

Leitfaden

Fernwärme / Fernkälte

Schlussbericht



Zweck und Motivation

Fernwärme ermöglicht die Nutzung von Abwärme sowie den Einsatz von erneuerbaren Energien und gewinnt deshalb zunehmend an Bedeutung. Fernwärmenetze sind in den letzten Jahren gewachsen, ebenso hat ihre Bedeutung im Zusammenhang mit der Energiestrategie 2050 zugenommen. Es besteht in der Schweiz ein Handlungsbedarf im Segment thermische Energieübertragung für die Zusammenstellung von allgemein anerkannten Abläufen, Regeln und Normen. Im Leitfaden „Fernwärme/Fernkälte“ werden für alle Beteiligten eines Fernwärmeprojektes der Ablauf und die Qualitätsanforderungen beschrieben. Den Initianten, Bauherren und Ingenieurbüros sowie der Branche dient der Leitfaden als eine verlässliche Richtschnur bei der Realisierung von Fernwärmeprojekten. Grundsätzlich soll im Dokument aufgezeigt werden, wer bei welchem Punkt in der ganzen Kette die Kontrollen durchzuführen bzw. die Verantwortung zu übernehmen hat. Der Leitfaden basiert auf Erfahrungsdaten und soll dazu beitragen, dass neue Fernwärmenetze effizient und ökonomisch ausgeführt und betrieben werden.

Zielpublikum

- Initianten, Investoren und Bauherren von Fernwärmerversorgungen
- Heizungsingenieure und Heizungsplaner
- Tiefbauingenieure und im Rohrleitungsbau tätige Fachpersonen
- Kaderleute in Planungsfirmen für Heizungen, Haustechnik und Tiefbau
- Mitarbeiter von Heizungsfirmen
- Betreiber von Fernwärmenetzen

Arbeitsgemeinschaft

Der Leitfaden „Fernwärme/Fernkälte“ wurde von einer Projektgruppe des „Verband Fernwärme Schweiz“ (VFS) erarbeitet und mitfinanziert vom Bundesamt für Energie BFE, Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Postadresse: 3003 Bern.

Projektteam des Verbandes Fernwärme Schweiz

Walter Böhlen, Projektleiter Verband Fernwärme Schweiz
Gerhard Oppermann, Beratung für Energiewirtschaft, Liestal
Othmar Arnold, Durena AG die Energie-Ingenieure, Lenzburg
Joachim Ködel, HSLU Hochschule Luzern
Marcel Büchler et al, Fernwärme Zürich
Martin Jutzeler et al, Energie Wasser Bern

Inhalt

Der Leitfaden umfasst folgende Kapitel

- Kapitel 1 - Allgemeines
- Kapitel 2 - Fernwärme/Fernkälte - Langfristziele
- Kapitel 3 - Fernwärmeumfeld
- Kapitel 4 - Gebietsentwicklung
- Kapitel 5 - Marketing und Kunden
- Kapitel 6 - Projektablauf
- Kapitel 7 - Technik und Wirtschaftlichkeit
- Kapitel 8 - Betrieb
- Kapitel 9 - Rechtsfragen
- Kapitel 10 - Praxisbeispiele

Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich.

Autoren

- Gerhard Oppermann, Beratung für Energiewirtschaft, Liestal (Kapitel 2, 3, 6)
- Othmar Arnold, Durena AG die Energie-Ingenieure, Lenzburg (Kapitel 7)
- Joachim Ködel, HSLU Hochschule Luzern (Kapitel 4, 5, 10)
- Marcel Büchler et al, Fernwärme Zürich (Kapitel 8)
- Martin Jutzeler et al, Energie Wasser Bern (Kapitel 1, 8, 9)

Verantwortlichkeiten und Anwendungen

Die Inhalte des Leitfadens Fernwärme wurden auf der Basis der Erfahrungen der Autoren und unter Verwendung der zitierten Fachliteratur aufgearbeitet. Obwohl die Informationen nach bestem Wissen aufgearbeitet wurden, wird für deren Anwendung keine Haftung übernommen. Der Leitfaden soll als Basis für die Aus- und Weiterbildung dienen und regelmässig aktualisiert werden. Anmerkungen und Verbesserungsvorschläge werden gerne entgegengenommen.

Version 1.3 vom 10. März 2022

Verband Fernwärme Schweiz
c/o Ryser Ingenieure AG
Engestrasse 9, Postfach
3001 Bern

www.fernwaerme-schweiz.ch

Leitfaden

Fernwärme / Fernkälte



Schlussbericht
Version 1.3, 10. März 2022

Inhalt

1. Allgemeines	6	6. Projektablauf	64
1.1 Vorwort	6	6.1 Überblick	64
1.2 Zielsetzung	7	6.2 Klärung vor Projektbeginn	65
1.3 Geltungsbereich	7	6.3 Aufgabenbereiche	65
1.4 Normative Verweise	9	6.4 Projektfluss	70
1.5 Was ist Fernwärme	9	6.5 Wichtige Aspekte der Fernwärme-/ Fernkälteprojekte	72
1.6 Funktionsweise Nah- und Fernwärme	10		
1.7 Begriffe	11	7. Technik und Wirtschaftlichkeit	74
1.8 Arbeitssicherheit	28	7.1 Wärmeabsatz, Energie- und Leistungsbedarf	74
1.9 Personalqualifikation	28	7.2 Wärmequellen und Wärmeerzeugungssysteme	78
2. Fernwärme/Fernkälte – Langfristziele	29	7.3 Wärmeverteilung und Fernwärmenetze	80
2.1 Energiestrategie 2050 des Bundes	29	7.4 Kosten und Wirtschaftlichkeit	94
2.2 Beitrag der Fernwärmewirtschaft	29	7.5 Fördermittel	101
2.3 Vision schweizerische Fernwärmeversorgung	30	7.6 Tarifmodelle	102
2.4 Umsetzungshemmnisse	38	7.7 Projektträgerschaft	104
2.5 Massnahmen zur Zielerreichung	38		
3. Fernwärmeumfeld	41	8. Betrieb	106
3.1 Voraussetzungen	41	8.1 Produktion und Erzeugungsanlage	106
3.2 Vorteile der Fernwärme	42	8.1.1 Wärmebedarf	106
3.3 Wann lohnen sich Nah- oder Fernwärme	46	8.1.2 Produktionsanlage(n)	107
3.4 Akzeptanz und Ablehnung der Fernwärme	46	8.1.3 Produktionsausfall und Redundanz	108
3.5 Volkswirtschaftlicher Nutzen	47	8.1.4 Energiequellen	108
3.6 Rahmenbedingungen	48	8.1.5 Heizwasser	109
		8.2 Verteilung	110
		8.2.1 Schäden im Netz	110
		8.2.2 Betriebsstörungen im Netz	111
4. Gebietsentwicklung	50	8.3 Organisatorisches	111
4.1 Energieversorgung	50	8.3.1 Betrieb	112
4.2 Gebietswahl	50	8.3.2 Instandhaltung	113
4.2.1 Neubaugebiet	52		
4.2.2 Neu zu erschliessendes Versorgungsgebiet	52	9. Rechtsfragen	115
4.2.3 Erweiterung einer bestehenden Versorgung	52	9.1 Richtplanung	115
4.2.4 Netzverdichtung	52	9.2 Behördenverbindlichkeit	116
4.2.5 Umgang mit Sonderfällen	53	9.3 Anschlusszwang	116
4.3 Einflüsse auf Betriebskosten	53	9.4 Submissionsgesetz	117
4.4 Iteration Gebietswahl	55	9.5 Finanzierung und Eigentum des Fernwärmenetzes	118
5. Marketing und Kunden	57	9.6 Kundenvertragsverhältnis	119
5.1 Bezüger und Kunden	57	9.7 Verordnungen	120
5.2 Marketing phasenbezogen	58	9.8 Dienstbarkeitsverträge	120
5.3 Marketing-Aktivitäten	59		
5.4 Kundendialog	61	10. Praxisbeispiele	123
5.5 Kundendaten	61	10.1 Leuchtturm-Projekte	123
5.6 Sichtweise des Kunden	62	10.2 Best-Practice-Beispiele	127
		10.3 Beispiele vermeidbare Fehler	130
		10.4 Zusammenfassung Fallbeispiele	138

1. Allgemeines

1.1 Vorwort

Mit dem „Leitfaden Fernwärme/Fernkälte“ soll ein kompaktes und leicht anwendbares Werk entstehen, das es allen Interessierten ermöglicht, zielgerichtet ein Vorhaben im Bereich Fernwärme/Fernkälte zweckdienlich zu initiieren und umzusetzen.

Zusammen mit den Dokumenten „Planungshandbuch Fernwärme“, den „Richtlinien Fernwärme“, dem Praxisdokument „Normpositionskatalog Leitungsbau“ und den Dokumenten, welche mit dem Projekt „Thermische Vernetzung“ erstellt werden, ergibt sich ein umfassendes Grundlagenwerk für die thermische Energieversorgung.

Dieses Gesamtwerk stützt sich ab auf heute verfügbare Grundlagen, Richtlinien, Regelwerke (AGFW, SVGW) und Normen (SN, EN, SIA, SWKI).

Autorenteam

- *Gerhard Oppermann, Beratung für Energiewirtschaft, Liestal (Kapitel 2,3,6)*
- *Othmar Arnold, Durena AG die Energie Ingenieure, Lenzburg (Kapitel 7)*
- *Joachim Ködel, HSLU Hochschule Luzern (Kapitel 4,5,10)*
- *Marcel Büchler, Fernwärme Zürich (Kapitel 8)*
- *Martin Jutzeler, Energie Wasser Bern (Kapitel 1, 8, 9)*

Aufbau Leitfaden

Der Leitfaden behandelt in 10 Kapiteln alle relevanten Handlungsfelder von der Projektidee bis zur Betriebsphase.

Die Leserschaft erhält eine Orientierung, auf einen zu grossen Tiefgang wird verzichtet; stattdessen werden Verweise auf Regelwerke zur Fernwärme/Fernkälte gegeben, die der interessierten Leserschaft Hinweise zur Vertiefung in den gewünschten Themenbereich gibt.

Der Leitfaden „Fernwärme/Fernkälte“ beinhaltet die Informationen, Hinweise, Empfehlungen, die u.a. aus den Erfahrungen der Planer, Entwickler und Betreiber von Anlagen resultieren.

Kapitel 1	Allgemeines
Kapitel 2	Fernwärme/Fernkälte – Langfristziele
Kapitel 3	Fernwärmeumfeld
Kapitel 4	Gebietsentwicklung
Kapitel 5	Marketing und Kunden
Kapitel 6	Projektlauf
Kapitel 7	Technik und Wirtschaftlichkeit
Kapitel 8	Betrieb
Kapitel 9	Rechtsfragen
Kapitel 10	Praxisbeispiele

1.2 Zielsetzung

Der Leitfaden „Fernwärme/Fernkälte“ richtet sich einerseits an Bauherren, Planer, Betreiber, und andererseits an Entscheider, an Investoren und an andere Interessierte der Branche Fernwärme/Fernkälte.

1.3 Geltungsbereich

Im Zyklus von der Idee bis zum Betrieb einer Fernwärme-/Fernkälteversorgung sind eine Reihe von Aktionsfeldern zu beachten. Flankierend neben Technik und den Kostenfragen sind weitere Handlungsfelder zum Gelingen eines Projektes von Bedeutung, beispielsweise das Ausloten weiterer Energiequellen im Umfeld, die zweckmäßige Eingrenzung des potenziellen Kundengebietes, Marketing und PR-Massnahmen, Kundendialog, Tariffragen, Kundenvertragsdokumente, Trägerschaft, Finanzierung, Marktpreisvergleich usw. Es ist unschwer zu erkennen, dass eine Fernwärme-/Fernkälteversorgung nicht nur eine technische Aufgabe ist.

Abgrenzungen und Synergien zu anderen Werken

Ziel und Interesse sind die mit dem Leitfaden koordinierte Gestaltung aller folgenden Werke:

<p><i>Planungshandbuch (Energie Schweiz, BFE)</i></p>	<p><i>Zusammenstellung von Basiswissen Fernwärme, Grundlagen, Layout, Auslegung, Netzstruktur, Berechnung Wirtschaftlichkeit. Betrachtung von der Erzeugung (Wärmezentrale) über die Verteilung (Netz) bis zur Übergabe beim Verbraucher (verbraucherspezifische Wärmeübergabe).</i></p>
<p><i>Regelwerke (SVGW, BFE)</i></p>	<p><i>Regelwerke und Richtlinien zur Ausführung für spezifische Kategorien und spezifische Standards für Anlagen im Bereich Fernwärme und Fernkälte. Bindend sind die bei spezifischen Anlagenkategorien vorhandenen Regelwerke der DGV und des ERI.</i></p>
<p><i>Normpositionskatalog (NPK, VFS)</i></p>	<p><i>Auf die Branche zugeschnittener Normpositionskatalog (NPK) für Tief- und Leitungsbau von Fernwärmenetzen bis zur Wärmeübergabe.</i></p>
<p><i>Projekt „Thermische Vernetzung“ (BFE, HSLU)</i></p>	<p><i>Einbezug dezentraler Energieeinspeisung in Netze, Verwendung niedertemperierter Wärmequellen, Nutzung der Netze in bidirektionalem Betrieb für Wärme und Kälte. Erstellung von Grundlagen, Ergänzung des Planungshandbuchs, Einbezug Musterbeispiele.</i></p> <p><i>Aus- und Weiterbildungsmodule und Informationsplattform (Infoline) für Interessierte und Akteure.</i></p>

Begriffserklärungen, Stichwortverzeichnisse, Verweise auf andere Werke zur Fernwärme/Fernkälte (Normen, Richtlinien, Regelwerke, Normenpositionskatalog, Merkblätter, etc.) werden sowohl im Handbuch, den Richtlinien als auch im Leitfaden aufgeführt, so dass die Dokumente auch eigenständig verwendet werden können.

1.4 Normative Verweise

Von der Planung, Projektierung bis zur Realisierung sowie dem Betrieb sind Vorschriften zu berücksichtigen. Im Handbuch wird auf eine Zusammenstellung der normativen Verweise verzichtet.

In den Richtlinien des SVGW werden diese im Detail wie folgt aufgeführt:

- Gesetze und Verordnungen
- Normen
- Richtlinien
- Merkblätter

1.5 Was ist Fernwärme

Fernwärme ist die Bezeichnung für eine Wärmelieferung zur Versorgung von Gebäuden mit Wärme und Warmwasser. Der Transport der thermischen Energie erfolgt in einem wärmegeprägten Rohrsystem in einem geschlossenen Kreislauf, das überwiegend erdverlegt ist. Vereinzelt werden auch Freileitungen (Industriegebiet, Leitungstunnel, Brücken) verwendet.

Fernkälte ist analog zur Fernwärme die Versorgung von Stadtteilen oder Gebäudegruppen mit niedertemperaturigem Wasser in einem geschlossenen Kreislauf, der beim Endkunden Kälte zur Raumklimatisierung abgibt.

Unter Fernwärme wird die Erschliessung grösserer Gebiete verstanden. Bei der örtlichen Erschliessung einzelner Gebäude, Gebäudeteile oder kleinerer Wohnsiedlungen mit eigener Wärmeerzeugung spricht man von Nahwärme.

Technisch und juristisch ist in allen Fällen Fernwärme/Fernkälte die korrekte Bezeichnung.

Begriffsdefinitionen von Fernwärme, Fernkälte und Nahwärme

1.6 Funktionsweise Nah- und Fernwärme

Nah- und Fernwärme: eine einfache und bewährte Technik

Am Beispiel unten (Abbildung 1-1) wird von der Heizzentrale (1) ein Quartier mit unterschiedlicher Kundenstruktur versorgt. Ein Schulhaus (2) mit benachbarten Wohnblöcken ist oft Auslöser eines Projektes. Überwiegende Kunden sind Wohn- und Gewerbliche Bauten (3). Im Bild ist die Vorlaufleitung rot (wärmeres Wasser) und die Rücklaufleitung blau (durch Wärmeentzug kälteres Wasser) eingezeichnet. Aus Wassermenge und der Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf ergibt sich die verkaufte Wärmemenge (kWh).



