

2.7. Energieverteilung mittels Fernwärme

2.7.1. Vor- und Nachteile

Unter Fernwärme versteht man den Transport thermischer Energie mittels eines in Rohrleitungen strömenden Fluids von einem zentralen Wärmeerzeuger zu in mehreren Gebäuden untergebrachten Verbrauchern. Die Wärme wird für die Heizung, Warmwasserbereitung, die Versorgung industrieller Prozesse und im Ausnahmefall auch für die Versorgung von Sorptionskältemaschinen verwendet.

Werden nur sehr kleine Gebiete versorgt, spricht man oft von Nahwärme. Da zur Fernwärme aber kein qualitativer Unterschied besteht, ist eine namentliche Unterscheidung eigentlich nicht sinnvoll. Eine der Fernwärme vergleichbare Technik ist die Fernkälte. Hierbei wird mittels Sole Kälte für Klimatisierungs- und Kühllagerungszwecke verteilt. Es gibt nur wenige derartige Netze, die zudem relativ klein sind.

Sinn bzw. Notwendigkeit von Fernwärmenetzen ergibt sich aus dem Einsatz der zentralen Wärmeerzeuger. Zum einen sind diese spezifisch billiger als kleine dezentrale Wärmeerzeuger, was besonders Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung betrifft. Zum anderen können Energieträger eingesetzt werden, deren dezentrale Handhabung zu arbeitsaufwendig oder zu gefährlich ist, wie zum Beispiel Kohle oder Biomasse. Bei Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen ist zudem der Zugang zum Stromnetz für zentrale Erzeuger günstiger.

Solaranlagen mit saisonaler Speicherung haben den Sonderaspekt, daß bei zentraler Ausführung die Speicherverluste geringer sind, bedingt durch das günstigere Oberflächen-Volumen-Verhältnis größerer Speicher.

Dem stehen die beträchtlichen Investitions- und Betriebskosten des Netzes und der Hausanschlußstationen entgegen. Hinzu kommen die Wärmeverluste des Netzes. Daher muß im Einzelfall eine Abwägung zwischen Kostenersparnis bei der Erzeugung und Zusatzkosten bei der Verteilung vorgenommen werden.

2.7.2. Technische Varianten

Ein weiterer Nachteil von Fernwärmenetzen ist das Temperaturniveau, welches zumeist höher ist als in dezentralen Anlagen. Bei einigen Erzeugern, besonders ausgeprägt bei Wärmepumpen und Solaranlagen, aber auch bei Brennwertkesseln und Gegendruckturbinen mit Abhitzekeßeln, sinkt mit steigender Temperatur die Effektivität. Andere Varianten weisen direkte Temperaturgrenzen auf, zum Beispiel Motor-HKW und Geothermie. Unproblematisch sind lediglich Gasturbinen.

Das erforderliche Temperaturniveau läßt sich einerseits durch großzügige Bemessung von Wärmeübertragern und Rohrleitungsnennweiten (große Nennweite => kleine Temperaturspreizung => geringere Vorlauftemperatur) und sinnvolle Regelungen verringern. Andererseits ist es bei bivalenten Erzeugungsvarianten sinnvoll, einen Teil der Wärme bei geringerem Temperaturniveau zuführen zu können. Diese Wärmemenge wird vom temperatursensibleren

Erzeuger bereitgestellt, der Rest von einem konventionellen Kessel. Um dies zu ermöglichen, muß der Rücklauf vollständig oder teilweise ein möglichst niedriges Temperaturniveau aufweisen. Dies ist von der Auslegung der Abnehmeranlagen, dem Prinzip der Warmwasserbereitung (Durchfluß oder Speicher) und von der Netzart abhängig.

Die einfachste Variante ist das Zweileiternetz entsprechend Bild 47. Aus einem einzelnen Vorlauf wird parallel die Heizung und die Warmwasserbereitung gespeist und anschließend wieder zu einem gemeinsamen Rücklauf vereinigt. Die Netzurücklauftemperatur kann hier die Heizungsrücklauftemperatur nur unwesentlich unterschreiten, Die Vorlauftemperatur muß stets höher als die Bedarfstemperatur des Warmwassers sein. Eine Sonderform ist das Dreileiternetz, bei dem der Vorlauf für Heizung und Warmwasserbereitung getrennt erfolgt.

