufbrachten (Beteiligte Firmen: Eternit AG Niederurnen, Polisol AG Chur, Gebr. Tobler AG Zürich, Kabelwerke Brugg AG).

Man wählte das stabile wohlbekannte *Asbestzementrohr als Mantelrohr* und füllte es mit hochwertigem PU-Schaum als Isolation, wobei die vier Kanäle darin ausgespart bleiben (Bild 6). Diese 4 m langen, im Werk ausgeschäumten Elemente, werden konventionell verlegt und mit den üblichen Kupplungen verbunden. Die eigentlichen Leiter für den Wärmeträger bzw. für das Brauchwarmwasser sind in der Regel endlos und flexibel (ab der Rolle) und werden nachträglich in die Kanäle eingezogen (Bild 7).

Als *Leiter* kommen in Frage:

- *Chrom-Nickel-Stahlwellrohre,* die im Fernheizleitungsbau bereits heute verwendet werden;
- *Vernetzte Polyäthylenrohre.* Auch sie stehen heute im Heizungs- und Sanitärbereich im Einsatz.

Das System setzt sich also durchgehend aus Komponenten zusammen, die bekannt und erprobt und auch zu ähnlichen Zwecken mit Erfolg bereits im Einsatz sind.

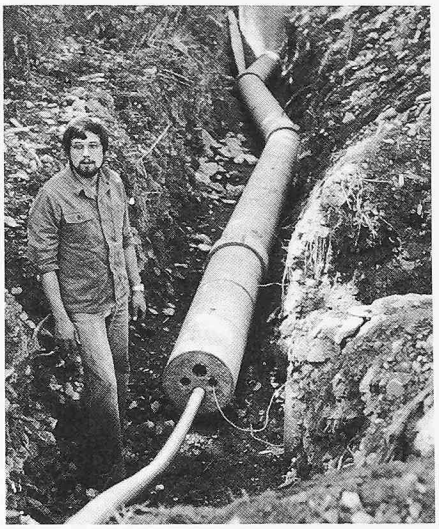


Bild 7. Einzug der Leiter

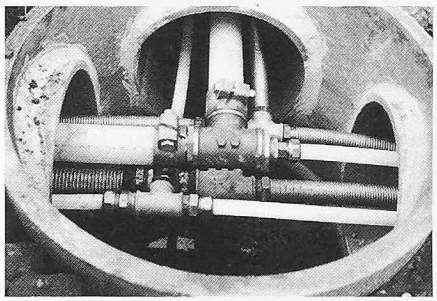


Bild 8. Blick in den Abzweigschacht vor dem Ausschäumen

In den Schächten sind die Leiter gekoppelt bzw. sind Abzweiger eingebaut, wobei die Zwischenräume und die Flexibilität der Leiter genügen, um die Abgänge niveaugleich zu führen. Trotz der vierfachen Leitungsführung gestalten sich die Abgänge sehr einfach und platzsparend (Bild 8). Ohne jegliche Massnahme für Temperaturdehnungen werden die Schächte sodann komplett ausgeschäumt.

Es eröffnen sich gegenüber den herkömmlichen Verfahren folgende *neue Perspektiven:*

- Die Anzahl heikler Rohrverbindungen (Schweissen und Ausschäumen der Stösse auf der Baustelle) vermindert sich. Nur Verzweigungen und Abgänge für Hausanschlüsse müssen auf der Baustelle erstellt werden.
- Die Grabarbeiten können rasch abgeschlossen werden. Nur bei Abzweigungen muss der Graben für den Einzug und die Dichtigkeitsprüfung offengehalten werden.
- Der Platzbedarf und somit die erforderliche Grabenbreite reduziert sich.
- Die Leiter können nachträglich ohne durchgehendes Öffnen des Grabens ersetzt werden.
- Aufwendige Einrichtungen für die

Betriebsüberwachung (Leckagen) sind nicht erforderlich. Im Hohlraum zwischen Leiter und Isolationsmaterial werden allfällige Wasseraustritte an Kontrollstellen sichtbar (z. B. bei der Übergabestation).

- Die Längskräfte in den Leitern, hervorgerufen durch Temperaturschwankungen (Temperaturspanungen), sind bei flexiblen Rohren entscheidend kleiner. Es sind also *keine Dehnungsvorkehrungen* und keine aufwendigen Festpunkte erforderlich.
- Insbesondere bei grösseren Dimensionen können unter Umständen im gleichen Mantelrohr weitere Kanäle zum Einzug von Kabeln usw. vorgesehen werden.
- Das stabile Mantelrohr verhindert langfristig die Zerstörung der Isolation durch die Auflasten.