Abbildung 1-1 Funktionsschema Fernwärme

1.7 Begriffe

Auf den folgenden Seiten werden zu den einzelnen Kapiteln die wichtigsten Begriffe erläutert. Wo notwendig, sind die gebräuchlichen Synonyme im deutschsprachigen Raum aufgeführt. Im vorliegenden Dokument werden nur Begriffe verwendet, welche in der Spalte „Begriffe“ genannt werden.

Glossar

Begriff	Bedeutung
Abnehmerstruktur	Die Abnehmerstruktur beschreibt ein Versorgungsgebiet nach Kriterien wie Bebauungsdichte, Bebauungsstruktur, Anschlussdichten, Bedarf, Gleichzeitigkeit etc..
Abonnierte Anschlussleistung	Vertraglich vereinbarte maximale Wärmebezugsleistung eines an ein Fernwärmenetz angeschlossenen Verbrauchers.
Abwärme	Nicht vermeidbare Wärmeverluste aus Energieumwandlungsanlagen oder chemischen Prozessen. Bei einem Prozess anfallende Abwärme kann an andere Prozesse weitergeführt werden. Das nutzbare Potenzial ergibt sich aus der über das Jahr abgegebenen Wärmemenge und dem Temperaturniveau der Abwärme. Für Fernwärme direkt nutzbar sind Abwärmequellen bei Temperaturen über 70 °C und mit einer hohen Vollastbetriebsstundenzahl.
Anschlussdichte	Die Anschlussdichte beschreibt die pro Jahr und Trasse meter an die Wärmeabnehmer gelieferte Wärme. Sie dient als Kenngrösse zur Beurteilung der Energiedichte der Wärmeverteilung und beeinflusst die Energieeffizienz und die Wirtschaftlichkeit des Netzes. Die Anschlussdichte kann für das gesamte Netz und für Teilstränge ausgewiesen werden.
Anschlussgrad	Der Anschlussgrad ist das Verhältnis des Jahreswärmebedarfs der in einem Gebiet angeschlossenen Wärmeabnehmer bezogen auf den Jahreswärmebedarf aller infrage kommenden Wärmeabnehmer im betrachteten Gebiet. Für Gebiete mit ähnlichen Verbräuchern entspricht dies auch dem anzahlmässigen Anteil der angeschlossenen Wärmeabnehmer.

Begriff	Bedeutung
<i>Anschlussleistung</i>	<i>Die Anschlussleistung eines Fernwärmenetzes ist die Summe der Anschlussleistungen aller Wärmeabnehmer unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit, also das Produkt aus der Summe der abonnierten Anschlussleistungen aller Wärmeabnehmer und dem Gleichzeitigkeitsfaktor. Siehe auch Gleichzeitigkeit und Gleichzeitigkeitsfaktor.</i>
<i>Arbeitszahl</i>	<i>Die Arbeitszahl beschreibt das Verhältnis der über einen längeren Betrachtungszeitraum erzeugten Wärme einer Wärmepumpe zu der im Betrachtungszeitraum zugeführten elektrischen Energie. Siehe auch Leistungszahl und Jahresarbeitszahl.</i>
<i>Ausbaugeschwindigkeit</i>	<i>Nah- und Fernwärmeversorgungen wachsen vom ersten Betriebsjahr bis zum Zielausbau durch weitere Wärmekunden und dem Zubau weiterer Projektabschnitte (etappierter Ausbau). Der Zeitraum zwischen dem ersten Betriebsjahr und dem Zielausbau ist der Maßstab für die Ausbaugeschwindigkeit. Je kürzer dieser Zeitraum ist, desto besser ist die Wirtschaftlichkeit des Projektes im Allgemeinen.</i>
<i>Bandlast</i>	<i>Bandlast bezeichnet eine dauerhafte, also während 8'760 Stunden pro Jahr benötigte Leistung. Die Bandlast eines Fernwärmenetzes setzt sich zusammen aus den saisonal unabhängigen Verbrauchern plus den Netzverlusten bei Bandlastbetrieb.</i>
<i>Biomasse</i>	<i>Biomasse umfasst alle pflanzlichen und tierischen Stoffe. Im Zusammenhang mit Energietechnik kommen grundsätzlich alle biogenen Stoffe als Energieträger infrage. Für Fernwärme werden in erster Linie Holz und vergärbare Abfälle genutzt.</i>
<i>Brauchwarmwasser</i>	<i>Siehe Warmwasser.</i>
<i>Betriebswasser</i>	<i>Wasser für gewerbliche und häusliche Einsatzbereiche, das nicht Trinkwasserqualität aufweisen muss.</i>
<i>Contracting</i>	<i>Contracting bezeichnet eine Kooperationsform mittels eines Vertrags zwischen Contractingnehmer und einem Contractinggeber (Dienstleistungsunternehmen). In der Anwendungsform des Anlagen-, Energie- oder Wärme-Contractings bezieht sich der Begriff auf die Bereitstellung bzw. Lieferung von Wärme, Kälte, Strom, Dampf, Druckluft usw. und den Betrieb zugehöriger Anlagen. Im Contractingvertrag eingeschlossen sind im Allgemeinen auch Planung und Bau der Anlagen.</i>

Begriff	Bedeutung
<i>Contractor</i>	<i>Es ist der Contractinggeber, im Betrachtungsbild des Leitfadens ein Energiedienstleister. Dieser ist in den meisten Fällen eine Abteilung oder eine Tochtergesellschaft eines Energieversorgers.</i>
<i>Dämmstärke-Klassen</i>	<i>Die Dämmstärke bezeichnet die Klasse der Wärmedämmung um das Mediumrohr. Für Kunststoffmantelrohre (KMR) werden drei Klassen angeboten, wobei 1 die schwächste und 3 die stärkste Dämmung beschreibt. Bei MMR und PMR existieren zwei Klassen, die als Standard-Version und als verstärkte Version bezeichnet werden.</i>
<i>Doppelrohr-Ausführung</i>	<i>Vorlauf- und Rücklaufrohr mit PUR-Schaum als Wärmedämmung in einem Kunststoffrohr als Schutz. Es sind starre und flexible Ausführungen mit Stahlmedium- oder Kunststoffmediumrohr erhältlich.</i>
<i>Druckschaubild, Druckverlauf-Diagramm</i>	<i>Darstellung der Druckverteilung im Netz in Abhängigkeit der Distanz von der Wärmeeinspeisung.</i>
<i>Endausbau</i>	<i>Der für die Auslegung und Berechnung prognostizierte Endausbau des Fernwärmenetzes.</i>
<i>Endenergie</i>	<i>Ist Teil der Primärenergie, die dem Verbraucher nach Abzug von Umwandlungs- und Transportverlusten zur Verfügung steht, z.B. in Form von Heizöl, Holzpellets, Strom.</i>
<i>Energie = Nutzenergie</i>	<i>Nutzenergie ist Teil der Endenergie, die dem Verbraucher nach Abzug von Umwandlungs- und Verteilverlusten innerhalb einer Anlage oder eines Gebäudes für die eigentliche Nutzung zur Verfügung steht, z.B. Heizwärme, Licht.</i>
<i>Energierichtplan (Richtplan)</i>	<i>Aus der energetischen Richtplanung resultiert der Energierichtplan. Er ist ein Konzept- und Koordinationsplan und bestimmt die Richtung der weiteren Planung und Zusammenarbeit und legt die dazu erforderlichen Massnahmen fest. Welche Gemeinden und Städte einen Energierichtplan erstellen müssen bestimmt der Kanton. Die Richtplanung ist behördenverbindlich. Im Energierichtplan können klar umrissene Gebiete z.B. einer bestehenden oder neuen Fernwärmeversorgung zugeordnet werden.</i>
<i>Erdverlegung</i>	<i>Unterirdische Verlegung von Fernwärmeleitungen in einem Kanal, einem Graben oder grabenlos.</i>

Begriff	Bedeutung
<i>Expansion und Druckhaltung</i>	<i>Teilsystem im hydraulischen System (Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung), welches die Volumenänderung des Warmwassers zwischen minimaler und maximaler Temperatur aufnimmt und so den Druck weitgehend konstant hält (Druckhaltung).</i>
<i>Fernheizung</i>	<i>Sofern die Wärmeerzeugung eines Fernwärmenetzes mit einer Heizung erfolgt, wird diese auch als Fernheizung bezeichnet.</i>
<i>Fernheizwerk</i>	<i>Als Fernheizwerk wird eine Wärmezentrale zur Versorgung eines Fernwärmenetzes bezeichnet.</i>
<i>Fernwärme, „Nahwärme“</i>	<p><i>Fernwärme beschreibt eine leitungsgebundene Wärmeversorgung von Kunden über Wasser oder Dampf mit zentral erzeugter Wärme. Fernwärmenetze decken einen breiten Leistungsbereich mit Anschlussleistungen von weniger als 100 kW bis zu über 1 GW ab. Für die Gesamtenergiestatistik des Bundes wird zudem vorausgesetzt, dass das Haupttransport- und Verteilnetz öffentlichen Boden beansprucht und dass die Wärme an Dritte verkauft wird. Grosse Wärmenetze innerhalb einer juristischen Einheit, wie zum Beispiel einer Grossüberbauung, sind technisch mit einem Fernwärmenetz identisch, werden aber nicht als Fernwärme erfasst. Für kleinere Netze wird zum Teil auch der Begriff Nahwärme verwendet. In Deutschland wird damit die Übertragung von Wärme für Heizung und Warmwasser zwischen Gebäuden mit Leistungen zwischen 50 kW und einigen Megawatt beschrieben.</i></p> <p><i>Von Minergie® wird der Begriff Nahwärme auch dann verwendet, wenn die Wärmeproduktionsanlage einige Gebäude oder Gebäudekomplexe versorgt, wobei nicht zwingend ein Verkauf an Dritte erfolgen muss.</i></p> <p><i>Da der Übergang zwischen Nahwärme und Fernwärme fließend ist, wird im vorliegenden Leitfaden nur der Begriff Fernwärme verwendet.</i></p>
<i>Fernwärmenetz</i>	<i>Ein Fernwärmenetz ist eine Rohrleitungsanlage mit allen nötigen Zusatzeinrichtungen zur Versorgung von Kunden mit Wärme. Als Wärmeträger dienen Wasser oder Dampf. Der Wärmeträger fließt in einem geschlossenen System vom Wärmeerzeuger zu den Wärmeabnehmern und zurück. Das geschlossene System bildet das Fernwärmenetz.</i>

Begriff	Bedeutung
Ganzjahresbetrieb	Ganzjährige Bereitstellung und Lieferung von Wärme an die Wärmeabnehmer.
Gebäudetypen	Kategorisierung der Gebäude nach Bauart, Nutzungsart, Alter und weiteren Kriterien. Beispiele zur Charakterisierung sind Einfamilienhaus und Mehrfamilienhaus, Altbau und Neubau, Wohngebiet und Industriezone sowie der Gebäudeabstand.
Gebiete und Zonen	Ein potenzielles Wärmeversorgungsgebiet kann eine Ortschaft, Quartiere, Stadtteile, mehrere Grossabnehmer oder einen einzelnen Grossabnehmer umfassen. Die Einteilung des potenziellen Wärmeversorgungsgebietes in Gebiete und Zonen erfolgt aufgrund der erwarteten Wärmebezugsdichte von Gebäudetypen oder aufgrund von geografischen Gegebenheiten wie z.B. Strassen, Bahntrassen, Bächen. Einzelne Zonen können vereinfacht als Grossabnehmer behandelt werden. Als Hilfsmittel zur Einteilung einer Ortschaft dienen der Ortsplan und, wenn vorhanden, ein Energiekataster.
Geodätisches Netzprofil, Höhenkurve	Das geodätische Netzprofil stellt den Höhenverlauf des Netzes in Meter über Meer dar.
Geografisches Informationssystem (GIS)	Datenverarbeitungsanwendung zur Erfassung, Bearbeitung, Organisation, Analyse und Präsentation räumlicher Daten. Zur Planung von Fernwärmenetzen kann damit die Trassenführung unter Berücksichtigung der geografischen Gegebenheiten und der eventuell bereits vorhandenen anderen Versorgungssysteme (Wasser, Gas, Elektrizität etc.) festgelegt werden. Daneben kann das GIS auch zur Abschätzung des lokalen Energie- und Leistungsbedarfs genutzt werden.
Geothermische Energie	Der aus dem Erdinneren an die Erdoberfläche dringende Energiestrom speist sich vor allem aus der Wärmeableitung des heissen flüssigen Erdkerns und der Wärme aus dem Zerfall radioaktiver Isotope, die in der Erdkruste enthalten sind.

Begriff	Bedeutung
<i>Gleichzeitigkeit und Gleichzeitigkeitsfaktor</i>	<i>Die Gleichzeitigkeit beschreibt in einem Verbund von Wärmeabnehmern den Effekt, dass bei einer grösseren Anzahl Wärmeabnehmer nie alle gleichzeitig die maximale Wärmeleistung beziehen. Der Gleichzeitigkeitsfaktor beträgt 1 für einen einzigen Wärmeabnehmer und wird kleiner als 1 für mehrere Wärmeabnehmer und er beschreibt das Verhältnis zwischen der effektiv erwarteten maximalen Abnahmeleistung aller Wärmeabnehmer zur gesamten abonnierten Anschlussleistung der Wärmeabnehmer.</i>
<i>Grabenloser Leitungsbau</i>	<i>Beim grabenlosen Leitungsbau werden Leitungen unterirdisch durch Einziehen, Einschieben, Einpressen oder Einrammen in einen im Boden geschaffenen Hohlraum verlegt.</i>
<i>Grabentechnik</i>	<i>Bei der Grabentechnik werden die Fernwärmeleitungen in direktem Kontakt mit der Erde in offenen Gräben verlegt. Sie ist das am häufigsten eingesetzte Verlegeverfahren.</i>
<i>Grädigkeit</i>	<i>Die Grädigkeit ist die Temperaturdifferenz zwischen der primären und der sekundären Rücklauftemperatur am Wärmeübertrager der Übergabestation. Sie ist ein Mass für die Qualität der Wärmeübertragung und sollte möglichst klein sein.</i>
<i>Grundlast</i>	<i>Bei Einsatz von zwei Wärmeerzeugern wird der Wärmeleistungsbedarf in einen Grundlast- und einen Spitzenlastanteil aufgeteilt. Der Grundlastwärmeerzeuger weist dabei eine hohe Vollbetriebsstundenzahl auf, der Spitzenlastkessel eine niedrige.</i>
<i>Grundlastabdeckung</i>	<i>Wärmeerzeugungseinheit zur Deckung der Grundlast.</i>
<i>Hauptleitung</i>	<i>Leitung von der Wärmezentrale bis zu den Verteilleitungen im Wärmeverteilnetz, üblicherweise ohne Hausanschlüsse. Weitere Begriffe sind z.B. Stammleitung oder auch Transportleitung, wenn die Wärmezentrale relativ weit vom Versorgungsgebiet entfernt ist.</i>
<i>Hausanlage</i>	<i>Die Hausanlage besteht aus dem Verteilsystem im Gebäude zur Verteilung von Raum- und Prozesswärme sowie Brauchwarmwasser.</i>

