

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 99 (1981)  
**Heft:** 36

**Artikel:** Bausteine künftiger Fernwärme-Versorgungsnetze  
**Autor:** Scherrer, Hans Ulrich  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-74548>

### **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:** 30.01.2025

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

## Bausteine künftiger Fernwärme-Versorgungsnetze

Von Hans Ulrich Scherrer, Zürich

### Ausgangslage

Die prekäre Energiesituation ist hinlänglich bekannt und die daraus abzuleitenden Forderungen unausweichlich: *sparen* und (Öl) *substituieren*! Ebenso ist offensichtlich, dass es zur Erfüllung dieser Postulate nicht eine einzige Patentlösung geben kann. Vielmehr sind alle denkbaren Energieträger und Systeme auszuschöpfen und jede Möglichkeit dort einzusetzen, wo die Voraussetzungen am besten erfüllt sind. Als Folge der Steigerung der Komfortansprüche und der bis zur Energiekrise 1973 kaufkraftmässig sinkenden Ölpreise hat der Bedarf an Wärme für Raumheizung und Warmwasser enorm zugenommen. Diese Umstände sowie die phänomenalen Vorzüge des Erdöls – etwa der hohe Energieinhalt je Volumen und Gewicht, Speicherbarkeit, grosse Flexibilität und leichte Steuerung im Einsatz, (fast) problemlose Verteilung durch Tankwagen, dezentrale Einsatzmöglichkeiten usw. – haben mit sich gebracht, dass sich die gebäudeweise Zentralheizung mittels Ölfeuerung seit dem 2. Weltkrieg sehr stark verbreitet hat.

Der enorme Wärmebedarf kann grundsätzlich aber auch auf andere Arten gedeckt werden. Nebst vermehrter Nutzung des Holzes, der Sonne, der Umgebungswärme (mittels Wärmepumpe) in dezentralen Anlagen kommen bei entsprechenden Voraussetzungen auch gemeinschaftliche Fernwärmeversorgungen in Frage. Entscheidend – vor allem auch für die Wirtschaftlichkeit – ist dabei auch die Frage der verfügbaren Wärmequelle, so beispielsweise Kehrlichtverbrennung, Geothermik, Umgebungswärme, Blockheizkraftwerk oder etwa bei grossen Versorgungsgebieten und grossen Wärmequellen: *Wärme aus thermischen Kraftwerken*. Nun liegen diese meistens in grösserer Distanz vom Abnehmer entfernt. Hier stellt sich das Problem der Auslegung einer solchen Transportleitung für grosse Wärmelasten über grosse Distanzen. Unlängst wurde eine Untersuchung über diese Frage abgeschlossen, die im Auftrag des *Nationalen Energieforschungsfonds* (NEFF) durchgeführt wurde.

### Optimierungsproblem

Ein Fernwärmesystem besteht aus verschiedenen Komponenten. Darin stellt im gegebenen Fall – nämlich *grosse Wärmequelle zu günstigen Bedingungen*, dafür *grosse Transportdistanz* – die Transportleitung einen bedeutenden Teil dar. Die Studie will für diesen Bestandteil praxisnahe Grundlagen bereitstellen. Dabei geht es vor allem um die Auslegedaten bei der Bemessung einer solchen Transportleitung und um Grundlagen für den Wirtschaftlichkeitsnachweis.

Das Ziel der Untersuchung ist vor allem aber eine *Optimierung* der Vielzahl der anlagemässigen Auslegedaten einer solchen Transportleitung. Alle diese Auslegedaten beeinflussen mehr oder weniger die Kosten.

Der praktische Nutzen der Arbeit besteht darin, dem Ingenieur rasch für einen konkreten Fall, also für bestimmte Wärmelasten und gegebene Distanz von A nach B, die Bestimmung der Auslegedaten, vorab des Durchmessers der Leitung, zu erleichtern.

Das Ergebnis soll für beliebige Fälle angewendet werden können. Die allgemeingültigen Funktionen werden anhand des Beispiels einer Wärmelast von 500 MW thermisch von 30 km (z. B. Beznau-Zürich) illustriert.

### Vorgehen

Die Optimierung erfolgt vorab nach *Kostenkriterien*. Die Gesamtkosten, die durchwegs als Jahreskosten und auf den Laufmeter der Leitung bezogen werden, gliedern sich in die vier Hauptkomponenten: Leitungskosten (Bau), Pumpkosten, Wärmeverlustkosten sowie Umweltkosten.