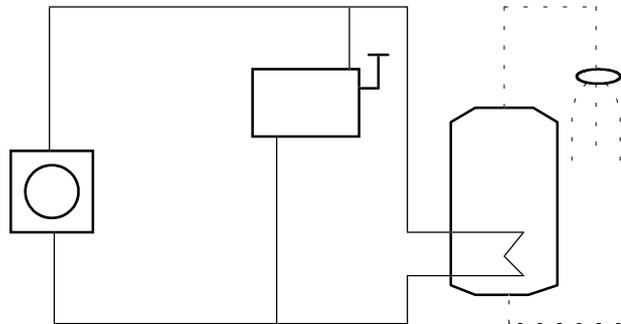


Bild 47: Zweileiternetz

Die Anbindung an die Heizung kann direkt, wie im Bild 47 dargestellt, oder indirekt mittels Wärmeübertrager erfolgen. Bei kleinen Netzen wird die direkte Anbindung bevorzugt. Zweileiternetze sind relativ einfach und preiswert, bieten jedoch nur schlechte Einbindungsmöglichkeiten für temperatursensible Wärmeerzeuger.

Deutlich günstiger ist das Vierleiternetz entsprechend Bild 48. Vor- und Rücklauf sind hierbei nach Heizung und Warmwasserbereitung getrennt. Der Rücklauf der Warmwasserbereitung übersteigt im Idealfall nur geringfügig die Temperatur des kalten Trinkwassers und bietet damit sehr gute Einbindungsmöglichkeiten. Dem stehen die Kosten und die erhöhten Leitungsverluste entgegen. Vierleiternetze sind deshalb nur selten installiert worden.

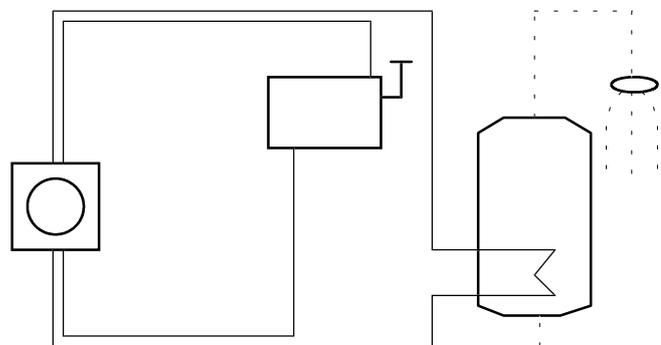


Bild 48: Vierleiternetz

Die Vorteile von Zwei- und Vierleiternetz werden im Grudisnetz gemäß Bild 49 miteinander verbunden. Im Fernwärmenetz strömt hierbei nicht Heiz- sondern Trinkwasser. Vom Verbraucher wird ein Teil entnommen und ein anderer Teil für die Erwärmung des Gebäudeheizwassers genutzt und zum Heizwerk zurückgeführt. Dort wird das verbrauchte Trinkwasser nachgespeist und wieder auf die benötigte Temperatur erwärmt.

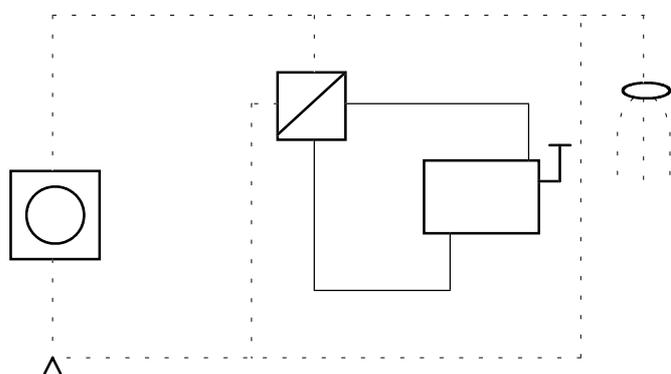


Bild 49: Grudisnetz

Das Prinzip des Grudisnetzes ist energetisch sinnvoll und preiswert. Obwohl bereits in Schweden erprobt, wird es in Deutschland aus hygienischen Gründen abgelehnt.