Begriff	Bedeutung
<i>Hausanschlussleitung</i>	<i>Verbindungsleitung zwischen Wärmeverteilnetz und Übergabestation.</i>
<i>Hausanschlussraum</i>	<i>Der Hausanschlussraum beinhaltet die Hausstation und die Hauptabsperroorgane.</i>
<i>Hausstation</i>	<i>Die Hausstation besteht aus der Übergabestation und der Hauszentrale.</i>
<i>Hauszentrale</i>	<i>Die Hauszentrale ist das Bindeglied zwischen der Übergabestation und der Hausanlage. Sie dient der Anpassung der Wärmelieferung an die Hausanlage hinsichtlich Druck, Temperatur und Volumenstrom. Bei der Gestaltung der Hauszentrale ist zwischen direktem oder indirektem Anschluss zu unterscheiden.</i>
<i>Heisswasser</i>	<i>Der Begriff Heisswasser im Fernwärmebereich bezeichnet das Zirkulationswasser im Fernwärmenetz, wenn die Temperatur über 110 °C beträgt.</i>
<i>Heizwerk, Fernheizwerk</i>	<i>Energiezentrale zur Erzeugung von Wärme.</i>
<i>Heizkraftwerk</i>	<i>Energiezentrale mit gleichzeitiger Erzeugung von Wärme und Strom. Siehe auch Wärme-Kraft-Kopplung.</i>
<i>Hydrothermale Geothermie</i>	<i>Ist die Nutzung des Energiepotenzials von Tiefengewässern (Aquifere). Je nach geologischer Beschaffenheit sind Aquifere in unterschiedlicher Tiefe und Temperatur, aber örtlich meistens nur in sehr begrenzter Ausdehnung vorhanden. Der Chemismus der Aquifere setzt im Allgemeinen eine zweite Bohrung zur Reinjektion des Tiefenwassers voraus, was dem Erhalt der Mengenbilanz im Untergrund zugutekommt.</i>
<i>Jahresdauerlinie der Aussentemperatur</i>	<i>Die Jahresdauerlinie der Aussentemperatur ist eine Darstellung der Summenhäufigkeit der Aussentemperatur als Anzahl Tage oder Stunden pro Jahr für eine bestimmte Messstation. Sie entspricht somit einer Summenhäufigkeitskurve der Aussentemperatur.</i>
<i>Jahresdauerlinie des Wärmeleistungsbedarfs</i>	<i>Die Jahresdauerlinie des Wärmeleistungsbedarfs ergibt sich aus der Lastkennlinie und der Jahresdauerlinie der Aussentemperatur. Sie ist eine Summenhäufigkeitskurve und stellt den Wärmeleistungsbedarf in Abhängigkeit der Anzahl Tage oder Stunden pro Jahr dar.</i>

Begriff	Bedeutung
Jahreswärmebedarf	Der Jahreswärmebedarf eines Verbrauchers ist dessen an der Wärmeübergabestelle anfallender jährlicher Wärmebedarf. Für ein Fernwärmenetz ist der Jahreswärmebedarf der jährliche Wärmebedarf an der Schnittstelle zwischen Wärmeerzeugung und Wärmeverteilnetz.
Jahresarbeitszahl (JAZ)	Die Jahresarbeitszahl beschreibt das Verhältnis der Jahreswärmeproduktion zu der in einem Jahr zugeführten elektrischen Energie einer Wärmepumpe. Siehe auch Leistungszahl und Arbeitszahl.
Jährliche Betriebsstunden	Effektive Anzahl Stunden pro Jahr, während der eine Anlage betrieben wird. Die jährlichen Betriebsstunden werden nicht als Vollastbetriebsstunden ausgewiesen, d.h., eine Betriebsstunde bei 50 % Leistung gilt als eine Betriebsstunde.
Kaltwasser	Kaltes Trinkwasser, dessen Temperatur nicht gezielt erhöht wurde.
Kanaltechnik	Vorgefertigte oder vor Ort hergestellte Betonkanäle zur Aufnahme von Fernwärmeleitungen.
Kellerleitung	Die Kellerleitung verbindet die Hausanschlussleitung mit der Übergabestation.
Kesselwirkungsgrad	Die von einem Heizkessel wasserseitig produzierte Nutzenergie dividiert durch die im Brennstoff als Heizwert zugeführte Energie. Die Bestimmung erfolgt entweder im stationären Zustand ohne Speichereffekte (z.B. bei automatischen Feuerungen) oder über einen Abbrandprozess (z.B. bei handbeschickten Feuerungen).
Kunststoffmediumrohre (PMR)	Flexibles Kunststoffmediumrohr mit einem PUR-Schaum als Wärmedämmung und einem Kunststoffmantelrohr als Schutz.
Kunststoffverbundmantelrohre (KMR)	Starres Stahlmediumrohr mit einem PUR-Schaum als Wärmedämmung und einem Kunststoffmantelrohr als Schutz.
Lastkennlinie	Darstellung des Wärmeleistungsbedarfs in Abhängigkeit des Tagesmittelwertes der Aussentemperatur.
Leistungsdichte	Auf eine Gebietsfläche bezogene maximale Leistung. Im Zusammenhang mit Fernwärme ist die Wärmeleistungsdichte von Interesse.

Begriff	Bedeutung
Leistungszahl	Die Leistungszahl einer Wärmepumpe ist das Verhältnis zwischen der erzeugten Wärmeleistung und der zugeführten elektrischen Leistung. Sie beschreibt einen Momentanwert oder einen über eine kurzfristige Betrachtungsdauer bestimmten Wert.
Logistik, Holzlogistik	Der Nutzung von Brennstoffen vorgelagerte Wertschöpfungskette, z.B. ernten, hacken und transportieren von Holzhackschnitzeln bis in das Brennstoff-silo.
Maschennetz	Ein Maschennetz ist ein Netz, dessen Strahlen oder Ringe an mehreren Knotenpunkten zusammengeslossen sind.
Maximal zulässige Betriebstemperatur	Maximale, über eine kurze Zeitperiode zulässige Betriebstemperatur.
Maximaldruck	Druck, der an keiner Stelle des Netzes und zu keinem Zeitpunkt überschritten werden darf.
Maximale Dauerbetriebstemperatur	Maximale, ohne zeitliche Einschränkung zulässige Betriebstemperatur.
Metallmediumrohre (MMR)	Flexibles Stahlmediumrohr mit einem PUR-Schaum als Wärmedämmung und einem Kunststoffmantelrohr als Schutz. Das Stahlmediumrohr ist vielfach als Wellrohr ausgeführt.
Minimaldruck	Druck, der an keiner Stelle des Netzes und zu keinem Zeitpunkt unterschritten werden darf.
Nahwärme	Siehe Fernwärme.
Nenndruck PN (Pressure Nominal)	Der Nenndruck gibt für ein Rohrleitungssystem eine Referenzgrösse an. Die Angabe erfolgt nach DIN, EN, ISO durch die Bezeichnung PN (Pressure Nominal) gefolgt von einer Zahl, die den Auslegungsdruck in Bar bei Raumtemperatur (20 °C) angibt.
Nenndurchmesser DN, Nennweite, nominaler Durchmesser	Referenz-Durchmesserangabe, die Grösse und Kompatibilität von Bauteilen definiert. Der Nenndurchmesser ist Teil der Bezeichnung des Bauteils und ist nicht identisch mit dem Zahlenwert in Millimetern.

Begriff	Bedeutung
Nennwärmeleistung	Höchste Dauerleistung einer Anlage, für die sie gemäss Herstellerangaben ohne zeitliche Einschränkung ausgelegt ist.
Netzdifferenzdruck, Differenzdruck	Der Netzdifferenzdruck bezeichnet den über das ganze Fernwärmenetz betrachteten Druckunterschied zwischen Vor- und Rücklauf.
Netzdruck	Als Netzdruck wird der Druck in der Fernwärmeleitung bezeichnet.
Netzleistung, maximale Netzleistung, momentane Netzleistung	Die maximale Netzleistung ist die im Auslegefall am Eingang des Fernwärmenetzes abzudeckende Wärmeleistung. Sie ergibt sich aus dem Wärmeleistungsbedarf aller Verbraucher multipliziert mit dem Gleichzeitigkeitsfaktor und zuzüglich der Wärmeverteilverluste. Die momentane Netzleistung entspricht bei regulärem Betrieb dem momentanen Wärmeleistungsbedarf aller Kunden, sie kann aber, zum Beispiel im Störfall, auch durch die momentane Wärmeerzeugungsleistung limitiert werden.
Netzschlechtpunkt, Schlechtpunkt	Standort des geringsten Differenzdruckes zwischen Vor- und Rücklauf. Dieser Ort kann im Netz in Funktion des momentanen Wärmebedarfes wandern. Der Netzschlechtpunkt dient als Auslegungsgrösse für die Hauptpumpeneinheit.
Netztemperaturen	Die Netztemperaturen werden als gemeinsame Angabe der Vorlauf- und Rücklauftemperatur in Grad Celsius (z.B. 80/50) beschrieben.
Netztrennung	Die Netztrennung bezeichnet die Trennung zweier hydraulischer Netze, beispielsweise durch einen Wärmeübertrager oder eine hydraulische Weiche. Netztrennungen führen zu zusätzlichen Energieverlusten, sowohl an Wärme als auch an Strömungsenergie.

Begriff	Bedeutung
Nutzungsgrad	<p>Der Nutzungsgrad ist das Verhältnis zwischen der in einem längeren Betrachtungszeitraum erzeugten Nutzenergie und der im Betrachtungszeitraum zugeführte Energien. Dies entspricht dem Verhältnis zwischen der im Betrachtungszeitraum aufsummierten Nutzleistung (z.B. die über den Wärmezähler aufsummierte, produzierte Wärme) dividiert durch die über den Betrachtungszeitraum aufsummierte, zugeführte Leistung (z.B. der Heizwert des verfeuerten Brennstoffs). Wenn die Betrachtung über einen Zeitraum von einem Jahr erfolgt, wird dies als Jahresnutzungsgrad bezeichnet.</p> <p>Wird das Verhältnis von Nutzenergie zu zugeführter Energie über eine kurze Betrachtungsdauer oder als Momentanwert bestimmt, wird dies als Wirkungsgrad bezeichnet (siehe auch Wirkungsgrad).</p>
Petrothermale Geothermie	<p>Im Gegensatz zur hydrothermalen Geothermie benötigt die petrothermale Nutzung kein Tiefengewässer (Aquifer). Die gewünschte Temperatur nimmt mit der Bohrtiefe je nach Wärmegradient unterschiedlich zu. Zur Nutzung werden Risse im Erdgestein benötigt, durch die Wasser gepresst wird, das nach genügender Erhitzung an die Erdoberfläche gefördert wird.</p>
Primäre Rücklauftemperatur	<p>Temperatur des Fernwärmemediums, das vom Wärmeabnehmer zum Wärmeerzeuger fließt.</p>
Primäre Vorlauftemperatur	<p>Temperatur des Fernwärmemediums, das vom Wärmeerzeuger zum Wärmeabnehmer fließt.</p>
Primärseite	<p>Als Primärseite wird der mit Fernwärmemedium durchströmte Anlagenteil zwischen der Wärmeproduktion und der Wärmetauscher der Konsumenten bezeichnet.</p>
Redundanz	<p>Bereitstellung einer zusätzlichen, im Regelbetrieb nicht notwendigen, funktionalen Einheit zur Erhöhung der Betriebssicherheit, wenn es zu Ausfällen kommt.</p>
Ringnetz	<p>Bei einem Ringnetz sind eine oder mehrere Leitungen zu einem Ring zusammengeschlossen. Dadurch kann die Versorgungssicherheit erhöht werden.</p>

Begriff	Bedeutung
<i>Rohrstatik</i>	<i>Berechnungsvorgehen zur Bewertung der Festigkeit und zur Auslegung von Rohrleitungen und Leitungsbestandteilen.</i>
<i>Saisonbetrieb</i>	<i>Saisonale Bereitstellung und Lieferung von Wärme an die Wärmeabnehmer, meist während der Heizsaison und in der Übergangszeit.</i>
<i>Schlechtpunkt</i>	<i>Siehe Netzschlechtpunkt.</i>
<i>Schlüsselkunde</i>	<i>Ein Schlüsselkunde ist ein Kunde (oder in der Planungsphase ein potenzieller Kunde) mit einem grossen Wärmeverbrauch in einem zu beurteilenden Gebiet.</i>
<i>Sekundäre Rücklauftemperatur</i>	<i>Temperatur des Heizwassers, das von den einzelnen Verbrauchern beim Wärmeabnehmer zur Übergabestation zurückkommt.</i>
<i>Sekundäre Vorlauftemperatur</i>	<i>Temperatur des Heizwassers von der Übergabestation zu den einzelnen Verbrauchern beim Wärmeabnehmer.</i> <i>Die Wärmeinstallation beim Kunden wird als sekundär bezeichnet, da meist eine hydraulische Trennung zum Fernwärmenetz besteht.</i>
<i>Sekundärseite</i>	<i>Als Sekundärseite wird der vom Heizmedium der Hausanlage durchströmte Anlagenteil bezeichnet.</i>
<i>Situationserfassung</i>	<i>Die Situationserfassung ist eine Analyse der Ist-Situation mit Erfassung des Energie- und Leistungsbedarfs für Wärme (Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme), der baulichen Situation für die Trassenverlegung und des potenziellen Wärmeversorgungsgebietes.</i>
<i>Spitzenlastabdeckung</i>	<i>Wärmeerzeugungseinheit zur Deckung der Spitzenlast. Diese sollte einen breiten Regelbereich aufweisen und schnell zu- und weggeschaltet werden können. Als zusätzliche Redundanz werden der oder die Spitzenlastkessel oft gross ausgelegt, um den Ausfall einer oder mehrerer Grundlastkessel zu kompensieren.</i>
<i>Spitzenleistung</i>	<i>Maximal benötigte Leistung bei einer für die Auslegung massgebenden Aussentemperatur.</i>

Begriff	Bedeutung
<i>Stahlmantelrohre (SMR)</i>	<i>Starres Stahlmediumrohr mit einem Mantelrohr aus Stahl als Schutz. Die Wärmedämmung erfolgt hauptsächlich durch ein Vakuum zwischen Medium- und Mantelrohr.</i>
<i>Stammleitung</i>	<i>Siehe Hauptleitung.</i>
<i>Strahlennetz</i>	<i>Ein Strahlennetz ist eine Netzform, bei der die Leitungen radial von der Wärmeerzeugung wegführen.</i>
<i>Tarifblatt</i>	<i>Das Tarifblatt ist Teil des Wärmeliefervertrages und regelt die finanziellen/wirtschaftlichen Bedingungen für das Erbringen der Wärmelieferung.</i>
<i>Technische Anschlussvorschriften (TAV)</i>	<i>Die Technischen Anschlussvorschriften (auch Technische Anschlussbedingungen (TAB)) regeln im Idealfall alle technisch relevanten Anschlussbedingungen wie Druck, Temperatur, Material, Messausrüstung, Verrechnung etc. Diese gelten bei der Planung, dem Anschluss und Betrieb des Fernwärmenetzes. Die TAV sind Teil des Wärmeliefervertrages.</i>
<i>Temperaturhub</i>	<i>Um niedertemperaturige Energiequellen für die Raumwärme zu nutzen, benötigen sie eine Temperaturerhöhung, was oft mit Wärmepumpen erfolgt. Die Temperaturdifferenz zwischen Nutzungsniveau und Quellenniveau wird als Temperaturhub bezeichnet.</i>
<i>Temperaturspreizung</i>	<i>Differenz zwischen Vor- und Rücklauftemperatur. Bei einem Fernwärmenetz interessiert meistens die Temperaturspreizung der Primärseite, also im Fernwärmenetz.</i>
<i>Trasse</i>	<i>Verlauf eines Fernwärmenetzes.</i>
<i>Trasselänge</i>	<i>Länge der Trasse von Haupt-, Zweig- und Hausanschlussleitungen. Bei je einem Rohr für Vor- und Rücklauf ist die Rohrleitungslänge das Zweifache der Trasselänge.</i>