Die Gesamtoptimierung wurde dementsprechend in Teiloptimierungen bezüglich dieser Kostenkomponenten aufgegliedert, und die entsprechenden Minima als Kostenfunktion in Abhängigkeit vom Leitungsdurchmesser

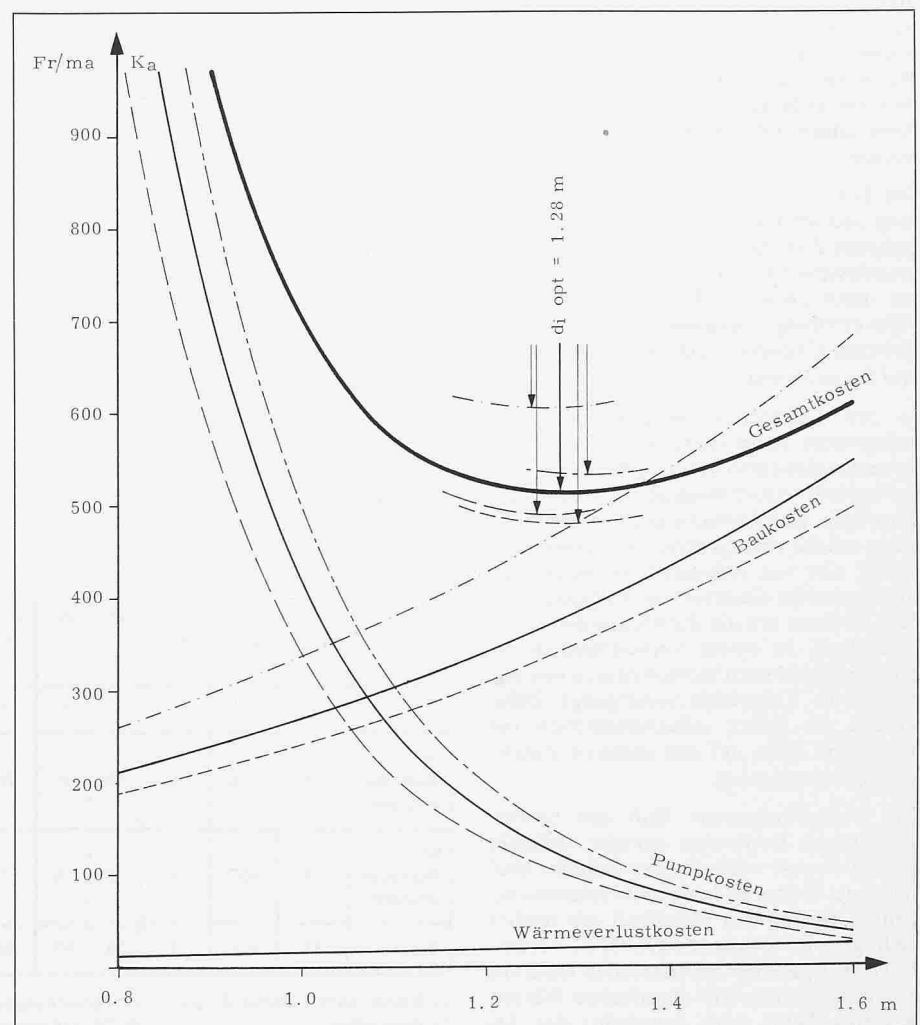
ermittelt. Die additive Überlagerung dieser Hauptkostenkomponenten erlaubt dann die Gesamtoptimierung. Die Ergebnisse sind an einem Beispiel graphisch dargestellt.

Die *Leitungskosten* setzen sich im wesentlichen aus den Tiefbau-, Beton- und Rohrbaukosten zusammen. Die Vielfalt der in der Praxis anzutreffenden Baubedingungen werden als Abweichung zu einem standardisierten Normalfall mittels eines Korrekturfaktors erfasst, der die fallweise unterschiedlichen Charakteristiken für Tiefbau- und Betonarbeiten umschreibt.

In die Untersuchung wurden zur Hauptsache die kanalverlegten Verfahren U-Kanal, Haubenkanal und Schlitzwandverfahren und die direkt erdverlegten Verfahren mit Isolationsschüttung und Pan-Isovit-Rohr einbezogen.