2.7.3. Energetische und wirtschaftliche Kriterien

Die für einen Leitungsabschnitt erforderliche Nennweite ist eine Funktion der zu übertragenden Wärmeleistung, der Temperaturspreizung und der Geschwindigkeit. In Tabelle 10 sind für unterschiedliche Nennweiten übertragbare Wärmeleistungen und Wärmeverluste für folgende Randbedingungen aufgeführt:

Auslegungsvorlauftemperatur:	70 °C	mittl. Vorlauftemperatur:	60 °C
Auslegungsrücklauftemperatur:	45 °C	mittl. Rücklauftemperatur:	40 °C
Wärmeleitfähigkeit Dämmung:	0,04 W/mK	mittl. Erdtemperatur:	10 °C
Vollbenutzungsstunden:	2000 h/a	Betriebsstunden:	8760 h/a

Tabelle 10: Eigenschaften verschiedener Nennweiten

NW	c	Q _{max}	Q _a	Dämmdicke	k _i -Wert	Verluste		
						kWh/ma	%/100 m	Entf. für 10 %
25	1,2	60,4	121	25	2,91	80,1	13,26	75,4 m
40	1,3	167,8	336	34	2,01	88,3	5,26	190 m
65	1,41	479,1	958	44	1,45	103,3	2,16	463 m
100	1,5	1.209	2.419	52	1,12	123,3	1,02	980 m
150	1,59	2.881	5.762	60	0,91	149,7	0,52	1920 m

Die spezifischen Verluste sinken mit steigender Nennweite wesentlich. Ein Rohr von 25 mm Nennweite hat bereits auf 75 m Entfernung 10 % Verlust, sollte also auf keinen Fall über große Strecken verlegt werden. Dies wird in der Praxis auch nicht der Fall sein, da es sich um Anschlußleitungen für Ein- und kleine Mehrfamilienhäuser handelt. Bei einer Nennweite von 150 mm können jedoch unter der Maßgabe eines Maximalverlusts von 10 % schon 1,92 km überbrückt werden.

Die Investition für das Verteilungsnetz ergibt sich vorrangig aus den Kosten der Rohrleitungen und deren Verlegung. In der Literatur erscheinen sehr unterschiedliche Angaben. In Bild 50 sind die spezifischen Kosten einschließlich Verlegung als Funktion der Nennweite aufgetragen. Es handelt sich stets um ein erdverlegtes Zweileiternetz mit Kunststoffmantelrohren.

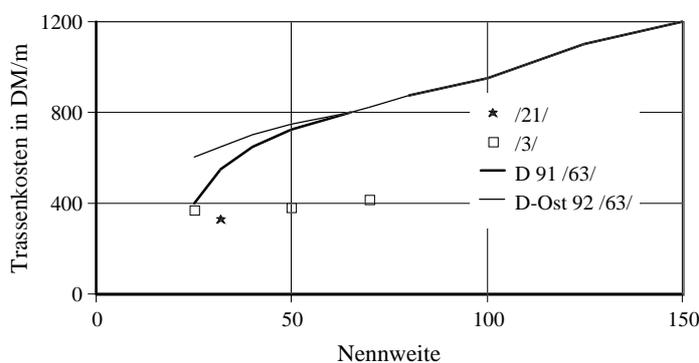


Bild 50: Spezifische Trassenkosten

Neutrale Ingenieurbüros arbeiten zumeist mit den Angaben nach /63/. Klient /3/ ist ein Anhänger der Kraft-Wärme-Kopplung und Fisch /21/ einer der solaren Nahwärme.

Die Kosten sind nicht ausschließlich von der Rohrlänge, sondern auch von den äußeren Gegebenheiten abhängig. In neuerschlossenen Wohngebieten können die Kosten unter den angegebenen Werten liegen. Müssen bestehende Straßen durchörtert und Vorgärten wiederhergestellt werden, steigen die Kosten deutlich an.