Begriff	Bedeutung
<i>Trinkwasser</i>	<i>Nach der schweizerischen Lebensmittelgesetzgebung ist Trinkwasser definiert als Wasser, das natürlich belassen oder nach Aufbereitung bestimmt ist zum Trinken, zum Kochen, zur Zubereitung von Speisen sowie zur Reinigung von Gegenständen, die mit Lebensmitteln in Berührung kommen. Wasser in Trinkwasserqualität wird auch für Körperpflege und -reinigung (Dusch- und Badewasser usw.) verwendet.</i>
<i>Übergabestation</i>	<i>Die Übergabestation ist das Bindeglied zwischen zwei verschiedenen, miteinander verbundenen, meist hydraulisch getrennten Netzen (häufig Primär- und Sekundärnetz).</i>
<i>Umgebungswärme, Umweltwärme</i>	<i>Umgebungswärme oder Umweltwärme ist eine erneuerbare, natürliche und verfügbare Energieform auf relativ tiefem Temperaturniveau. Quellen von Umgebungswärme sind die Luft, das obere Erdreich sowie das Grund-, See- und Flusswasser. Mit Wärmepumpen kann Umgebungswärme auf ein höheres Temperaturniveau gehoben und nutzbar gemacht werden. Dazu ist die Zufuhr von hochwertiger Energie in der Regel in Form von Elektrizität aus einer anderen Quelle erforderlich.</i>
<i>Verbraucher</i>	<i>Siehe Wärmeabnehmer.</i>
<i>Versorgungsgebiet</i>	<i>Siehe Gebiete, Zonen.</i>
<i>Verteilleitung</i>	<i>Siehe Zweigleitung.</i>
<i>Volllastbetriebsstunden und Volllastbetriebsstundenzahl</i>	<i>Die Volllastbetriebsstundenzahl ist der Jahresenergiebedarf dividiert durch die Nennwärmeleistung. Sie ist eine wichtige Kenngrösse zur Anlagendimensionierung für einen einzelnen Verbraucher oder das ganze System. Eine Volllastbetriebsstunde entspricht zum Beispiel einer Stunde Betrieb bei Nennlast oder zwei Betriebsstunden bei 50 % Last und es gilt: Anzahl Volllastbetriebsstunden ≤ Anzahl jährlicher Betriebsstunden.</i>

Begriff	Bedeutung
Wandrauheit	Siehe Rohrrauheit.
Wärme-Kraft-Kopplung (WKK)	Eine Anlage zur Wärme-Kraft-Kopplung nutzt eine thermische Anlage, wie zum Beispiel einen Verbrennungsmotor oder eine Dampfturbine, zur Krafterzeugung, die meistens zur Stromproduktion dient mit gleichzeitiger Nutzung der Abwärme des thermischen Prozesses als Nutzwärme. WKK-Anlagen mit Motoren oder kleinen Gasturbinen werden auch als Blockheizkraftwerke (BHKW) bezeichnet, während thermische Kraftwerke mit Abwärmenutzung als Heizkraftwerke bezeichnet werden.
Wärmebedarfsdichte	Die Wärmebedarfsdichte ist der jährliche Wärmebedarf aller Gebäude eines Versorgungsgebietes im Verhältnis zur Grundfläche.
Wärmebezugsdichte	Die Wärmebezugsdichte ist der jährliche Wärmebezug aller Gebäude eines Versorgungsgebietes im Verhältnis zur Grundfläche.
Wärmeerzeugungsanlage	Ein Wärmeerzeuger wandelt Endenergie in Nutzwärme um und überträgt diese an ein Heizmedium.
Wärmeabnehmer, Wärmebezüger, Wärmekunde	Bezieht vom Wärmelieferanten Wärme und bezahlt die Wärme gemäss vertraglich abgemachten Bedingungen.
Wärmequellen (Energiequellen)	Energiequellen liefern im Unterschied zu Energievorräten über einen „endlosen“ Zeitraum (nach menschlichen Dimensionen) Energieströme. Im Leitfaden wird unter Wärmequelle vor allem das nutzbare Energiepotenzial von Grund-, See-, Fluss- und Abwasser, solarer Strahlung, Geothermie und Abwärme verstanden.
Wärmeleistungsdichte	Auf eine Gebietsfläche bezogene maximale Wärmeleistung.
Wärmelieferant	Erbringt die vertraglich vereinbarte Wärmeversorgung an den Wärmeabnehmer.

Begriff	Bedeutung
Wärmeliefervertrag	Im Wärmeliefervertrag ist die Schnittstelle zwischen Wärmelieferant und Wärmeabnehmer vertraglich vereinbart. Üblicherweise enthält der Wärmeliefervertrag zusätzlich folgende Vertragsbestandteile: Allgemeine Geschäftsbedingungen (AGB), Technische Anschlussvorschriften (TAV) und ein Tarifblatt.
Wärmemarkt	Der Wärmebedarf (Wärmenachfrage) wird durch das Wärmeangebot gedeckt. Dieser Wirtschaftskreislauf wird als Wärmemarkt bezeichnet. Im Besonderen wird auch der Wärmepreis vom Wärmemarkt, also dem Angebot und der Nachfrage nach Wärme mitbestimmt.
Wärmenachfrage, Wärmebedarf	Der menschliche Bedarf an Raumwärme/Brauchwarmwasser und industrielle Prozesse sind die Grundlage für die Wärmenachfrage bzw. den Wärmebedarf.
Wärmespeicher	Wärmespeicher für Fernwärmenetze werden oft als drucklose, mit Wasser befüllte Behälter ausgeführt. Sie dienen dazu, den Wärmebedarf des Fernwärmenetzes auszugleichen, indem Lastspitzen durch den Speicher abgedeckt werden, während der Speicher während Phasen mit geringem Wärmebedarf wieder geladen wird. Dies ermöglicht eine kleinere Dimensionierung und eine optimierte Betriebsweise der Wärmeerzeugung. Die Grösse der Speicher hängt von der Grösse der Wärmeerzeugungsanlage und der Aufgabe der Speicherung ab. Das Fassungsvermögen kann wenige Kubikmeter bis mehrere Tausend Kubikmeter betragen.
Wärmeträgermedium	Das für die Wärmeübertragung im Wärmeverteilnetz eingesetzte Medium wie Wasser, Dampf oder Thermoöl.
Wärmeübertrager	Ein Wärmeübertrager (veraltet: Wärmetauscher) ist ein Apparat, in dem thermische Energie von einem warmen Stoffstrom auf einen anderen, kälteren Stoffstrom übertragen wird.
Wärmeverbund	Wenn mehrere Gebäude Wärme aus einer gemeinsamen Wärmeerzeugungsanlage (Heizwerk) beziehen, spricht man von einem Wärmeverbund.

Begriff	Bedeutung
Warmwasser	<p><i>Der Begriff Warmwasser wird in der Gebäudetechnik und in der Fernwärmetechnik unterschiedlich verwendet:</i></p> <p><i>In der Fernwärmetechnik beschreibt Warmwasser das Zirkulationswasser im Fernwärmenetz, wenn die Temperatur bis zu 110 °C beträgt, während Zirkulationswasser mit über 110 °C als Heisswasser bezeichnet wird. Warmwasser im Fernwärmenetz muss keine Trinkwasserqualität aufweisen und ist daher nicht zu verwechseln mit Warmwasser in der Gebäudetechnik.</i></p> <p><i>In der Gebäudetechnik steht Warmwasser für erwärmtes Trinkwasser, das bei Bedarf erwärmt oder in Warmwasserspeicher bei rund 60 °C zur Verfügung gestellt wird. Um erwärmtes Trinkwasser von Zirkulationswasser im Fernwärmenetz zu unterscheiden, wird es im vorliegenden Leitfaden als Brauchwarmwasser (BWW) bezeichnet, das mit einer Brauchwarmwassererwärmung (BWE) zur Verfügung gestellt wird.</i></p>
Werkleitungen	<p><i>Der Begriff umfasst Kanalisations-, Wasser-, Abwasser-, Gas- und Stromleitungen einer Gemeinde, einer Stadt oder eines Unternehmens.</i></p>
Wirkungsgrad	<p><i>Der Wirkungsgrad einer technischen Anlage beschreibt das Verhältnis zwischen Nutzenergie und zugeführter Energie. Bei stationären Bedingungen ohne Verfälschung durch Speichereffekte kann der Wirkungsgrad auch als Verhältnis zwischen Nutzleistung und zugeführter Leistung bestimmt werden. Im vorliegenden Leitfaden wird der Begriff des Wirkungsgrades für einen über die Leistungen bestimmten Momentanwert oder einen über eine kurze Betrachtungsdauer ermittelten Wert verwendet. Zur Bewertung des Anlagenbetriebs über einen längeren Betrachtungszeitraum beschreibt der Nutzungsgrad das Verhältnis zwischen der über den Betrachtungszeitraum aufsummierten Nutzleistung zu der über den Betrachtungszeitraum aufsummierten, zugeführten Leistung (siehe auch Nutzungsgrad).</i></p>
Zentralheizung	<p><i>Eine Zentralheizung dient zur Wärmeversorgung eines Gebäudes durch einen zentralen Wärmeerzeuger.</i></p>
Zweigleitung	<p><i>Verteil- oder Zweigleitungen sind Abgänge von den Hauptleitungen zu einzelnen Verbrauchergruppen.</i></p>

1.8 Arbeitssicherheit

Die Arbeitssicherheit ist immer in der Verantwortung der Bauherrschaft und kann nicht delegiert werden.

Die Arbeitssicherheit und der Gesundheitsschutz sind in jeder Situation zu gewährleisten. Das „Bundesgesetz über die Unfallversicherung“ (UVG), die „Verordnung über Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten“ (VUV) und die „Verordnung über die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer bei Bauarbeiten“ (BauAV) geben dazu den gesetzlichen Rahmen. Die SUVA veröffentlicht regelmässig Broschüren und Richtlinien zur Umsetzung dieser Gesetze. Sie sind unbedingt einzuhalten und alle Betroffenen sind entsprechend zu informieren. Zudem sind die Richtlinien der Polizei für die Absperrung und Signalisation von Baustellen zu befolgen, um auch die Sicherheit Dritter zu gewährleisten.

Verantwortung von Auftraggeber und Auftragnehmer

Der Auftraggeber trägt die Gesamtverantwortung für die Arbeitssicherheit.

Der Auftraggeber trägt die Gesamtverantwortung für die Arbeitssicherheit und den Gesundheitsschutz. Der Arbeitgeber ist verpflichtet, zur Verhütung von Berufsunfällen und Berufskrankheiten alle notwendigen, dem Stand der Technik entsprechenden Massnahmen zu treffen. Mit der konsequenten Umsetzung der Anforderungen und Abläufe ist sichergestellt, dass Gefährdungspotenziale erkannt und Sicherheitsmassnahmen umgesetzt werden. Damit wird eine kontinuierliche Verbesserung der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes erreicht.

Zusammenarbeit mit Auftragnehmern und Fremdfirmen

Die Form der Zusammenarbeit muss vor Projektstart geregelt sein.

Der Auftragnehmer trägt die alleinige Verantwortung dafür, dass die vorgeschriebenen Sicherheitsvorschriften und benötigten Schutzmittel in genügender Anzahl und einwandfreiem Zustand vorhanden sind und das Personal die Anwendung der Sicherheitsbestimmungen kennt. Die werkspezifischen Vorgaben gelten für Unternehmer, Subunternehmer, Projektierung und Bauleitung.

Beihilfen und temporäre Mitarbeiter sind bezüglich der Arbeitssicherheit den Auftragnehmern gleichgestellt. Entsprechend müssen Fremdfirmen bei der Auftragsvergabe auf besondere Gefahren vor Ort, wie z.B. Gefahren und Hindernisse im Untergrund oder im Verkehrsbereich, aufmerksam gemacht werden.

1.9 Personalqualifikation

Für alle Arbeiten im Zusammenhang mit Fernwärmenetzen ist qualifiziertes Personal einzusetzen. Von der Planung (entsprechend ausgebildete Ingenieure) über den Bau (z.B. zertifizierte Schweißer) bis zum Betrieb und der Instandhaltung dürfen nur Personen eingesetzt werden, die für die entsprechenden Aufgaben ausgebildet wurden und über die spezifischen Sicherheitsmassnahmen informiert sind. Unternehmen haben auf Verlangen die Eignung ihres Fachpersonals und gegebenenfalls ihrer Qualitätssicherungen nachzuweisen.

Die Qualifikation über alle Bereiche von der Planung, Projektierung und Ausführung bis zum Betrieb muss definiert werden.

2. Fernwärme/Fernkälte – Langfristziele

Resümee

Die Energiestrategie 2050 des Bundes bezieht sich auf Energie als Ganzes. Wegen des enormen Anteils an thermischer Energie (Wärme, Kälte) ist die geforderte Energiewende aber zugleich eine Wärmewende. Wie diese erreicht werden kann, wird erstmals als Beitrag des VFS mit dem „Weissbuch Fernwärme“ aufgezeigt. Nah- und Fernwärme auf Basis erneuerbarer Energieträger erlauben langfristig eine Deckung von 38 % der schweizweiten Wärmenachfrage. Die verwendeten Berechnungstools berücksichtigen dabei geeignete Wärmequellen und benachbarte Nachfrage-Cluster schweizweit. Der Clusterbildung werden wettbewerbsfähige Wärmekosten zugrunde gelegt, so dass die Ergebnisse realitätsnah sind.

Das „Weissbuch Fernwärme“ wird in diesem Kapitel sehr komprimiert dargestellt.

2.1 Energiestrategie 2050 des Bundes

Im Energie- und Umweltbereich haben Bundesrat und Parlament 2011 weitreichende Entscheide gefällt. Einerseits wurde mit dem CO₂-Gesetz eine inländische Reduktion der CO₂-Emissionen von 20 % bis 2020 bzw. 50 % bis 2030 gegenüber 1990 festgelegt, andererseits mittelfristig der Ausstieg aus der Kernenergie beschlossen. Damit steht in der Schweiz neben anspruchsvollen Effizienzmassnahmen ein grosser Umbau der Energieversorgung an, welcher unter anderem einen massiven Ausbau der Nutzung von erneuerbaren Energien bedingt. Im Wärmebereich bedingt die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien vor allem in dichter bebauten Räumen den Einsatz von Wärmeverteilnetzen, da es ohne diese nicht möglich ist, die Energie der verfügbaren Wärmequellen den Nutzern zur Verfügung zu stellen. Beispiele dafür sind die Nutzung von geographisch gebundenen Abwärmequellen aus Kehrlichtverbrennungsanlagen (KVA), Abwasserreinigungsanlagen (ARA) oder der Industrie sowie Wärmenutzung aus Grund- oder Oberflächenwasser. Weiter gehören auch Anlagen dazu, welche gröszenbedingt auf einen hohen Wärmeabsatz angewiesen sind, wie zum Beispiel tiefe Geothermie oder grosse Biomasseanlagen.

Ziele Energiestrategie 2050 ohne massiven Ausbau der Nah- und Fernwärme/Fernkälte nicht umsetzbar

2.2 Beitrag der Fernwärmewirtschaft

Den Vorgaben der Energiestrategie 2050 möchte der VFS die langfristigen Möglichkeiten der Fernwärme/Fernkälte gegenüberstellen. Diese Darstellung erschöpft sich nicht in der Postulierung von undifferenzierten Massnahmen; vielmehr wird geografisch differenziert und mit groben Bedarfszahlen untermauert nachgewiesen, in welchen Landesteilen mit welchen Gebietsclustern sinnvollerweise eine Fernwärmeversorgung aufbaubar wäre. Hierbei werden die geografische Lage und das Energie- und Leistungspotenzial von Wärmequellen (Abwärme, Kehrlichtverbrennungsanlagen, grosse Biomasseanlagen, Abwasserreinigungsanlagen, Grund- und Oberflächenwasser) berücksichtigt.