Versuchsstrecke

Vor allem zur Verifizierung der theoretisch ermittelten Wärmeverlustwerte, entschlossen sich die beteiligten Firmen unter der Leitung des Ingenieurbüros IGEK zum Aufbau einer Messstrecke. Eine etwa 40 m lange Ringleitung mit drei simulierten Hausanschlüssen bzw. Abzweigern wurden im Sommer 1980 unter praxisnahen Bedingungen verlegt (Bild 9).

In die vier Kanäle des Mantelrohres NW 350 mm werden vier flexible Leiter nachträglich eingezogen: Zwei Chrom-Nickel-Stahlwellrohre (ein Heizrohr NW 50 mm, Kreis 1, und ein Brauchwarmwasserrohr NW 25 mm, Kreis 3) und zwei vernetzte Polyäthylenrohre (ein Heizrohr 63×5,8 mm, Kreis 4, und ein Brauchwarmwasserrohr 25×3,5 mm, Kreis 2).

Jeder der vier Leiter ist zu einem geschlossenen Kreislauf zusammengefügt. Im Mess- und Kontrollschacht ist jeder mit Pumpe, Heizelement, Thermostat, Thermometer, Manometer, Expansionsgefäss usw. so ausgerüstet, dass er auf einer beliebigen Temperatur (max. 90 °C.) gehalten werden kann. Der Stromverbrauch wird über längere Zeit bei konstanten Verhältnissen gemessen. Er entspricht dem jeweiligen Wärmeverlust des betreffenden Kreislaufes. Zusätzliche Temperaturfühler vermitteln die Erdreichtemperatur, die Temperaturen an der Mantelrohraussenseite und in 25 cm Entfernung. Seit mehr als einem Jahr liefert die Anlage Mess-Werte, die zuverlässige Aussagen über die Wärmeverluste gestatten. Die beiteiligten Firmen haben die Finanzierung der intensiven Messungen für ein weiteres Jahr beschlossen.

Einzelne Versuchsergebnisse

Erdreichtemperaturen

Die gemessenen Erdreichtemperaturen in 0,60–1,00 m Tiefe (unbeeinflusst) schwanken je nach Jahreszeit von etwa 18 °C bis +1 °C. Die Aussenseite des Mantelrohres liegt grössenordnungsmässig 2 K, das Erdreich 25 cm vom Rohr entfernt, etwa 1 K über der unbeeinflussten Erdreichtemperatur.

Der Verlauf der in 0,75 bis 1,10 m tief verlegten Leitung zeichnete sich im Winter an der Schneedecke in keinerlei Art und Weise ab. Die Temperaturen der Wärmeträger schwankten in der Regel im Bereich von 60 bis 80 °C.