In Tabelle 11 sind die tatsächlichen Kosten der Stadtwerke Mannheim und Odense (Dänemark) /64/ für unterschiedliche Verlegungssituationen und Nennweiten eingetragen

Tabelle 11: Tatsächliche Kosten der Fernwärmeverlegung in DM/m

Nennweite mm	Odense	Mannheim				
	Mittelwert	Mittelwert	Altbau	Neubau		
	Neubau			Mittelwert	erdverlegt	kellerverlegt
25	130	520	520	240	350	160
32					390	180
40					510	220
50	190	620	620	330		
80	220	720	720	410		
100	240	810				
150	320	1.020				

Die Werte für Odense liegen noch wesentlich unter denen von /21/ und /3/, während die Werte für Mannheim darüber liegen, aber noch wesentlich niedriger als die Vorgaben nach /63/ sind. Es ist deutlich zu erkennen, daß die Kosten bei Neuerschließung wesentlich geringer sind als bei nachträglicher Verlegung in Altbaugebieten und die Kellerverlegung preisgünstiger ist als die Erdverlegung. Die Kosten können durch die konsequente Verwirklichung weiterer Maßnahmen verringert werden:

- gemeinsame Verlegung von Fernwärme mit den anderen Medien
- Einsatz flexibler Rohrleitungen
- Einschleifen der Anschlußleitungen
- Flachverlegung in verkehrslastfreien Bereichen

In /65/ wurden für eine Kleinstadt im Erzgebirge mit bestehender Bebauung von kleinen Wohnblöcken und Mehrfamilienhäusern in Stadtrandlage Verteilungskosten von 27 DM/MWh (Leistung: 1,4 MW, Trassenlänge: 1170 m) und in /66/ für ein neu zu errichtendes Wohngebiet mit großen Mehrfamilienhäusern in einer norddeutschen Mittelstadt Kosten von 16 DM/MWh (Leistung: 1,2 MW, Trassenlänge: 730 m) ausgewiesen. Die Gebäude entsprechen der Wärmeschutzverordnung 1995.

Vierleiternetze sind prinzipiell etwa 40 bis 70 % teurer.

2.7.4 Das Fernwärmenetz Oederan - Freiburger Straße

Das 1983 errichtete Wohngebiet Freiburger Straße in Oederan besteht aus 19 Wohnblöcken, zwei Kindereinrichtungen, einem Sportgebäude und einer Kaufhalle. 1992 begann die Modernisierung der viergeschossigen Blockbauten IW 79 mit zumeist 32 Wohnungen. Sie wurden wärmegeklämt und die Heizung von Kohleöfen auf Zentralheizung umgestellt. Die Wärme wird seitdem in einem Heizhaus von zwei zu groß ausgelegten Brennwertkesseln mit einer Gesamtleistung von 3,7 MW bereitgestellt und über ein neuerrichtetes Fernwärmenetz von insgesamt 1250 m Leitungslänge verteilt. Der mittlere Durchmesser der Leitungen beträgt 80 mm. Bei Auslegung nach dem realen Heizwärmebedarf hätte die mittlere Nennweite nur 50 mm betragen.

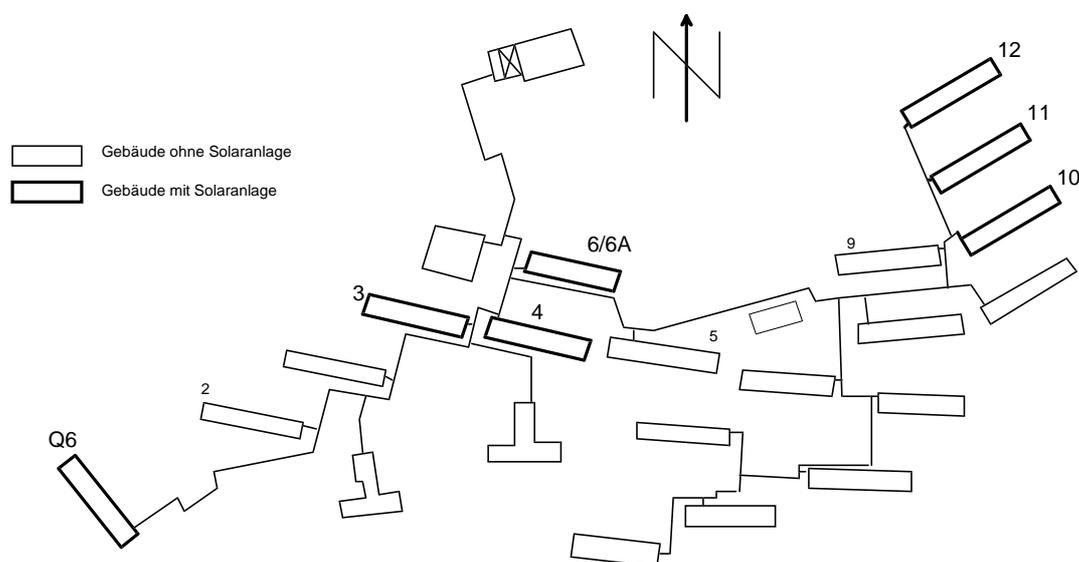


Bild 51: Wohngebiet Freiburger Straße in Oederan

Während das Netz gemäß Bild 51 fertiggestellt ist, läuft der Anschluß der einzelnen Objekte nur schleppend an. Erst elf Blöcke beziehen Wärme aus dem Netz. In einigen Blöcken wurden bisher noch keine zentralen Heizungssysteme installiert.