Zu den allgemein formulierten Zielen der Energiestrategie 2050 des Bundes nennt der VFS konkrete Massnahmen zur Umsetzung mittels Nah- und Fernwärme/Fernkälte.

Mit dem Projekt „GIS-Analyse und Potenzialstudie – Phase 2“ (sogenanntes „Weissbuch Fernwärme“) wurden erstmalig für die Schweiz Quellen erneuerbarer Energien und Abwärme mit dem Wärmebedarf von denkbaren Nah- und Fernwärmeversorgungen unter Berücksichtigung der geografischen Lage zueinander verknüpft. Gegenüber früheren Potenzialbetrachtungen wurden die Daten aktualisiert und als Novität Industrieabwärme sowie Umweltwärme aus Seen und Flüssen berücksichtigt.

Die Analyse erfolgte auf der Basis von statistischen, georeferenzierten Daten und unter Anwendung bekannter wirtschaftlicher und technischer Kriterien.

Das erste Ziel war herauszufinden, welcher Anteil des gesamtschweizerischen Wärmebedarfs für Raumheizung und Warmwasser langfristig in Gebieten liegt, welche wegen ihrer hohen Wärmeverbrauchsichte primär über Nah- und Fernwärme versorgt werden müssen, da eine Versorgung mit erneuerbaren Energien über Einzelheizungen nicht oder schlecht möglich ist. Der Zeithorizont der Betrachtung liegt bei 2050. Das zweite Ziel bestand darin, zu bestimmen, zu welchen Anteilen diese potenziellen Nah- und Fernwärmegebiete mit verschiedenen erneuerbaren Energiequellen versorgt werden können. Dazu sollte neben dem Potenzial der einzelnen Energiequellen auch die geografische Lage zu den Wärmenachfragegebieten berücksichtigt werden. Schlussendlich soll mit dieser Studie untersucht werden, welche Bedeutung Nah- und Fernwärmenetze für die Energiewende aufweisen.

„webGIS“, ein Tool zur Identifizierung von möglichen Nahwärmeverbunden, welches den Zufall durch Systematik ersetzt.

Der VFS will zusammen mit Partnern die Realisierung von solchen Nah- und Fernwärmenetzen, wo möglich auch Kältenetzen, zur sinnvollen Nutzung von erneuerbarer Energie und Abwärmequellen fördern. Hierzu wurde das Tool „webGIS“ des VFS entwickelt. Mit diesem interaktiven Tool steht ein Arbeitsinstrument zur Verfügung, welches das Potenzial erneuerbarer Nah- und Fernwärme abschätzt und die für die Nutzung geeigneten Gebiete identifiziert. Damit werden die Ergebnisse einem breiten Nutzerspektrum zugänglich gemacht, was die Umsetzung zu beschleunigen hilft.

2.3 Vision schweizerische Fernwärmeversorgung

Das „Weissbuch Fernwärme“ zeigt, dass langfristig 38 % der schweizerischen Wärmenachfrage über Nah- und Fernwärme aus erneuerbarer Energie gedeckt werden kann.

Die Vision einer schweizerischen Fernwärmeversorgung wird in der Auftragsarbeit des VFS „Weissbuch Fernwärme Schweiz – VFS-Strategie“ umschrieben und kann auf der Homepage des VFS als pdf-Datei bezogen werden. Nachfolgend die Bearbeitungsmethodik und die Resultate als Zusammenfassung:

Ausgangslage und Annahmen

Die Grundlage der Analyse bildet der Gebäudebestand von 2010. Um den zukünftigen Wärmebedarf abzuschätzen, gehen wir davon aus, dass, um die Ziele der schweizerischen Energiepolitik zu erreichen, eine langfristige Reduktion des Endenergiebedarfs für Raumheizung und Warmwasser um 50 %, bezogen auf 2010, notwendig ist. Eine Ausnahme ist die Industrie. Für sie setzen wir eine Reduktion von 20 % ein. In dieser Reduktion ist auch der Mehrverbrauch für die zu erstellenden Neubauten infolge des steigenden Bedarfs inbegriffen. Es wurden zudem keine Verdichtungen berücksichtigt. Damit ist die Analyse bewusst konservativ gehalten.

Bestehende Nah- und Fernwärmenetze konnten im webGIS, auf welchem das Weissbuch aufbaut, nicht berücksichtigt werden, da sie schweizweit gegenwärtig noch nicht in geeignetem Umfang erfasst sind. Ebenfalls nicht erfasst sind Erdgasnetze und lokale Energieplanungen. Angaben zu Gasanteilen in der Heizungsstruktur basieren auf der Befragung bei der letzten Volkszählung.

Vorgehen

Da die geografische Verteilung von Wärmenachfrage und Wärmeangebot eine zentrale Rolle spielt, wurde für die Analyse das GIS verwendet. Dabei wurden vorhandene Analysetools sowie neu entwickelte Algorithmen verwendet.

Die Verbrauchsdaten für Raumwärme und Warmwasser für die Kategorien Wohnen, Dienstleistung und Industrie (ohne Prozesswärme) standen mit einer Auflösung von 100 x 100 Meter (Hektar) für die ganze Schweiz zur Verfügung. In einem ersten Schritt wurden diese Verbrauchsdaten entsprechend den Annahmen für 2050 um ca. 50 % reduziert.

Aus diesen Hektardaten konnten anschliessend mit einem bestehenden, leicht modifizierten Wärmeverteilungskostenmodell mittels GIS-Analyse Nah- und Fernwärmegebiete (Cluster) identifiziert werden, in welchen sich Wärmeverteilungskosten von maximal 4,5 Rp./kWh ergeben. Damit lassen sich nach Erfahrungen aus der Praxis Wärmepreise für die Endkunden erzielen, die bei den heutigen fossilen Energiepreisen und der Internalisierung der externen Kosten fossiler Energieträger in vielen Fällen wirtschaftlich sein werden.

Vor der Zuordnung der Wärmequellen zu den identifizierten Nah- und Fernwärmegebieten musste deren Potenzial und Standort ermittelt werden. Dabei wurden folgende Wärmequellen berücksichtigt:

1. Kehrlichtverbrennungsanlagen (KVA)
2. Abwärme industrieller Prozesse (AW)
3. Grundwasser (GW)
4. Abwasserreinigungsanlagen (ARA)
5. Seen
6. Flüsse
7. Holz
8. Tiefengeothermie

Während die Nutzung der Wärmequellen 1–6 an deren Standort gebunden ist, sind Holz und petrothermale Geothermie geografisch ungebunden und können damit überall eingesetzt werden.

Im letzten Schritt wurden schliesslich mit dem entwickelten GIS-Modell den identifizierten Nah- und Fernwärmegebieten erneuerbare Wärmequellen zugeordnet.

Investitionen und Wirtschaftlichkeit erneuerbare

Fernwärme 2016 bis 2050

Jährlich werden, im Vergleich zu den Installationen von fossilen Feuerungen, durchschnittliche Mehrinvestitionen von ca. 350 Mio. CHF notwendig sein. Dies entspricht etwa einer jährlichen Zunahme von 5 % des heutigen Umsatzes im Bereich der Gebäudetechnik. Der Wirtschaftlichkeitsvergleich Nahwärmeausbau versus fossile Einzelheizungen wird in zwei Zeitebenen geführt:

- Kostenbasis 2016
- Mittelkosten 2016 bis 2050

Primäre Wärmequelle	Wärmebedarf TWh/a	Leistung MW	spez. Invest Mio. Fr./MW	Total Invest Mio. Fr.	Invest/Jahr Mio. Fr.
Grundwasser	1.9	950	2.3	2190	63
Seewasser	5.1	2550	2.5	6380	182
Flusswasser	1.8	900	2.4	2160	62
ARA	1.9	950	2.2	2090	60
Erdsonden	1.3	650	4.0	2600	65
KVA	3.6	1800	2.1	3780	95
Holz	1.7	850	2.2	1870	62
Total	17.3	8650		21 070	589
Wärmeerzeugung fossil 100 kW	17.3	8'650	0.6	5190	236

Abbildung 2-1 Investitionen (Kostenbasis 2016) für erneuerbare Nahwärme und fossile Erzeugeranlagen

Quelle: HP. Eicher, Referat Fernwärme-Forum Biel, Januar 2017

Die folgende Abbildung 2-2 zeigt die Herleitung der Wärmekosten (CHF/MWh) mit Kostenbasis 2016:

Primäre Wärmequelle	Kapitalkosten Fr./MWh	Energiekosten Fr./MWh	W+U kosten Fr./MWh	CO ₂ Fr./MWh	Wärmekosten(1) Fr./MWh
Grundwasser	70.0	43.0	15.0	2.1	130
Seewasser	76.0	45.0	17.0	2.1	140
Flusswasser	73.0	47.0	18.0	2.1	140
ARA	67.0	47.0	19.0	2.1	135
Erdsonden	117.0	50.0	16.0	2.1	185
KVA	61.0	59.0	13.0	2.1	135
Holz	72.0	56.0	20.0	2.1	150
Wärmeerzeugung fossil 100 kW	23.0	88.0	11.0	21.0	135

Abbildung 2-2 Wirtschaftlichkeit – Kostenbasis 2016

Quelle: HP. Eicher, Referat Fernwärme-Forum Biel, Januar 2017

Abbildung 2-3 zeigt die Herleitung der Wärmekosten (CHF/MWh) als Mittel der Jahre 2016 bis 2050:

Primäre Wärmequelle	Kapitalkosten Fr./MWh	Energiekosten Fr./MWh	W+U kosten Fr./MWh	CO ₂ Fr./MWh	Wärmekosten(1) Fr./MWh
Grundwasser	70.0	66.0	15.0	3.7	155
Seewasser	76.0	68.0	17.0	3.7	165
Flusswasser	73.0	70.0	18.0	3.7	165
ARA	67.0	70.0	19.0	3.7	160
Erdsonden	117.0	73.0	16.0	3.7	210
KVA	61.0	82.0	13.0	3.7	160
Holz	72.0	109.0	20.0	3.7	205
Wärmeerzeugung fossil 100 kW	23.0	134.0	11.0	37.0	205

Abbildung 2-3 Wirtschaftlichkeit – Kostenbasis 2016 bis 2050
Quelle: HP. Eicher, Referat Fernwärme-Forum Biel, Januar 2017

Berechnungsgrundlagen für Abbildung 2-2 und Abbildung 2-3 sind:

- Kapitalzins Real: 5 % p.a.
- Abschreibezeiten Fernwärme-Anlagen: 30 bis 40 Jahre
- Abschreibezeiten Öl- und Gasfeuerungen: 22 Jahre
- Individuelle Primärenergiepreise
- CO₂-Abgaben

Resultate

Geeignete Nah- und Fernwärmegebiete (Cluster)

Die Zusammenführung von Wärme-Hektaren mit ausreichenden Wärmedichten führt zu rund 5'500 geeigneten Clustern. Dabei weisen rund 10 „Mega-Cluster“ einen Bedarf von 100 bis 1'400 GWh aus. Der Komfortwärmebedarf von heute 85 TWh pro Jahr reduziert sich bei unseren Annahmen im Jahr 2050 auf 45 TWh/a.

Davon können in den oben genannten Clustern 17 TWh/a abgesetzt werden. Dies bedeutet, dass in Zukunft mit geeigneten Rahmenbedingungen bis zu 38 % des gesamtschweizerischen Wärmebedarfs für Raumheizung und Warmwasser wirtschaftlich über Nah- und Fernwärmenetze versorgt werden können (Abbildung 2-4).

Der Raumwärmebedarf wird sich von heute bis 2050 fast halbieren. Von dem für 2050 prognostizierten Wärmebedarf von 45 TWh/a kann die Nah- und Fernwärme 17 TWh/a (38 %) aus erneuerbarer Energie beitragen.

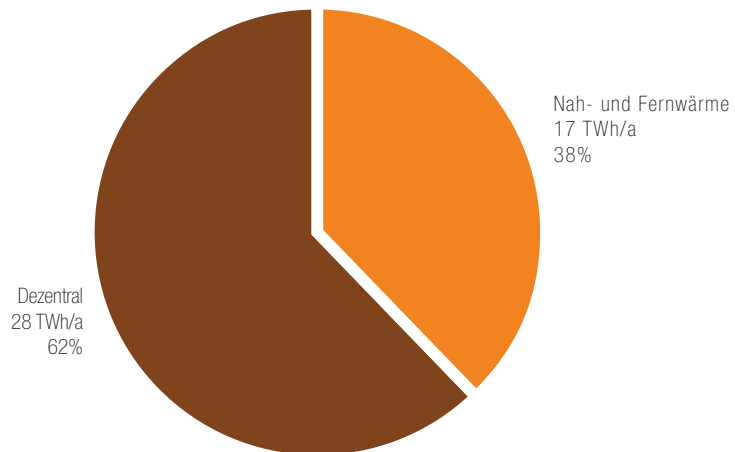


Abbildung 2-4 Potenzial Nah- und Fernwärme (Jahr 2050)
Quelle: HP. Eicher, Referat Fernwärmeforum Biel, Januar 2017

Potenziale erneuerbarer Energien

Das Potenzial der betrachteten erneuerbaren Energien liegt bei total 238 TWh/a und übersteigt damit den Bedarf im 2050 um den Faktor 5.

Erstaunlich ist das grosse Wärmepotenzial, das bei den Seen ausgemacht werden konnte. Die Tatsache, dass Seewasser auch zur Kühlung genutzt werden kann, macht es für die Energienutzung umso interessanter. Der zusätzliche Nutzen für die Kühlung konnte nicht berücksichtigt werden, da in den zur Verfügung stehenden Verbrauchsdaten keine Angaben über den Kühlbedarf vorhanden sind.

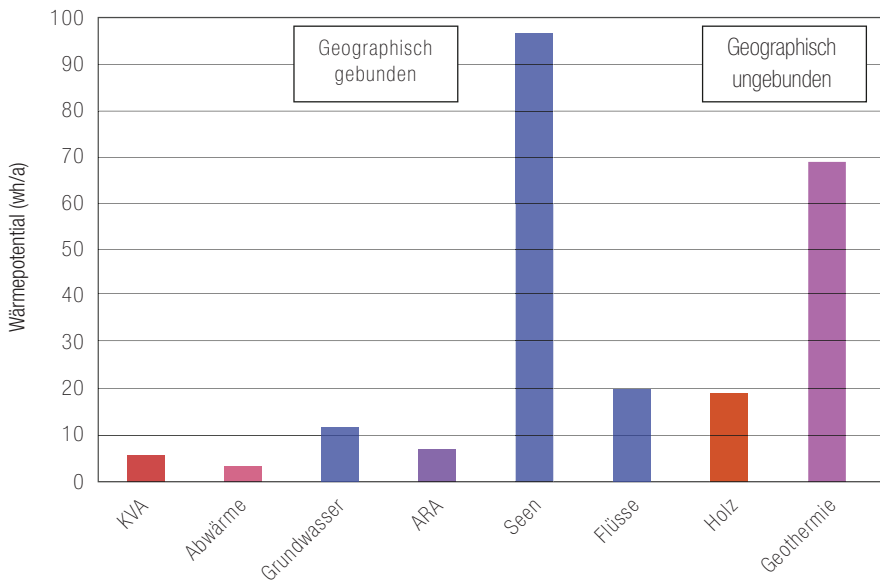


Abbildung 2-5 Wärmepotenzial der betrachteten Energiequellen
Quelle: HP. Eicher, Referat Fernwärme-Forum Biel, Januar 2017

Das Abwärmepotenzial aus industriellen Prozessen konnte nur grob abgeschätzt werden, da ausser vom Kanton Wallis keine genauen Erhebungen bekannt sind. Das erhaltene Potenzial von 3,6 TWh/a ist erheblich und in etwa mit der Abwärme aus Kehrlichtverbrennungsanlagen vergleichbar.