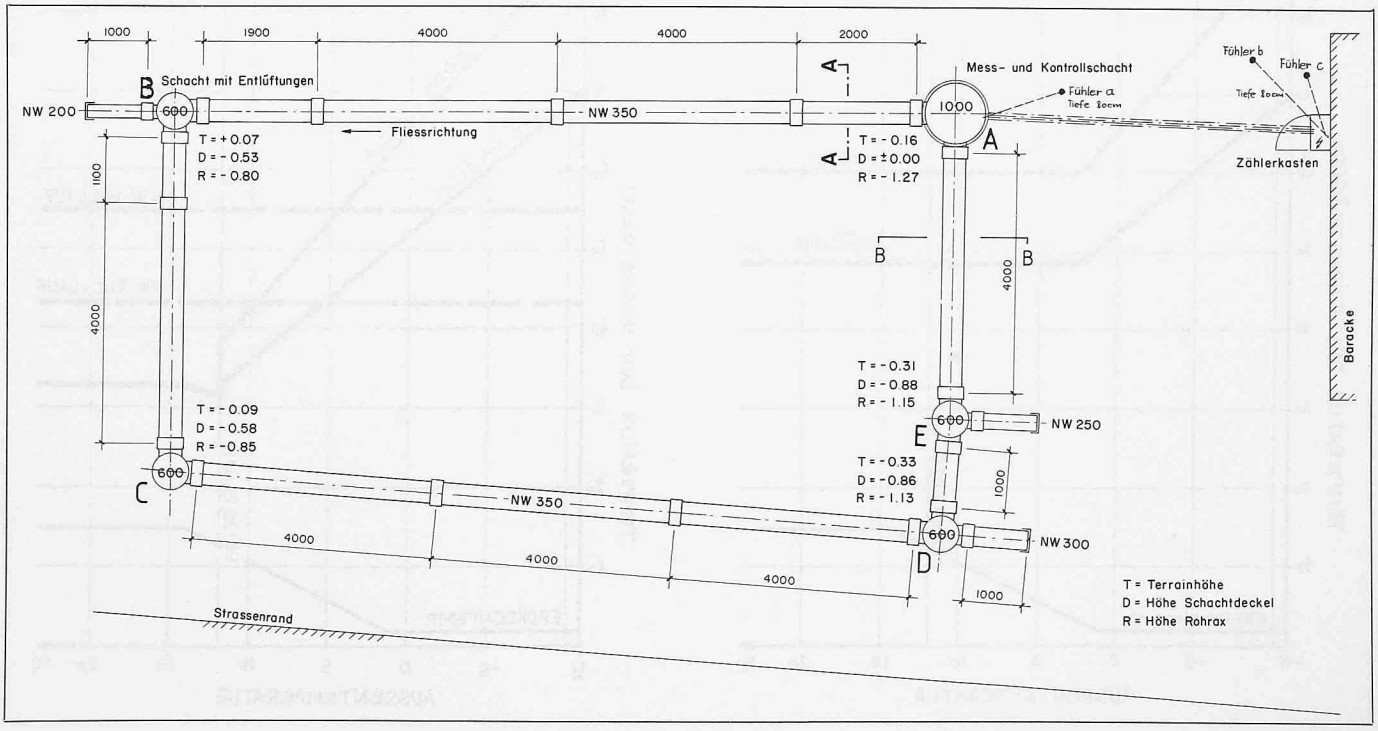
Dichtigkeit

Das System wurde bei Versuchsbeginn einer Druckprobe von 12 bar unterzogen und ist seither dicht. Die Betriebsdrücke liegen in der Regel zwischen 2 und 3 bar.

Wärmeverlustfaktoren

Das konventionelle wohlbekannte isolierte Einzelrohr für erdverlegte Fernheizleitungen wird durch den spezifischen Wärmeverlustfaktor in bezug auf die Wärmeverluste recht genau charakterisiert. Der Wärmeverlust je Zeiteinheit ist das Produkt aus dem Wärmeverlustfaktor q in [W/m·K] und der Temperaturdifferenz zwischen Wärmeträgermedium und der Umgebung (beim erdverlegten Rohr ist dies das Erdreich). Normalerweise wird diese Rechnung für den Vorlauf und für den Rücklauf getrennt mit den entsprechenden Werten durchgeführt. Beim gebündelten 4-Leiter-Rohr gestaltet sich die Wärmeverlustrechnung komplizierter, weil sich in einem Mantelrohr 4 Leiter mit unterschiedlichen Temperaturen befinden. Der Gesamtverlust setzt sich aus den Beiträgen dieser vier Leiter zusammen.

Bild 9. Situation der Messstrecke



Da der Versuch zudem mit verschiedenen Materialien und mit verschiedenen Durchmessern der Leiter arbeitet, erhalten wir vier verschiedene Faktoren: q_1, q_2, q_3, q_4. Bezeichnet man die vier Wärmeträgertemperaturen mit T_1, T_2, T_3, T_4 und die Temperatur des Erdreiches mit T_5, erhält man folgende Formel für den Wärmeverlust des ganzen Rohres:

$$Q = q_1 \cdot (T_1 - T_5) + q_2 \cdot (T_2 - T_5) + q_3 \cdot (T_3 - T_5) + q_4 \cdot (T_4 - T_5)$$

$$Q \text{ in } \frac{W}{m}$$

$$q_1, q_2, q_3, q_4 \quad \text{in } \frac{W}{m \cdot K}$$

$$T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 \text{ in } °C$$

Die Bestimmung der Faktoren q_1, q_2, q_3 und q_4 gilt als Hauptaufgabe der Versuchsmessungen. Sie wurden z.T. mathematisch und zum Teil empirisch anhand der Messergebnisse bestimmt. Auf Grund der bis heute durchgeführten Messungen ergaben sich folgende Werte:

Die Kunststoffleiter liefern wegen der Isolation ihrer eigenen Wandung etwas bessere Werte, wobei die Wirkung der im Versuch etwas kleineren Durchmesser dieser Rohre mit zu berücksichtigen ist. Der Pumpenstrom wurde zu 100 Prozent als Heizenergie in Rechnung gestellt.