Das Netz erforderte eine Gesamtinvestition von 910 TDM, wobei 50 % einer Förderung durch den Freistaat Sachsen entstammen. Dieser Wert korrespondiert sehr gut mit den Mittelwerten der Stadtwerke Mannheim (führen zu 926 TDM). Dies ist erstaunlich, da die Verlegesituation in Oederan sehr viel günstiger war. Der größte Teil wurde in leicht aufgrabbaren und ebenso leicht wiederherzustellenden Rasenflächen verlegt. Neben einer Bundesstraße mußten lediglich einige schmale Wohngebietsstraßen durchörtert werden.

Hinzu kommt, daß bei der Auslegung von einem unzutreffend hohen Wärmebedarf ausgegangen wurde. In Tabelle 12 sind die Kosten für verschiedene Auslegungsgrößen und Investitionsansätze zusammengefaßt.

Tabelle 12: Netzkostenprognose für Oederan nach verschiedenen Ansätzen in TDM

	Heizleistung je Block in kW	Kostenansatz Mannheim		Verluste in MWh/a
		Altbau	Neubau	
real gebaut	200	926	523	281
sinnvolle Auslg. vor Sanierung	140	835	453	256
sinnvolle Auslg. nach Sanierung	90	775	406	239

Die Investitionskosten verringern sich nur in geringem Maße mit dem Wärmebedarf, von wesentlich größerem Einfluß ist die Art der Verlegung.

Neben den Investitionskosten sind in Tabelle 12 auch die Netzverluste aufgeführt. Die Überdimensionierung hat zu einer Vergrößerung geführt, konkret um 18 %. In Tabelle 13 ist diesen Verlusten die durch das Netz transportierte Wärmemenge gegenübergestellt. Durch die Fehlanslegung ist dies wesentlich weniger als erwartet, was durch den schleppenden Anschluß der Verbraucher noch verschärft wird.

Tabelle 13: Wärmemenge und Anteil der Netzverluste, nach Auslegung gebaut

	Wärmeleistung	Wärmemenge	Netzkosten	Anteil Netzverluste
	kW	MWh/a	DM/MWh	%
laut Planung	3.780	7.560	9,79	3,72
real - voll ausgebaut	1.800	3.600	20,55	7,81
real - 60 % ausgebaut	1.080	2.160	34,25	13

Gegenüber 3,72 % Netzverluste gemäß Auslegung haben sich die Verluste durch Fehlanslegung und schleppenden Anschluß bis auf 13 % erhöht. In Tabelle 13 sind weiterhin die spezifischen Netzkosten dargestellt. Während ursprünglich nur 9,8 DM/MWh vorgesehen waren, erhöhte sich dieser Wert bis auf 34,2 DM/MWh - neben der ebenfalls zu großzügig bemessenen Kesselanlage eine wesentliche Ursache für einen hohen Fernwärmepreis.

In Tabelle 14 wird die Kostensituation untersucht, wenn entsprechend dem realen Wärmebedarf gebaut worden wäre und die Netzkosten bis auf einen Mittelwert von Neu- und Altbau gesenkt werden konnten.

Tabelle 14: Wärmemenge und Anteil der Netzverluste, nach Bedarf gebaut, Kosten gesenkt

	Wärmeleistung	Wärmemenge	Netzkosten	Anteil Netzverluste
	kW	MWh/a	DM/MWh	%
ohne Wärmeschutz	2.700	5.400	10,21	5,2
mit Wärmeschutz	1.800	3.600	14,09	6,64
erhöhter Wärmeschutz	1.260	2.520	19,45	9,21

Durch die Verbesserung des Wärmeschutzes erhöhen sich die spezifischen Netzkosten und die prozentualen Wärmeverluste.