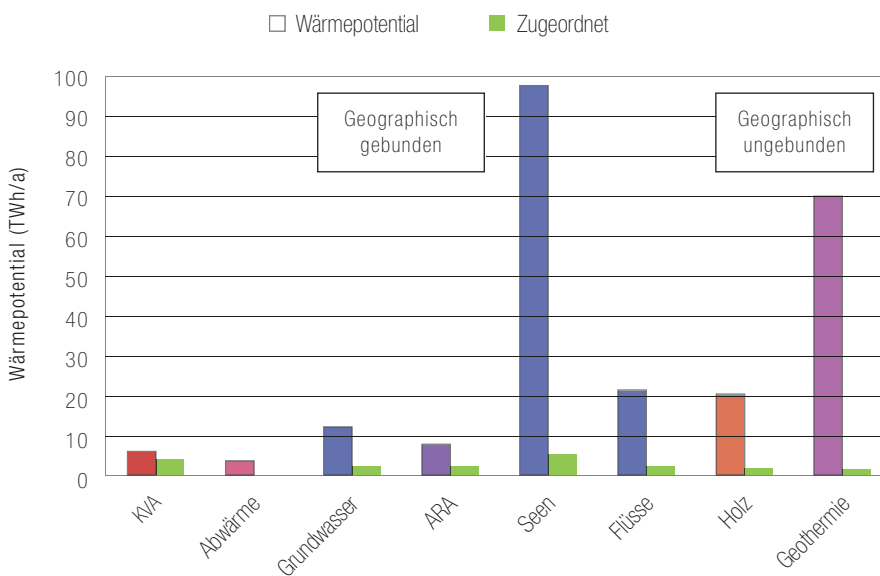


Abbildung 2-6 Anteil Nah- und Fernwärme an Wärmequellen
Quelle: HP. Eicher, Referat Fernwärme-Forum Biel, Januar 2017

Zuordnung der Potenziale zu den Nah- und Fernwärmegebieten

Nachfolgend sind die für Nah- und Fernwärme erforderlichen Energiemengen den vorhandenen Potenzialen erneuerbarer Energien zugeordnet. Die Zuordnung erfolgte dabei gemäss der im Hauptbericht dargelegten Priorisierung und Algorithmen.

Wärmequelle	Wärme-potential (TWh/a)	Zugeordnet (TWh/a)	Deckung an FW
KVA	5.7	3.6	21%
Direkte AWN	3.6	Nicht zu-geordnet	Nicht zu-geordnet
Industrie			
Grundwasser	12.2	1.9	11%
ARA	7.7	1.9	11%
Seen	97.0	5.1	29%
Flüsse	21.3	1.8	10%
Holz	20.5	1.7	10%
Geothermie	70.0	1.3	8%
Total	238.0	17.3	100%

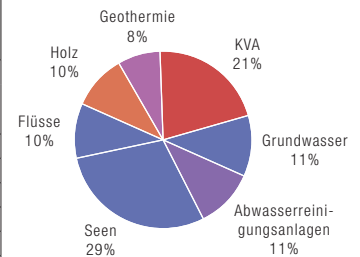


Abbildung 2-7 Segmente erneuerbarer Wärme am Wärmebedarf 2050
Quelle: HP. Eicher, Referat Fernwärme-Forum Biel, Januar 2017

Unter den getroffenen Annahmen können die gesamten 17 TWh/a der potenziellen Nah- und Fernwärmegebiete (Abbildung 2-4) mit den vorgestellten erneuerbaren Wärmequellen versorgt werden. Die Aufteilung auf die verfügbaren Energiequellen ist in Abbildung 2-7 dargestellt.

Das Abwärmepotenzial der aktuellen Kehrlichtverbrennungsanlagen kann wirtschaftlich mit Wärmeverbunden teilweise ausgeschöpft werden. Ein Teil der untersuchten Standorte haben zu lange Distanzen zu den Clustern, um mit ihnen verbunden zu werden. Die Abwärme geht dort ungenutzt verloren. Dieser Verlust könnte reduziert werden, wenn der Abfall zukünftig vermehrt dort verbrannt wird, wo eine höhere Abwärmenutzung möglich ist.

Die Abwärmepotenziale der Industrie konnten wohl mit Modellbetrachtungen allgemein abgeschätzt werden, mussten jedoch wegen fehlender Lokalisierung vorerst aus der Clusterzuteilung ausgeklammert werden. Hier sind zusätzliche Abklärungen notwendig, um die Bedeutung des wirtschaftlich interessanten Potenzials der industriellen Abwärmenutzung besser einschätzen zu können.

Bisher kaum in Betrachtung gezogen wurde die Wärmenutzung aus Seen und grossen Fließgewässern, welche zusammen 6,9 TWh/a Umweltwärme liefern können, was 39 % der gesamten erneuerbaren Nah- und Fernwärme ausmacht. Zusammen mit dem Grundwasser, welches zur gleichen Kategorie erneuerbarer Wärmequellen gehört, ergeben sich sogar 8,8 TWh/a, respektive 50 % der gesamten Nachfrage. Berücksichtigt man noch die Tatsache, dass diese drei erneuerbaren Wärmequellen gleichzeitig auch erneuerbare Kältequellen sind, zeigt dies die zentrale Bedeutung dieses bisher noch vernachlässigten, erneuerbaren Energieträgers.

Nach Berücksichtigung der Abwärmenutzung aus Abwasserreinigungsanlagen, welche knapp 2 TWh/a oder 11 % beitragen kann, fehlen noch 3 TWh/a, um die gesamte Nachfrage in den potenziellen Nah- und Fernwärmegebieten decken zu können. Zur Deckung dieses Fehlbetrags bestehen verschiedene Optionen:

- Ein noch unbekannter Teil kann die Abwärmenutzung aus industriellen Prozessen beitragen. Bevor eine entsprechende Abschätzung möglich ist, muss aber noch eine Potenzialabklärung mit geographischer Zuordnung erfolgen.
- Längerfristig könnte auch die Geothermie einen Anteil liefern. Die Voraussetzung ist allerdings, dass die Kosten auf ein bezahlbares Niveau sinken. Dann wäre auch denkbar, dass in den bereits aufgebauten Nah- und Fernwärmenetzen die Geothermie den Teil der anderen erneuerbaren Energieträger oder Abwärmenutzungen ersetzen könnte.
- Holz kann überall eingesetzt werden. Da es aber zu wertvoll für reine Raumheizung und Warmwasseraufbereitung ist, sollte es möglichst nicht, oder nur bei gleichzeitiger Stromerzeugung, eingesetzt werden.
- Ein Teil des fehlenden Deckungsanteils ergibt sich zudem in Clustern mit einem Wärmeleistungsbedarf von unter 500 kW. Diese könnten auch in kleinen Wärmeversorgungen mit bivalenten Anlagen gedeckt werden, die mit Erdsonden oder sogar mit Aussenluft als Wärmequelle arbeiten.

Anwendbarkeit der Ergebnisse

Die gewählte Vorgehensweise hat klar ihre Grenzen und kann zum Beispiel nicht mit einer regionalen Energierichtplanung verglichen werden. So konnte nicht auf lokale Versorgungsstrategien oder bereits vorliegende Verbundnetze eingegangen werden. Die individuellen Vorortbedingungen, die oftmals die besonderen Chancen einer Nahwärme- / -kälteversorgung begünstigen oder erschweren, müssen zwingend miteinbezogen werden.

Die erhaltenen Resultate liefern aber trotzdem eine interessante, gesamtschweizerische Sicht, welche noch verfeinert und lokal an die bestehende wirtschaftliche Gegebenheit angepasst werden muss. Vor allem dann, wenn an einem Standort mehrere Wärmequellen miteinander in Konkurrenz stehen, so zum Beispiel Umweltwärme aus Seen und Abwärme aus Abwasserreinigungsanlagen. Ein anderes typisches Beispiel ist Umweltwärme aus Grundwasser sowie Abwärme aus Kehrlichtverbrennungsanlagen.

Verschiebungen zwischen den einzelnen Wärmequellen werden sich auch noch ergeben, wenn zum Beispiel der Kältebedarf berücksichtigt wird, da nicht alle Wärmequellen gleichzeitig auch die gleiche Eignung als „Kältequellen“ aufweisen.

Die ermittelten Nah- und Fernwärmegebiete müssen auch nicht zwingend als solche umgesetzt werden. Es kann durchaus sein, dass vereinzelt Lösungen mit Einzelheizungen auf der Basis erneuerbarer Wärmequellen wirtschaftlich attraktiver sind.

Das Weissbuch Fernwärme zeigt mit Horizont 2050-2060 das theoretische Entwicklungspotenzial der Nah- und Fernwärme.

2.4 Umsetzungshemmnisse

Erdgasnetz

Alle in der Branche Beteiligten werden aufgerufen, dazu beizutragen, dass Umsetzungshemmnisse überwunden werden können.

Die potenziellen Fernwärme-Cluster mit hoher Wärmedichte sind häufig mit Erdgas versorgt. Hier tragen folgende Massnahmen zur Interessenentflechtung bei:

- Der Energieplan der Stadt/Gemeinde regelt eindeutig Gebiete für Gas- und Fernwärmeversorgung.
- Die Stadt- bzw. Gemeindewerke regeln ihre Vorranggebiete für Gas- und Fernwärme als Querverbundunternehmen im eigenen Haus.

Eine unkoordinierte Erschliessung von Gebieten mit Fernwärme bei bestehender Gasversorgung verursacht Fehlinvestitionen in die Wärmeinfrastruktur und sollte vermieden werden.

Entscheidungsgrundlagen

- Energiepolitische Entscheide benötigen Entscheidungsgrundlagen. Sinnvollerweise ist das der Energierichtplan der Stadt oder Gemeinde.
- Die Kantone bestimmen, welche Städte und Gemeinden einen Energierichtplan bis wann zu erstellen haben.
- Parteipolitisch motivierte Umsteuerungen im Wechsel der Legislaturperioden sind bei den Stimmbürgern wenig vertrauensbildend und für Investoren nicht tragbar. Energiepolitische Entscheide sollten deswegen langfristig verankert werden.

Risikodeckung

- Vereinzelt scheitern sinnvolle Projekte an einem aussergewöhnlichen Risiko, welches weit über das übliche Unternehmensrisiko hinausgeht und nicht vom Bauträger beeinflusst werden kann.
- Es handelt sich um wenige Einzelfälle, die aber wegen der negativen Ausstrahlung unbedingt in Zukunft vermieden werden müssen.
- Öffentliche Körperschaften, Investoren, potenzielle Wärmekunden haben hier gleichgerichtete Interessen, lediglich die kaufmännische Risikobetrachtung ist das Hemmnis.
- Verbände wie der VFS und die AEE arbeiten derzeit an Lösungen für diese Probleme.

2.5 Massnahmen zur Zielerreichung

Um die Fernwärmeausbauziele zu erreichen, sind Anstrengungen aller Beteiligten notwendig. Beteiligte in diesem Sinn sind vor allem:

- Politiker bei Bund, Kantonen und Gemeinden
- Bundesamt für Energie, Bundesamt für Raumentwicklung ARE, Energiefachstellen der Kantone
- Fernwärmemarketing:
 - Allgemeine Verbreitung von Fernwärme- / Fernkälte-Konzepten (Viele wissen noch nicht, was das ist.)
 - Projektspezifisches Marketing durch Betreiber und Investoren
- Verbände (VFS, Städte- und Gemeindeverband, AEE, SVGW, Dachverband Infra-watt, Schweizerische Vereinigung für Geothermie (SVG), Holzenergie Schweiz, Swisspower)
- Energieversorger (Stadtwerke, Gemeindewerke, Contractoren)

Wirkungsvolle Einzelmassnahmen der Beteiligten können sein:

Politische Ebene (Bund, Kantone, Gemeinden)

- Unterstützung der leitungsgebundenen Wärme- und Kälteversorgung, dort wo sie angebracht ist. (Nicht jedes Projekt verdient es, gefördert zu werden.)
- Vermeidung von widersprüchlichen Massnahmen: In der Vergangenheit wurde einerseits gefördert, durch andere Verordnungen aber wieder blockiert oder behindert.
- Das allgemeine Fernwärme-Marketing sollte auf dieser Ebene zumindest gefördert werden.
- Wärme-/Kälteversorgungsprojekte brauchen vor allem Planungssicherheit durch klare politische Rahmenbedingungen. Je längerfristig diese festgelegt sind, desto erfolgreicher werden Investitionen in thermische Netze erfolgen.

Behörden (BFE, Energiefachstellen)

- Finanzielle Förderung wäre besser langjährig mit kleineren Raten angelegt, als kurzzeitige hohe Förderung ohne Langzeitgarantie
- Transparente Abstimmung der Fördermassnahmen zwischen den förderalen Ebenen

Fernwärmemarketing

Hier ist ein generelles Defizit feststellbar. Um Fernwärme/Fernkälte in seiner Ausbreitung zu fördern, was das Ziel aller Beteiligten sein sollte, sind wesentlich mehr Anstrengungen aller Beteiligten notwendig.

Stellvertretend verweisen wir auf die Stellung der Fernwärme in Österreich. In einer repräsentativen Umfrage in der Bevölkerung hatte diese Energieversorgung:

- einen hohen Bekanntheitsgrad,
- ein gutes Image und
- eine positive Wahrnehmung für den Fall einer Anschlussmöglichkeit.

Wir meinen, dass das auch das Ziel in der Schweiz sein sollte.

Der Verband Fernwärme Schweiz (VFS) ist in der Beratung für zentrale Marketingaufgaben gern behilflich und unternimmt selber Aufgaben diesbezüglich.

Verbände

Verschiedene Verbände in der Schweiz befassen sich mit der Wärmeversorgung, leider bisher meist isoliert jeder für sich.

Der VFS hat die Situation erkannt und versucht die Aktivitäten der Verbände zu koordinieren und auf ein gemeinsames Fernziel zu lenken. Realistisch gesehen wird das Ziel aber nur teilweise umsetzbar sein.

Aus gleichem Grund wurde 2010 der Verein „InfraWatt“ gegründet, der Verein für Energienutzung aus Abwasser, Abfall, Abwärme und Trinkwasser. Er ist ein Zusammenschluss von VFS, VSA, VBSA und SVGW.

Für das allgemeine Marketing setzen sich die Verbände mit unterschiedlicher Intensität ein.

In der Verbandskoordination ist noch einiges zu leisten, dessen ist sich der VFS bewusst und arbeitet zielgerichtet daran.

Energieversorger

Energieversorger im Sinne von Querverbundunternehmen, reine Fernwärmeversorger und die Contracting-Unternehmen sind die eigentlichen Umsetzer der Fernwärmeausbauziele im Sinne der Energiestrategie des Bundes (vgl. „Weissbuch Fernwärme Schweiz“).

Diese Unternehmen sind Investoren und Betreiber der bestehenden und künftigen Wärme- und Kälteversorgungen. In begrenzten örtlichen Gebieten, wo Fernwärme existiert oder aufgebaut werden soll, führen diese Unternehmen das projektspezifische Marketing durch. Damit sind diese Unternehmen Gesprächspartner aller bestehenden wie auch künftigen Wärme- / Kältekunden.

3. Fernwärmeumfeld

Resümee

Die Fernwärme ist Voraussetzung zur Nutzung diverser örtlich unterschiedlich verfügbarer Energieträger. Sie ist damit ein bedeutender Baustein der angestrebten Energiewende.

Die technisch-ökonomischen Vorteile der Nah- und Fernwärme werden erläutert. Hierbei wird auf Abwärmenutzung, Wärme-Kraft-Kopplung und die Nutzung des grossen Feldes der erneuerbaren Energieträger im Besonderen eingegangen. Akzeptanz, Hemmnisse und volkswirtschaftlicher Nutzen werden angesprochen. Voraussetzungen und Rahmenbedingungen der Fernwärme werden aus verschiedenen Blickwinkeln erläutert.