Die inneren Wärmeübergänge

Bei gebündelter Anordnung mehrerer Leiter mit Medien unterschiedlicher Temperaturen, spielt die Frage des Energieflusses von Leiter zu Leiter eine Rolle. Obwohl dies kein effektiver Energieverlust sondern «nur» ein Exergieverlust darstellt, gewinnt dieser Umstand im Blick auf eine exergiebewusstere Zukunft an Bedeutung.

Die Faktoren, die dimensionsmässig wie die Wärmeverlustfaktoren aufbebaut sind, sollen mit a bezeichnet werden.

Also: a_{12} = Wärmestrom vom Leiter 1 zum Leiter 2 bei einer Temperaturdifferenz von 1K in [W/m · K].

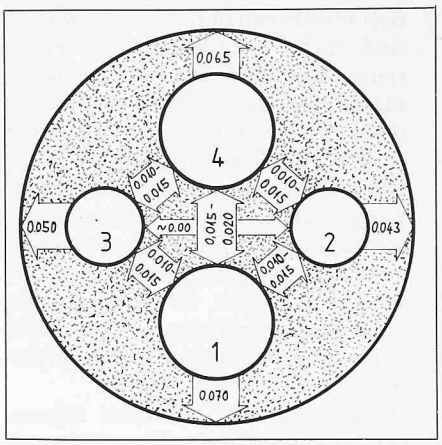


Bild 10. Wärmeverlustfaktoren in [W/m K]

Es gilt:

$$a_{12} = a_{21} \qquad a_{23} = a_{32}$$
$$a_{13} = a_{31} \qquad a_{24} = a_{42}$$
$$a_{14} = a_{41} \qquad a_{34} = a_{43}$$

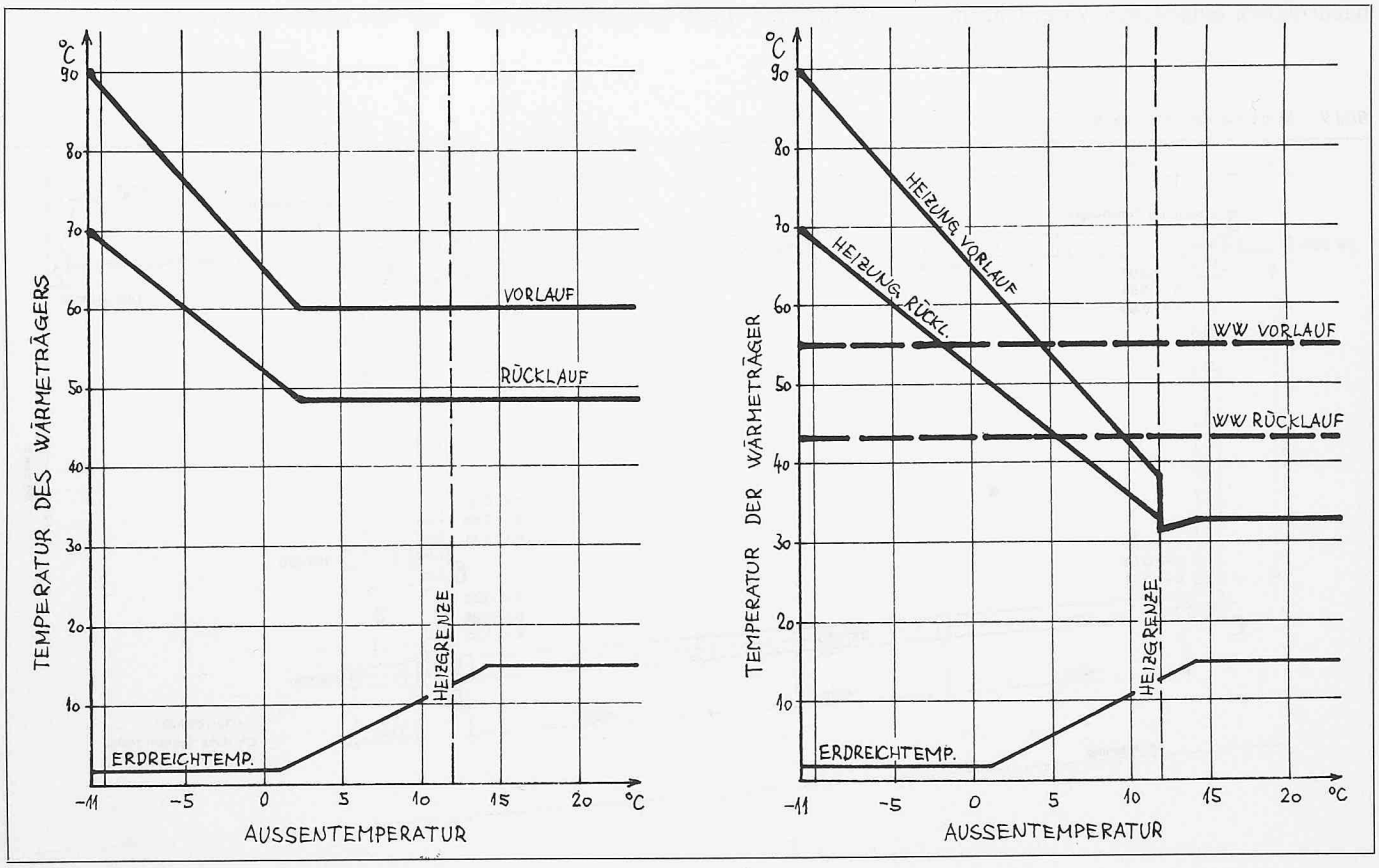
Die nicht überaus empfindlichen Messeinrichtungen und die geringen absoluten Grössen dieser Wärmeströme erlauben es nicht, diese mit grosser Genauigkeit zu bestimmen. Trotzdem können sie für die Praxis anhand der Versuchsergebnisse folgendermassen umschrieben werden:

- Die durch das unterschiedliche Rohrmaterial bedingten Differenzen z.B. zwischen a_{12} und a_{13} haben keine praktische Bedeutung. Folglich können die Faktoren a_{12}, a_{13}, a_{24} und a_{34} einander gleichgesetzt werden.

$q_1 = 0{,}0700$	$\frac{W}{m \cdot K}$	Heizung: Chrom-Nickel-Stahlwellrohre
$q_2 = 0{,}0425$	$\frac{W}{m \cdot K}$	Warmwasser vernetztes Polyäthylenrohr
$q_3 = 0{,}0500$	$\frac{W}{m \cdot K}$	Warmwasser Chrom-Nickel-Stahlwellrohre
$q_4 = 0{,}0650$	$\frac{W}{m \cdot K}$	Heizung vernetztes Polyäthylenrohr
$q = 0{,}2275$	$\frac{W}{m \cdot K}$	$= q_1 + q_2 + q_3 + q_4$

Bild 11 (links). Konventionelle 2-Leiter-Fernheizleitung. Wärmeträgertemperaturen

Bild 12 (rechts). 4-Leiter-Fernheizleitung. Wärmeträgertemperaturen



Es gilt also:

$$a_{12} = a_{21} = a_{13} = a_{31} = a_{24} = a_{42} = a_{34} = a_{43} \cong 0{,}010 \div 0{,}015 \ \frac{W}{m \cdot K}$$

- Der Faktor a_{32}, also der spezifische Wärmestrom zwischen den zwei kleinen, weit auseinander liegenden Leitern kann gleich Null gesetzt werden:

  $a_{32} = a_{23} \cong 0$

- Der spezifische Wärmestrom zwischen Heizungsvorlauf und Heizungsrücklauf beträgt:

  $$a_{14} = a_{41} \cong 0{,}015 \div 0{,}020 \ \frac{W}{m \cdot K}$$

Die folgenden *drei Beispiele* zeigen die Grössenordnungen der inneren Wärmeübergänge:

Beispiel 1: *Sommerbetrieb*

$T_1 = 25\,°C$ $T_3 = 55\,°C$
$T_2 = 40\,°C$ $T_4 = 25\,°C$

Die «inneren Verluste» liegen bei 1,1 [W/m]. Sie sind aber in diesem Fall gleichzeitig auch «effektive Verluste» und machen davon etwa 25 Prozent aus.