Die *jährlichen Pumpkosten* setzen sich aus den *Energiekosten* und aus den *Amortisations- und Unterhaltskosten* der Pumpen zusammen. Die Energiekosten sind abhängig von der über die Zeit integrierten Förderleistung, während Amortisations- und Unterhaltskosten von der maximal installierten Pumpenleistung abhängen. Wird der Rohrdurchmesser bei einem festgelegten Volumenstrom verkleinert, so steigt die Pumpenleistung überproportional an. Die Pumpkosten sind daher sehr stark durchmesserabhängig. Sie stellen in der Grössenordnung

Jahreskosten je Meter Doppelrohr für den Transport von  $Q_{max} = 500 \text{ MW}$ . *Temperatursteigerung*  $WT = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ . *FW-Anteil am Jahresbedarf* 92 Prozent. *Ausführung*: U-Kanal mit Stoffbuchsen



eine gleichgewichtige Kostenkomponente wie die Leitungsbaukosten dar.

Die Kostenfunktionen der *Wärmeverlustkosten* werden als Ergebnis einer Teiloptimierung der Wärmeverluste gegenüber der Isolationsstärke ermittelt. Es sei hier schon festgehalten, dass diese Wärmeverlustkosten gesamthaft jedoch lediglich einige Prozent der Baukosten ausmachen, da bei solch grossen Leitungen das günstige Oberfläche/Volumen-Verhältnis richtig zum Tragen kommt.

## Voraussetzungen und Folgerungen

In Kürze sollen hier die für die Studie getroffenen Annahmen und die wesentlichsten Merkmale einer solchen Transportleitung skizziert sowie die wichtigsten Ergebnisse wiedergegeben werden:

Wir gehen aus von einer grossen Wärmequelle (z. B. Kernkraftwerk), von einem grossen Versorgungsgebiet (z. B. 500 MW thermisch) und von einer grossen Distanz dazwischen (z. B. 30 km Beznau-Zürich). Über grosse Strecken könnte eine solche Leitung unter dem Abstellstreifen längs der Autobahn N1 erstellt werden.

Die Entnahmetemperatur bei der Wärmequelle wird auf den vorrangigen Abnahmepurpose (Raumheizung) ausgerichtet, also bei rund 120–130 °C, damit bei zwei, max. drei systembedingten Wärmetauschern die in den Gebäuden bestehenden Verteilsysteme und Radiatoren ohne Umbauten versorgt werden können. Bei den bestehenden Gebäuden tritt an Stelle des Heizkessels ein Wärmetauscher. Einzelne Industrieabnehmer mit anderen (höheren) Temperaturanforderungen müssen gesondert behandelt werden.

Die Transportleitung, dann die Feinverteilung und schliesslich das gebäudeeigene bestehende Zirkulationssystem bilden je einen geschlossenen Kreislauf. In bestimmten Fällen kann zwischen Transportleitung und Feinverteilung – beispielsweise aus topographischen Gründen – ein zusätzlicher Kreislauf dazukommen.

In den Lastzentren werden Spitzendekungswerke vorgesehen, die anfangs auch autonom eine entsprechende Zelle (bei noch geringerem Anschlussgrad) zu versorgen vermögen. Der Aufbau eines Fernwärmesystems müsste vorzugsweise von «unten nach oben», also von anfänglich kleineren Versorgungszellen (Inselbetrieb) aufgebaut werden, die dann mit der Zuführung der Transportleitung zu einem Verbundbetrieb zusammengeschlossen werden (wie in den Anfängen die Elektrizitätsversorgung). Dabei werden die Zellen selbstverständlich mit Vorteil im Blick auf den späteren Zusammenschluss ausgelegt.

Das Fernwärmesystem läuft den Sparanstrengungen keineswegs zuwider, vielmehr erlaubt es eine willkommene zeitliche Staffelung (z. B. über 30 Jahre) der Isolationsarbeiten, die ohnehin vorteilhaft mit baulich bedingten Renovationen gekoppelt werden. Nach Massgabe der zunehmenden Isolation, also des abnehmenden spezifischen Wärmebedarfes, kann dann umgekehrt der An-

schlussgrad (ohne Anschlusszwang) – über den anfänglich angenommenen kalkulatorischen Ausbaugrad hinaus – erhöht werden.

Die Untersuchung baut auf einem 2-Rohr-System für Vor- und Rücklauf auf. Das ist einer der Nachteile gegenüber der sogenannten «kalten Fernwärme», die nur ein Rohr bei niedriger Temperatur erfordert. Die Kosten verdoppeln sich jedoch bei weitem nicht, weil ein wesentlicher Anteil der Leitungskosten feste Kosten darstellen.

Eine solche Transportleitung stellt in sich eine enorme Wärmespeicherfähigkeit dar, die im Blick auf die Belange der Elektrizitätsproduktion beim Kernkraftwerk zum Vorteil genutzt werden kann. Eine weitere gegenwärtig laufende Untersuchung widmet sich u. a. diesen Möglichkeiten.