3.1 Voraussetzungen

Voraussetzung für die Energiewende

Sowohl die Klimaveränderung als auch die knapper werdenden fossilen Energievorräte erfordern einen Umbau des heutigen Energiesystems. Rationelle Energienutzung, verbesserte Wärmedämmung, Wärme-Kraft-Koppelung (WKK) und erneuerbare Energien werden dabei eine wichtige Rolle spielen.

Die Energiewende setzt eine Wärmewende voraus.

Eine Energiewende ist wegen des grossen Anteils der Wärme zugleich eine Wärmewende. Für die Umgestaltung des Wärmemarktes ist eine erhebliche Ausweitung des heutigen Nah- und Fernwärmeanteils eine unverzichtbare Voraussetzung. Es wird in der VFS-Studie „Weissbuch Fernwärme Schweiz“ nachgewiesen, dass bis in die Jahre 2050 bis 2060 ein Ausbau der Nah- und Fernwärme strukturell und wirtschaftlich möglich ist. Damit ist eine hervorragende Perspektive für eine zunehmende Verbreitung von Fernwärme aufgezeigt.

Voraussetzungen für einen Nahwärmeverbund

Nah- und Fernwärmeanlagen setzen immer die Verwendung von Energieträgern voraus, die ohne Wärmenetz nicht oder nur in sehr geringem Umfang nutzbar wären.

Die Sinnhaftigkeit einer Nah- und Fernwärme orientiert sich an der Wärmedichte und den örtlich verfügbaren Energieträgern.

Als Anhaltspunkte, um einen Wärmeverbund bzw. eine Nahwärmeversorgung in Betracht zu ziehen, sollten folgende Voraussetzungen vorhanden sein:

- eine Gruppe von Gebäuden bzw. Ortsteilen, für die eine zentrale Versorgung in Betracht kommt;
- eine nutzbare Wärmequelle (Abwärme, Kläranlage, grosser Kanalisationsstrang, See, Fluss) in nicht allzu weiter Entfernung;
- örtliche Gegebenheiten, wie eine bestehende Heizzentrale mit genügend Raum, um grössere Erzeugungseinheiten aufzunehmen und
- bereits bestehende Heizungs-Gebäudezusammenschlüsse, die besonders interessant sind, da diese die Wirtschaftlichkeit der Anlage positiv beeinflussen.

Energieholz ist ein ortsunabhängiger Energieträger und kann demzufolge überall verwendet werden, sofern die technischen Einrichtungen Platz finden (technische Vorabklärung).

Blockheizkraftwerke und Geothermie erfordern in der Regel ein Wärmenetz.

Eine wärmegeführte BHKW-(Wärme-Kraft-Kopplung-)Anlage ist ebenfalls an vielen Orten realisierbar. Die Motoren werden vorzugsweise mit Biogas betrieben, falls nicht verfügbar mit Erdgas. Erdgas hat dabei den Nachteil eines erhöhten CO₂-Ausstosses (wegen dem Koppelprodukt Strom und Wärme).

Eine Erdwärmennutzung (untiefe Geothermie) ist an vielen Orten realisierbar und für kleinere Versorgungsstrukturen geeignet. Tiefe Geothermie (Bohrtiefen > 800 m) ist wegen dem Fündigkeitsrisiko und der enormen Bohrkosten nur für grosse Anlagen in Betracht zu ziehen.

Rolle von Erdgas und Heizöl bei der Nah- und Fernwärme

Die Energieträger Erdgas und Heizöl werden zur Abdeckung der Redundanz (Betriebssicherheit bei Ausfall der Regelanlage) gebraucht und zur Deckung der Leistungsspitzen (bivalente Anlagen). Diese fossilen Energieträger haben aber nur einen Anteil von 10 bis 20 % der Jahresenergie.

Die Konstellation Heizöl- oder Gaskessel als alleinige Energieerzeuger für den Nahwärmeverbund zu betreiben, muss vermieden werden, da hier der besondere Vorteil einer effizienten Versorgung fehlt.

3.2 Vorteile der Fernwärme

Die Fernwärme ermöglicht die Nutzung diverser Energiequellen.

Die technisch-ökonomischen Vorteile von Nah- und Fernwärme folgen aus der Zusammenfassung mehrerer Wärmeverbraucher zu einem Grossabnehmer. Dadurch können Techniken der Wärmeerzeugung eingesetzt werden, welche für kleine Verbraucher entweder zu teuer oder technisch kaum realisierbar wären. Auch wären die bedeutenden Wärmequellen Kehrlicht und Abwärme und die bedeutenden Potenziale von Umweltwärme und Tiefen-Geothermie (Abbildung 3-1) ohne Nah- bzw. Fernwärmenetz nicht nutzbar.

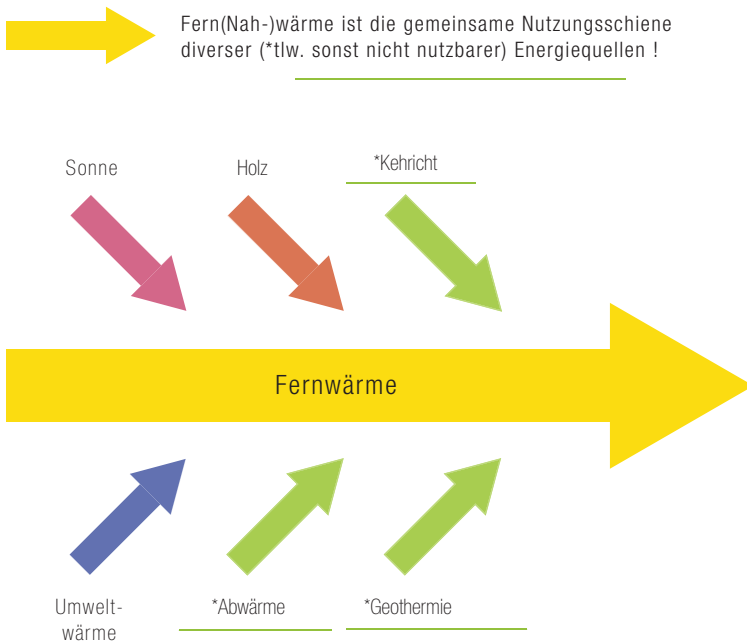


Abbildung 3-1 Fernwärme, die gemeinsame Nutzungsschiene diverser Energiequellen

Grosse Vorteile zeigen sich auch bei der Nutzung von WKK beim Einsatz von erneuerbaren Energien, in der Anpassungsfähigkeit bei sich ändernden Wärmeerzeugungstechniken (Wärmenetz ist immer erforderlich) und im Komfort für den Endkunden.

WKK und Abwärmenutzung

Fossile Brennstoffe werden in thermischen Kraftwerken der Industrie in Strom umgewandelt. Die dabei anfallende grosse Menge an Abwärme kann nur genutzt werden, wenn sie durch Leitungen zu den Verbrauchern im weiten Umkreis geführt wird. Das Erfordernis von Wärmenetzen gilt gleichermassen für die Kernkraftwerke. Blockheizkraftwerke können zwar auf die Erfordernisse von Einzelverbrauchern dimensioniert werden. Aber auch hier ist es günstiger, wenn mehrere Verbraucher aus einem grösseren BHKW versorgt werden können, welches erstens einen höheren elektrischen Wirkungsgrad und zweitens geringere spezifische Kosten aufweist. Direkte Abwärmenutzung aus industriellen Prozessen ist ebenfalls ohne Fernwärmenetze nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich.

WKK-Anlagen haben eine hohe Energieeffizienz.

Die Abwärmenutzung ohne Wärmenetz ist nicht bzw. sehr eingeschränkt möglich.

Erneuerbare Energien

Die Zukunft gehört den erneuerbaren Energieträgern. Diese sind im bedeutenden Mass nur mit Nah- und Fernwärme nutzbar.

Für die umfassende Nutzung der für den Wärmemarkt relevanten erneuerbaren Energien Biomasse, solare Wärme, Niedertemperaturwärme (See, Flüsse, Grundwasser) und Geothermie sind Fernwärmenetze und die zugehörigen Erzeugungsanlagen unverzichtbar.

Biomasse

- a. Problematische Brennstoffe wie Stroh, Mist oder Rinde können nur in grossen Anlagen mit vertretbarem Aufwand für die Abgasreinigung genutzt werden.
- b. Die Brennholznutzung in automatischen Holzkesselanlagen hat den Vorteil, dass der Aufwand für die Aufbereitung des Brennstoffs und der Anlagenunterhalt geringer ausfällt als bei Kleinanlagen (Hackschnitzel statt Pellets).

Solare Wärme

Einen grossen Beitrag zum Wärmemarkt kann Sonnenenergie nur dann liefern, wenn im Sommer gesammelte Wärme bis in den Winter gespeichert wird. Dieses ist mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand nur mit grossen, saisonalen Wärmespeichern möglich, aus welchen ein ganzes Wohngebiet versorgt werden kann. Die Wirtschaftlichkeit muss in jedem Einzelfall geklärt werden.

Oberflächengewässer und Grundwasser

Die niedertemperaturige Wärme aus Seen, Flüssen und Grundwasser kann in Wärmezentralen mittels Wärmepumpen auf Gebrauchstemperatur für Raumwärme und Brauchwarmwasser gehoben werden. Die Wärmekunden werden über das Wärmenetz mit dieser Umweltenergie versorgt.

Oberflächengewässer und Grundwasser können sich auch für Fernkälte eignen. Die Fernkältenetze lassen sich wirtschaftlicher erstellen, wenn sie im Gleichschritt mit dem Fernwärmenetz erstellt werden.

Geothermie

a. Hydrothermale Anlagen:

Vorraussetzung für ein hydrothermales System ist das Vorhandensein einer ergiebigen wasserführenden Gesteinsschicht (Nutzhorizont), welche eine möglichst weite vertikale und laterale Verbreitung aufweisen sollte, um eine langfristige Nutzung zu gewährleisten. Das in diesem natürlichen Reservoir zirkulierende Thermalwasser kann je nach Förderrate und Temperatur zur Erzeugung von Strom und Wärme oder lediglich Wärme genutzt werden.

b. Petrothermale Anlagen:

Diese nutzen die Erdwärme, welche ca. 3 K pro 100 m Tiefe zunimmt. Anomalien der Erdkruste zeigen teils auch etwas höhergradige Werte, was einen Standortvorteil der Anlage bedeutet. Der grösste Vorteil dieser Technik besteht darin, dass das Risiko, kein Tiefenwasser (Aquifer) zu finden, nicht besteht. Um brauchbare Temperaturen für eine Stromerzeugung (ORC- oder Dampfturbine) zu erhalten, braucht es Bohrtiefen von 4'000 m und mehr. Zur Wärmenutzung müssen natürliche Risse im Gestein durch sehr grosse hydraulische Drücke geweitet werden, um einen Wärmeaustausch des in die Tiefe gepressten Wassers zu ermöglichen. Hierin und in der Gefahr der Auslösung von künstlichen Erdbeben liegen die Risiken dieser Technik.

c. Untiefe Geothermie:

Hierunter werden Erdwärmesonden verstanden, die meist bis in Tiefen von 200 bis 500 m angeordnet werden. Der Wärmebedarf bestimmt hierbei die Sondentiefe und -anzahl. Diese Technik ist in der Schweiz weit verbreitet. Ein Sondenfeld kann die Niedertemperatur-Energie für eine Nahwärme- und Kälteversorgung bereitstellen. Die Anwendung von Fernkälte ist hier besonders interessant, da die Wärme aus der Kühlung der Gebäude in den Untergrund geleitet wird und damit das Erdsondenfeld im Sommer regeneriert, was im Winter durch höhere Erdtemperatur die Anlage wirtschaftlicher macht. Für den Heizbedarf sorgen Wärmepumpen für den erforderlichen Temperaturhub.

Nachhaltigkeit und Umwelt

Die Vorteile der Nah- bzw. Fernwärme /-kälte zeigen sich auch in deren Beitrag zur Nachhaltigkeit und Umwelt, indem der Aufbau dieser Infrastruktur:

- eine Substitution fossiler Energieträger (Öl/Gas in Einzelheizungen) bewirkt;
- die Nutzung von Niedertemperatur-Abwärme mit einer günstigen Jahresarbeitszahl von ca. 4 (Verhältnis nutzbare Wärme zu eingesetzter elektrischer Energie) ermöglicht;
- die nachhaltige Nutzung einheimischer CO₂-neutraler Energie (Holz) ermöglicht;
- bei der Nutzung erneuerbarer Energien den CO₂-Ausstoss vermeiden lässt oder um über 90 % reduzieren;
- eine optimale Nutzung der Brennstoffe in Grossanlagen mit teilweiser Rauchgas-Wärmerückgewinnung ermöglicht und
- eine Emissions-Minimierung durch Filteranlagen (im Gegensatz zu Kleinanlagen) herbeiführt.

Fernwärme ist nachhaltig und umweltschonend.

Zukunftsoffen und flexibel

Eine Nah- bzw. Fernwärme-/kälteanlage ist kein starres Gebilde und bei sich ändernden Randbedingungen keinesfalls überflüssig, da:

- die Wärmeerzeugungstechnologie bei anderen Brennstoffen angepasst werden kann, das Verteilnetz aber nach wie vor erforderlich bleibt;
- die Endkunden ihre Flexibilität behalten, indem sie Ihren Vertrag bei veränderten Erfordernissen (z.B. kleinerer Leistungsbedarf infolge Nachdämmung und/oder solarer Einspeisung) anpassen können;
- neue Kunden jederzeit hinzukommen können;
- Bestandskunden je nach Wärmeliefervertrag sich abmelden können;
- die Betriebsbedingungen (z.B. Temperaturen und Druckverhältnisse) sich wandelnden Erfordernissen bis zu einem gewissen Mass anpassen können;
- Grosskunden mit Abwärme aus Prozessen auch nachträglich in das System eingebunden werden können (Liefer- und Bezugsverhältnis) und
- eine Nachrüstung der Erzeugeranlagen wegen sich ändernden Luftreinhalte- und/oder Lärmvorschriften für alle Kunden zentral erfolgt und diese dadurch entlastet werden.

Die Zukunft gehört den erneuerbaren Energieträgern. Diese sind in bedeutendem Masse nur mit Nah- und Fernwärme nutzbar.

Fernwärme ist flexibel und damit zukunftsoffen.

Komfort

Fernwärme ist „Komfortenergie“ Fernwärme wird auch „Komfortenergie“ genannt, weil:

- jedes Zentralheizungssystem anschliessbar ist;
- ein Kamin nicht erforderlich ist und damit optimalere Wohnungszuschneide möglich sind;
- das System wegen der Korrosionsvermeidung infolge der Wasseraufbereitung langlebig ist;
- die Umstellung von Einzelheizung auf Fernwärme schnell und einfach möglich ist;
- Fernwärme bei Wohnungsmietern einen hohen Stellenwert hat;
- ein Nah- bzw. Fernwärmesystem wegen der Erzeugungsredundanzen und professionellen Betriebsführung betriebssicher und damit die Versorgungssicherheit gegenüber einer Einzelheizung sehr viel besser ist;
- durch den Wegfall von Ölgeruch, Brennergeräuschen, Heizungsservice und Öltankrevision Komfort gewonnen wird;
- durch den Wegfall von Öltank und Heizkessel (z.B. Umnutzung zu Hobbyraum) Raum gewonnen wird;
- durch den Wegfall von Öllagern keine Gewässerrisiken entstehen und somit die Versicherung entfällt;
- kein Aufwand für den Heizungs- und Brennerservice, die Tankrevision, den Kaminfeger und die Emissionsmessung entsteht;
- der Verschärfung von Umweltgesetzen gelassen entgegengesehen werden kann, da diese nun den Fernwärmeversorger betreffen.