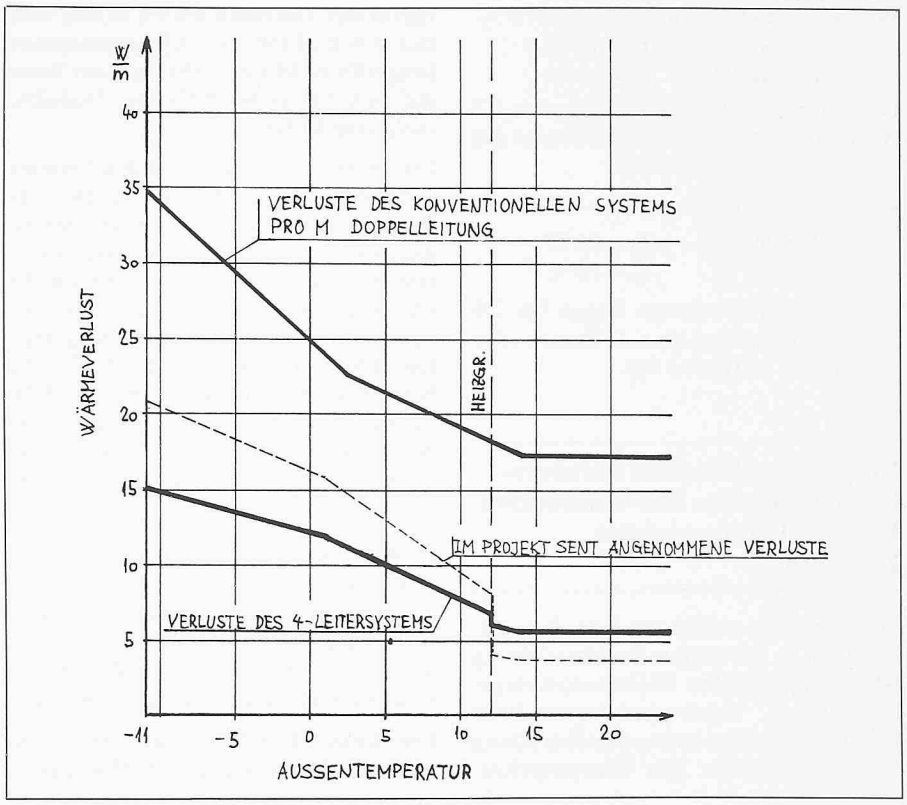
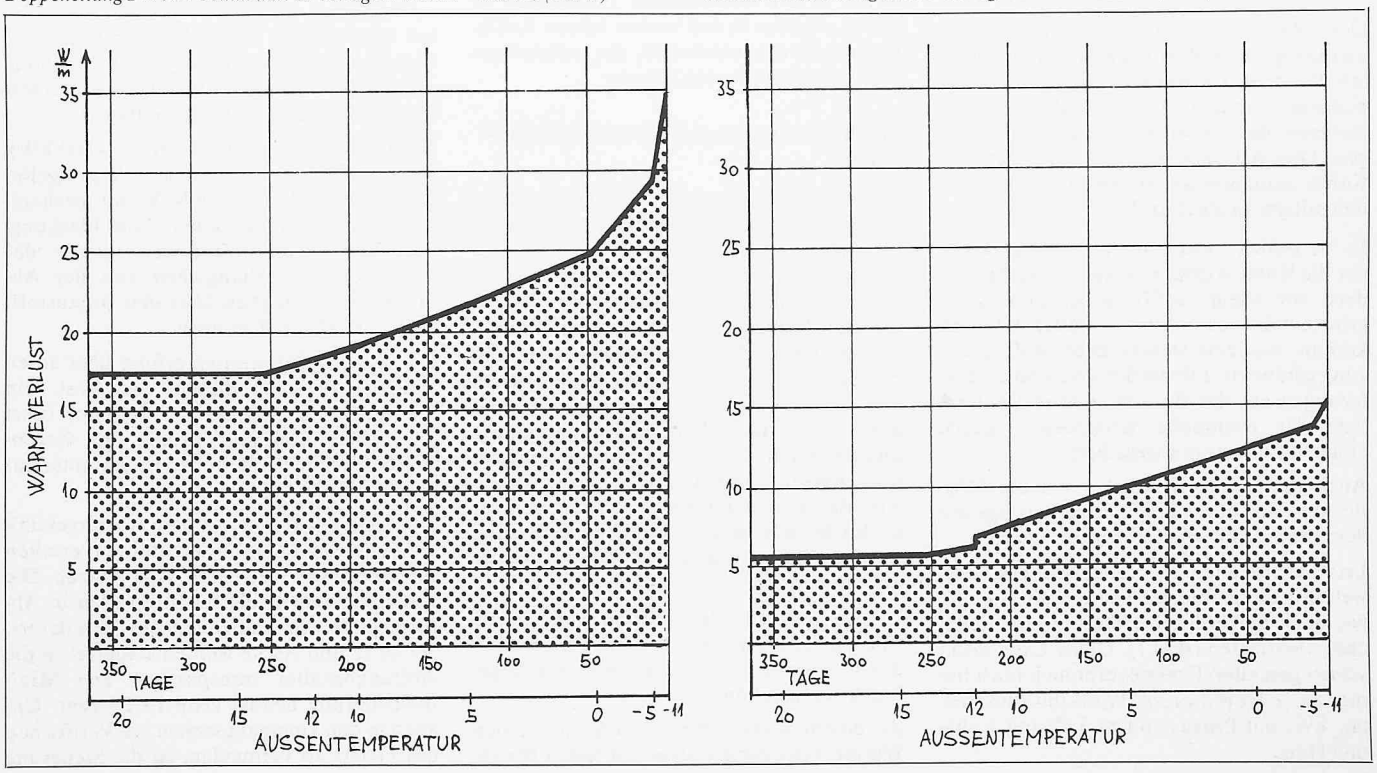