In der Untersuchung ist es gelungen, mittels Aufgliederung in Teiloptimierungen eine gesamthafte Optimierung der recht komplexen Vielfalt von Auslegedaten durchzuführen, die erlaubt, jenen Leitungsdurchmesser zu bestimmen, bei dem die gesamten Transportkosten am niedrigsten sind.

Die *bedeutendsten Erkenntnisse* der Untersuchung sind:

- Die Wärmeverlustkosten sind gemessen an den gesamten Transportkosten sehr gering, weil sich das Oberfläche/Volumen-

Verhältnis bei solch grossen Leitungen günstig auswirkt.

- Die leitungsbedingten Wärmetransportkosten (ohne die Bereitstellungskosten bei der Quelle und ohne die Verteilkosten im Versorgungsgebiet) sind mit der Grössenordnung von 0,7 Rp./kWh thermisch verhältnismässig gering (zum Vergleich: ein Heizölpreis von Fr. 70.–/100 kg entspricht aufgrund des Heizwertes 6 Rp./kWh thermisch, ohne Berücksichtigung der Wirkungsgradverluste).

Diese Erkenntnisse eröffnen interessante Perspektiven, um verfügbare Wärme in grossen Mengen zu den Verbrauchszentren zu führen und damit Erdöl substituieren zu können, wie es andere Alternativen in diesem Ausmass kaum vermögen.

Der zusammenfassende Untersuchungsbericht «Optimierung grosser Wärmetransportleitungen» kann bei Barbe AG, Ingenieur- und Planungsbüro, Zollikerstr. 128, 8008 Zürich, zum Preis von Fr. 37.– bezogen werden.

Adresse des Verfassers: H. U. Scherrer, dipl. Ing. ETH, Teilhaber im Ingenieurbüro Barbe AG, Zollikerstr. 128, 8008 Zürich.

## Strassen- und Brückenbau im Kanton Aargau

(*bm*). An einer Pressekonferenz in Aarau orientierten Dr. J. Ursprung (Baudirektor) und A. Erne (Kantonsingenieur) über die aktuellen Strassen- und Brückenbauten im Kanton Aargau.

### Strassenbau

Der Strassenbau erstellt vorwiegend Ortsumfahrungen, Abschnitte des Schweiz. Hauptstrassennetzes und ein Reststück der Nationalstrasse. Besonders beachtet werden jeweils die Rad- und Gehwege, die Grundwasserhältnisse und die Lärmimmissionen. Durch Tieflage und Bepflanzung soll die Landschaft geschont und im Rahmen von Güterzusammenlegungen der Landwerb gesichert werden.

Am 14.8.1981 konnte der Abschnitt Muhenschöftland (neue Suhrentalstrasse, 2,2 km) dem Verkehr übergeben werden. Bis zum Endausbau fehlen weitere 2,5 km, die in den nächsten Jahren gebaut werden. Damit sollen dann die Gemeinden Entfelden, Muhlen, Hirschtal und Schöftland umfahren werden.

Die neue Aaretalstrasse Aarau-Hunzenschwil (6,7 km) kann im Herbst 1982 für den Verkehr durchgehend freigegeben werden. Sie soll die Orte Hunzenschwil, Rapperswil, Rohr und Buchs wesentlich entlasten und wird zu diesem Zweck 4spurig ausgebaut. Im Abtrag ist nach den Ausführungen von S. Fröhlich (Sektionschef) ein tragfähiger Kiesuntergrund anstehend, so dass 20 cm ze-

Anzahl Kunstbauten (Stand 1. Juli 1981)

	in Eigentum des Kantons Aargau						andere Eigentümer		Total Kt. AG 6+7+8	Entwicklung (Eigentum Kanton)	
	Flussbrücken 1)	Brücken 2)	Tunnel 3)	PS 2)	PU 3)	Summe	SBB	Sonstige		Stand 1.1.62	Zunahme (1962-1981) 6./10
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
an Kantonsstrassen	28	274	3	18	91	414	61	47	522	275	139
an Nationalstrassen	5	157	1	5	6	174	7	14 <sup>4)</sup>	195	-	174
Total	33	431	4	23	97	588	68	61	717	275	313

1) Rhein, Aare, Limmat, Reuss  
2) Passerellen

3) Personenunterführungen  
4) Für Güterregulierungen mit Nationalstrasse gebaut