Bild 13. Wärmeverluste in Funktion der Aussentemperatur

Bild 14 (links). Konventionelle Fernheizleitung. Jahresdauerlinie der Wärmeverluste. Die punktierte Fläche stellt den jährlichen Wärmeverlust eines Meters Doppelleitung 2 × NW 50mm dar. Er beträgt 175 kWh = 630 MJ (100%)

Bild 15 (rechts). Getestete gebündelte 4-Leiter-Fernheizleitung. Jahresdauerlinie der Wärmeverluste. Die punktierte Fläche stellt den jährlichen Wärmeverlust eines Meters Leitung dar. Er beträgt 74 kWh = 266 MJ (42%)



Beispiel 2: *Aussentemperatur um + 5 °C*

$T_1 = 53\,°C$ $T_3 = 55\,°C$
$T_2 = 40\,°C$ $T_4 = 44\,°C$

Die «inneren Verluste» liegen bei 0,5 [W/m] und machen etwa 5 Prozent der «effektiven Verluste» aus.

Beispiel 3: *Aussentemperatur – 11 °C*

$T_1 = 90\,°C$ $T_3 = 55\,°C$
$T_2 = 40\,°C$ $T_4 = 70\,°C$

Die «inneren Verluste» liegen bei 2,0 [W/m] und machen etwa 13 Prozent der «effektiven Verluste» aus.

Vergleich gebündelte Fernheizleitung mit einer konventionellen Fernheizleitung gleicher Kapazität

Der Vergleich erfolgt mit einer konventionellen Zweileiter-Fernheizleitung NW 50 für direkte Heizwasserübergabe, also Heizwassertemperaturen 90°/70°, mit Warmwasseraufbereitung beim Verbraucher. Der Wärmeverlustfaktor der konventionellen Rohre wird mit $q = 0{,}22$ [W/m · K] angenommen (ungefähres Mittel mehrerer sich heute auf dem Markt befindlichen Produkte, Isolierstärke II).

Da die zwei zu vergleichenden Systeme unterschiedliche Temperaturen des Wärmeträgers bedingen, *muss der repräsentative Vergleich einen ganzen Jahreszyklus umfassen.* Dabei werden die klimatischen Verhältnisse des schweizerischen Mittellandes zugrunde gelegt. Die Bilder 11 und 12 stellen die für die beiden Systeme angenommenen Wärmeträgertemperaturen in Funktion der Aussentemperatur dar. Zudem sind vereinfachte Verläufe der Erdreichtemperaturen eingetragen.

In Bild 13 sind die Wärmeverluste in Funktion der Aussentemperatur beider Systeme dargestellt. Die Versuchsergebnisse liegen allgemein beträchtlich unterhalb der im Vorprojekt «Wärmeversorgung Sent» angenommenen Werte.

Die Bilder 14 und 15 veranschaulichen schliesslich die jährlichen Wärmeverluste je eines Meters Fernheizleitung (Vor- und Rücklauf).

Die *jährlichen Wärmeverluste einer Fernheizleitung sind beträchtlich.* Bewertet man die kWh mit –.10 Fr., beträgt der Wert des Verlustes der konventionellen Leitung 17,50 Fr./m · Jahr! Dem gegenüber liegt der Wert des Verlustes der getesteten gebündelten Leitung mit gleicher Transportkapazität bei 7,40 Fr./m · Jahr! *Die Einsparung beträgt also 10,10 Franken je Meter und Jahr.* Kapitalisiert man diese Einsparung mit einer Annuität von 6,5 Prozent, ergibt dies einen Wert von rund 155.– Fr./m d. h. die Leitung dürfte also um 155.– Fr./m teurer sein als eine konventionelle Fernheizleitung. Erste Preisüberlegungen aber zeigen, dass sie vorausichtlich nur unwesentlich teurer ausfallen wird.

Adresse des Verfassers: *J. Buchli*, dipl. Ing. ETH, Ingenieurgemeinschaft für Energiehaushalt im kommunalen Bereich (IGEK), Hegisplatz 6, 7000 Chur.

Kohle-Heizautomaten für Wohn- und Industriebauten

Kohle wird in Zukunft einen ständig steigenden Beitrag zur Energieversorgung leisten müssen. Das Zuwachspotential der Kohle liegt vor allem im Verstromungssektor und auf dem Wärmemarkt.

Der hohe Verbrauch und die absehbare Verknappung des Erdöls haben zu einer rasanten Verteuerung geführt, hingegen ist der Kohlepreis in den letzten 10 Jahren nur im Rahmen des Lebenskostenindex angestiegen. Dies hat dazu geführt, dass heute die Kohle, gemessen am Heizwert, schon deutlich billiger ist als Heizöl.

Es ist jedoch nicht nur der günstige Preis, der die Kohle wieder interessant macht, sondern vor allem die Tatsache, dass Kohle grösstenteils aus politisch stabilen Ländern kommt, was eine sichere Brennstoffversorgung garantiert. Für die Schweiz sind die Lieferungen aus der Bundesrepublik Deutschland für eventuelle Krisenzeiten durch einen Staatsvertrag abgesichert.

Auch der Einzelverbraucher hat die Möglichkeit, sich durch langjährige Verträge mit dem Brennstofflieferanten abzusichern.

Letztlich ist auch zu berücksichtigen, dass weltweit die Kohlereserven sowohl die Öl-, wie auch die Erdgasvorräte um ein Vielfaches übertreffen (Bild 1). Unser Land deckt seinen gesamten Energieverbrauch noch immer zu 72,1% mit Erdöl, 19,6% mit Elektrizität, 4,9% mit Erdgas und zu 3,4% mit Kohle und Holz.

Die extreme Abhängigkeit vom Erdöl ist für ein Land wie die Schweiz, mit ihrer sehr differenzierten Wirtschaft, äusserst gefährlich.

Um nun den Verbrauchern eine echte Alternative zu den Ölbefeuerten Heizkesseln zu bieten, wurden in den letzten Jahren Kohle-Heizautomaten entwickelt, die vollautomatisch betrieben werden können.

Wärmeversorgungssystem und Brennstoffe

Die Wärmeversorgung aus Kohle oder Koks für Ein- und Mehrfamilienhäuser, Schulen, Gewerbe- und Industriebetriebe usw. erfordert für einen wirtschaftlichen Betrieb Systeme mit *automatisch zu regelnden Kesseln,* die den *heutigen Umweltschutzanforderungen* genügen. Brennstoffbeschickung und Entaschung der Anlage müssen automatisch und funktional in den Kesselbetrieb integriert sein. Die Wärmeerzeugungsanlage und der Raum für den zu lagernden Brennstoff müssen hinsichtlich der konstruktiven Anordnung und der Anlageteile zueinander so flexibel sein, dass vorhandene Keller und sonstige dafür vorgesehene Räume genutz werden können.

Grosse Heizzentralen müssen *ohne Beeinträchtigung des architektonischen Gesamtbildes* im jeweiligen Gebäudekomplex untergebracht werden können.

Zu einem wirtschaftlichen und modernen Wärmeversorgungssystem mit festen Brennstoffen gehört auch eine schnelle, betriebssichere und umweltfreundliche Brennstoffanlieferung.

Kessel und Feuerung

Zur zentralen Raumwärme und Brauchwassererzeugung haben sich Kohleheizautomaten durchgesetzt, deren Feuerung auf dem Prinzip des *Gegenstromverfahrens* basieren, *mit Schwerkraft- oder hydraulischer Beschikkung.* Nachfolgend zwei Kesseltypen:

KB-Topfire (Leistung: 23 kW bis 1200 kW): Der Topfire ist ein automatisch geregelter Kessel für Anthrazit und Koks mit mechanischer oder automatischer Entschlackung. Aus dem Brennstoffbunker rutscht der Brennstoff in Abhängigkeit von der Abbrandgeschwindigkeit über den Brennstoffverteiler auf den Rost nach.

Die Brennstoffdosierung erfolgt über einen Schieber zwischen Bunker und Rost. Ein thermostatisch gesteuerter Ventilator führt die Verbrennungsluft primär im Gegenstrom durch die Abbrandzone, sekundär auf das Glutbett.

Die Heizgase treten aus dem wassergekühlten Feuerraum durch Rauchrohre (versehen mit Heizgaswirbler) zum Abgasstutzen. Die Entschlackung erfolgt in Intervallen in Abhängigkeit von Laufzeiten des Ventilators. Schlacke und Asche werden staubfrei in die Auffangbehälter transportiert. Die Minimalbelastung beträgt etwa 10 Prozent. Um auch in den Übergangszeiten ein Verlöschen des Feuers zu vermeiden, ist die Steuerung