3.3 Wann lohnen sich Nah- oder Fernwärme

Sinnhaftigkeit der Fernwärme in Kürze

Diese Frage ist stets individuell zu klären, da örtliche Bedingungen, Erfordernisse und geografische Gegebenheiten einen entscheidenden Einfluss haben. Generell aber kann festgehalten werden, dass es sich lohnt, Nah- bzw. Fernwärme zu untersuchen, wenn einige der folgenden Situationen vorliegen:

- bei sonst nicht nutzbaren Energiequellen, z.B. Abwärmenutzung, tiefe Geothermie usw. (siehe Abbildung 3-1)
- zur Reduktion der Umweltbelastung (z.B. Luft, Ölriskien)
- bei genügend hoher Nachfrage und Anschlussdichte
- bei günstigen Energiebezugs- und/oder Brennstoffpreisen
- bei anstehenden Heizungs- und/oder Öltankernewerungen
- bei langfristig gesicherten Energieträgern- (z.B. Abwärme und Holz) und -preisen
- bei Überbauungen und Quartierprojekten

3.4 Akzeptanz und Ablehnung der Fernwärme

Die Fernwärme-Akzeptanz in der Schweiz ist seit Jahren im Steigflug, aber noch weit vom wünschbaren Zielwert entfernt.

Eine wichtige Randbedingung beim Ausbau der Fernwärme ist die Akzeptanz in der Bevölkerung.

In Skandinavien (z.B. Dänemark) nimmt der Wert eines Gebäudes zu, wenn es an der Fernwärme angeschlossen wird. Entsprechend hoch ist die Akzeptanz. In der Schweiz und Deutschland ist die Zustimmung zu Fernwärme regional stark unterschiedlich.

Gemäss einer Umfrage der Gaswirtschaft wird in Deutschland-West Erdgas mit grossem Abstand vor Fernwärme und Heizöl bei freier Wahl bevorzugt. In Deutschland-Ost dagegen liegt Fernwärme in der gleichen Umfrage vor Erdgas. Auch in der Schweiz kann immer wieder festgestellt werden, dass in Regionen, in denen Fernwärme bereits verbreitet ist, die Akzeptanz deutlich steigt.

Aus diesen Erkenntnissen kann abgeleitet werden, dass durch Informationskampagnen und sonstigem Marketing die Akzeptanz der Fernwärme/Fernkälte signifikant verbessert werden kann.

Im internationalen Vergleich liegt die Schweiz in den hinteren Rängen. Trotz einer vergleichsweise ungünstigen Bebauungsdichte sind in Dänemark mit zunehmender Tendenz 60 % aller Wohnungen mit Fernwärme beheizt. Der Marktanteil der Fernwärme in der Schweiz liegt bei 7 %, unter Einbezug vieler Kleinverbunde bei ca. 8-10 % (Schätzung).

Das VFS-Weissbuch (www.fernwaerme-schweiz) zeigt, dass bis in die Jahre 2050 bis 2060 alle fernwärmegeeigneten Siedlungsstrukturen der Schweiz mit erneuerbarer Energie mehrheitlich zu Marktpreisen versorgt werden können.

Die Ablehnung gegen einen forcierten Ausbau liegt an:

- der fehlenden oder ungenügenden Aufklärung der Hauseigentümer;
- den teilweise fehlenden finanziellen Anreizen für die Umrüstung von bestehenden Öl- und Gasheizungen zur Fernwärme;
- den noch weitgehend fehlenden Langfristgarantien in den energiepolitischen Aussagen für die Investoren;
- den hohen Anfangsinvestitionen bei langsamer Ausbaugeschwindigkeit ¹
- den mangelhaften Anschlussgraden ¹;
- dem grossen Nachteil, dass durch die kantonale Vielfalt sich ständig ändernden Fördermechanismen nicht erkannt werden und
- den wirtschaftlichen Partikularinteressen der etablierten Versorger. So kann zum Beispiel bei der Umstellung eines bisher gasversorgten Gebietes auf Nahwärme der Gasabsatz sogar steigen, wenn das Nahwärmenetz aus einem Gas-BHKW versorgt wird.

3.5 Volkswirtschaftlicher Nutzen

Der Aufbau einer Wärme-/Kälte-Infrastruktur hat neben den Sichtweisen der Investoren und Wärme/Kältekunden auch einen bedeutenden volkswirtschaftlichen Nutzen.

Der Volkswirtschaftliche Nutzen ist bedeutend und sollte im Fokus Aller bleiben.

Projekte der Nah- und Fernwärme/-kälte:

- sind weitsichtige Massnahmen zur Verbesserung der Standortqualität der Gemeinde;
- bringen der Region und der Schweizer Wirtschaft Wertschöpfung für den Bau und Betrieb der Anlagen;
- verhindern durch die Wertschöpfung „Wärme bzw. Kälte“ den Geldabfluss ins Ausland und
- reduzieren massiv die Versorgungsabhängigkeit vom Ausland (Öl- und Gasförderländer).

¹ wechselseitig mit den Massnahmen Marketing, Anreize für Endkunden, Wärmekundenakquisition etc zu sehen

3.6 Rahmenbedingungen

Voraussetzungen für Fernwärme/Fernkälte

Die Voraussetzungen sollten erfüllt sein.

Fernwärme wird aus Sicht der Wärmekunden gemessen am Mehrwert gegenüber dem bestehenden Heizsystem, also nicht nur am Preisvergleich. Hieraus abgeleitet ergeben sich folgende Voraussetzungen für ein Fernwärmeprojekt:

- Der Energieträger muss im Fall Heizwerke vollständig oder zumindest zu mehr als 80 % erneuerbar oder CO₂-neutral (Biomasse) sein.
- Der Energieträger kann auch Erdgas sein, wenn die Wärmeproduktion in einem Wärme-Kraft-Kopplungs-Prozess (WKK-Anlage) erzeugt wird.
- Wärmepumpen-Heizwerke sollten eine Jahresarbeitszahl von mindestens 3,0 haben.
- Auch Mischtechnologien (z.B. Wärmepumpen und solare Speicherung und Einspeisung, Öl-/Gaskessel als Spitzendeckung) werden sehr gut akzeptiert.
- In der Systemaufbau-Phase kann vorübergehend (1-2 Jahre) die Wärmeerzeugung mittels Ölkessel (z.B. Mobilheizzentralen) erfolgen, um bei genügend Anschlussleistung die vorgesehene Technik (z.B. Blockheizkraftwerk) zu installieren. Diese Massnahme sollte aber frühzeitig den potenziellen Kunden erklärt werden. Erfolgt dies nicht, gehen potenzielle Kunden von einer ölbetriebenen Fernwärme aus, mit fatalen Folgen für das Projekt.

Politisch

Wünschbare politische Rahmenbedingungen

Je besser und langfristig berechenbarer die politischen Rahmenbedingungen gestaltet sind, desto erfolgreicher können Nah- und Fernwärmeversorgungen aufgebaut werden (siehe Kapitel 2.5).

Die Projektförderung ist zwischen Bundesamt für Energie (BFE) und den Energiefachstellen der Kantone koordiniert. Anlaufstelle für die Projektförderung und Unterstützung sind die Energiefachstellen der Kantone (siehe auch Kapitel 7.5).

Die Fördermechanismen und die Fördermittelhöhe ist kantonale unterschiedlich, weswegen an dieser Stelle keine weitergehenden Ausführungen möglich sind. Der Verein „Infrawatt“ und der VFS ist für diese Fragen eine hilfreiche Anlaufstelle.

Eine wesentliche Rahmenbedingung ist der Energierichtplan der Gemeinde. In vielen Gemeinden existiert dieser bereits. Der Energierichtplan weist in vielen Fällen bereits Fernwärmegebiete aus, was für den Systemaufbau und die Wärmekunden-Akquisition sehr hilfreich ist.

Marktwirtschaftlich

- Eine frühzeitige Öffentlichkeitsarbeit (möglichst periodisch) erhöht nicht nur die Fernwärme-Akzeptanz, sondern auch die Bereitschaft, sich einem solchen System anzuschliessen (siehe auch Kapitel 2.5).
- Grössere Kunden (Schlüsselkunden) bilden in einem frühen Projektstadium mittels provisorischer Anschlussverpflichtung (letter of intent) ein Projektfundament, das weitergehende Projektkosten rechtfertigt (siehe auch Kapitel 5 und 6).
- Für einen späteren Baubeschluss ist eine ausreichende Wärmebedarfsdichte im Fernwärme-Versorgungsgebiet erforderlich (siehe auch Kapitel 4).
- Die Wärmegestehungskosten am Ende der Projektstudie bzw. des Vorprojektes sind auf die Marktfähigkeit hin zu bewerten. Ein gewisser Mehrpreis gegenüber der Öl-und/oder Gasheizung kann bei gutem Marketing und aktiver Kunden-Akquisition über den Mehrwert der Fernwärme akzeptiert werden (siehe auch Abb. 6-3).

Die marktwirtschaftlichen Bedingungen sind weitgehend selber beeinflussbar.

Wärmekundensicht

Es ist hilfreich, sich während der Projektarbeit die Wärmekundensicht immer wieder zu vergegenwärtigen. Wesentliche Erkenntnisse aus langjähriger Projektentwicklung sind:

Die Kunden müssen permanent „mitgenommen“ werden.

Die Wärmekundensicht wird beeinflusst durch wegbereitendes vorgängiges Projekt-Marketing; wer zu diesem Zeitpunkt Fernwärme bereits positiv wahrgenommen hat, bei dem ist die Anschlussbereitschaft wesentlich höher, als bei unvorbereiteter Konfrontation mit einer Fernwärme-Offerte. Diese würde zu einem reinen Preisvergleich führen.

Dem Wärmekunden muss erklärt werden, wo die Kostengrenzen bei der Einzelheizung (Kundenanlage) und der Fernwärme (Projekt) liegen. Es werden immer wieder fälschlicherweise Öl-/Gasbezugskosten mit Fernwärme-Jahreskosten verglichen. Auch die zeitliche Schnittstelle ist zu beachten, da oftmals unterjährig Energiebezugsrechnungen einem Preisvergleich zugrunde liegen. Der „Mehrwert“ eines Fernwärme-Anschlusses gegenüber der Einzelheizung ist in allen Punkten illustriert zu erklären.

4. Gebietsentwicklung

Resümee

Die Wahl eines Gebietes für Fernwärmeversorgung ist massgeblich durch die geographische Lage potenzieller Kunden bestimmt. Als kostenrelevant zeigen sich bei einer Versorgungsstruktur u.a. die Transportkosten. Diese setzen sich zusammen aus den jährlich anfallenden Kosten für die Investitionen, für den Betrieb und für die Energieverluste der Fernwärmeverteilung. Diese Kosten münden in eine Iteration der Gebietswahl. Dabei wird das Versorgungsgebiet auf Teilgebiete mit genügender Eignung für die Fernwärmeversorgung eingegrenzt. Möglichst geringe Distanzen des Wärmetransportes sind vorteilhaft.

Eine Projektentwicklung für eine Fernwärmeversorgung ist das Resultat einer Projektidee und dem daraus präzisierten Versorgungsgebiet. Die Gebietswahl ergibt sich aus dem Bedarf an Fernwärmeversorgung mit seiner zeitlichen und räumlichen Entwicklung. Ansätze zur Gebietswahl unterscheiden sich nach Neubaustrukturen, bestehenden Strukturen und Gebietserweiterungen.

4.1 Energieversorgung

Aus der Raumplanung resultierenden Leitsätze für die Art der Energieversorgung.

Der Leitfaden bezieht sich auf die Versorgung von Kunden mit leitungsgebundener thermischer Energie, d.h. mit Wärme und Kälte.

Dem Entscheid für eine Fernversorgung gehen politische, regionale und raumplanerische Schritte voran. Die kommunale Energieplanung erstellt mit der Raumplanung die Leitsätze für die Infrastruktur eines Gebietes und damit die Voraussetzungen für die Realisation einer Fernversorgungsstruktur. Gründe für eine Fernversorgung sind dabei eventuell vorhandene, naheliegende Energiequellen, lokale Emissionsziele oder Entwicklungsziele.

Module zur räumlichen Energieplanung von EnergieSchweiz für Gemeinden

Das Bundesamt für Raumentwicklung hat mit EnergieSchweiz für Gemeinden 9 Module zur räumlichen Energieplanung erstellt, die kommunalen Behörden als Hilfsmittel zur Verfügung stehen. Das Modul Nr. 6 bezieht sich dabei auf Wärmeverbunde. Das Modul Nr. 9 bezieht sich auf Konzessionen, Rechte und Pflichten bei Verbunden.

4.2 Gebietswahl

Von der Idee bis zur Ideenskizze

Die Idee für die Versorgung eines Objektes oder Gebietes mit leitungsgebundener Energie resultiert aus der Anforderung für die Versorgung, aus wirtschaftlichen Interessen, oder aus energie- bzw. umweltpolitischen Überlegungen. Die Idee zieht eine Findungsphase nach sich, aus der eine erste Ideenskizze resultieren kann.

Die Idee bzw. das Interesse für die Versorgung kann sich beziehen auf:

- einzelne Objekte
- die Erweiterung bestehender Versorgungsstrukturen
- die Erschliessung neuer Gebiete
- die Erschliessung von Gebieten mit bereits vorhandenen Versorgungsstrukturen

Auf dem Weg zur Ideenskizze stellt sich früh die Frage, ob eine Versorgung mit leitungsgebundener Energie, in unserem Falle mit Fernwärme/Fernkälte, der richtige Ansatz ist.

Die Wahl der Versorgungsart, zentral oder dezentral, muss im geeigneten Moment, und basierend auf belastbaren Argumenten, getroffen werden. Denn eine zu frühe Festlegung auf eine Versorgungsart kann später nur schwer wieder rückgängig gemacht werden. Es ist daher sehr wertvoll, die Kriterien der Versorgung zu einem frühen Zeitpunkt aufzustellen, um damit den Entscheid für die geeignete Versorgungsart treffen zu können.

Nach der prinzipiellen Überprüfung der Fernversorgung als geeignete Versorgungsart wird eine Ideenskizze erstellt. Diese enthält eine Gebietsauswahl, welche sich in einem ersten Schritt an folgenden Kriterien orientiert:

- Distanz zwischen Quelle und potenziellen Bezüglern
- Energieabsatzpotenzial
- Energiekosten
- örtliche Gegebenheiten (Geographie, Höhenunterschiede)

Die geographischen Gegebenheiten zeigen auf, ob die Distanz zwischen Quelle und Kunden technisch und organisatorisch unproblematisch über Versorgungsleitungen verbunden werden kann.

Die Ideenskizze eines Versorgungsgebietes beinhaltet

- die Idee der Versorgungsstruktur
- eine grobe Gebietsauswahl, Schlüsselkunden
- Kostenannahmen für Investitionen und Gesteuerungskosten

Kostenannahmen wie Richtgrößen für Trassekosten, Zinssätze, Abschreibungszeiten oder Kennziffern für Wirtschaftlichkeitsrechnungen sind im Kapitel 7 des Leitfadens aufgeführt.

Liegt nun eine Ideenskizze mit positiven Ergebnissen in Bezug auf die Realisierbarkeit und Wirtschaftlichkeit vor, wird auf deren Basis ein Versorgungskonzept erstellt. Im Rahmen einer Machbarkeitsuntersuchung wird die Gebietsauswahl verfeinert und in den folgenden Projektschritten bis zur Definition des Versorgungsgebietes ausgearbeitet.

Ergebnis der Gebietsbetrachtung sind die folgenden Kennziffern:

- Liniendichte: Auf die Trasselänge bezogener Jahreswärmebedarf in MWh/Tkm*a bzw. MWh/Tm*a.
- Wärmedichte bzw. Leistungsdichte: Auf eine Fläche bezogene maximale Wärmeleistung in MW/km². Siehe hierzu Kapitel 7 und Planungshandbuch Fernwärme.

Wahl der Versorgungsart: Fernversorgung oder Individualversorgung

Den Entscheid NICHT zu früh treffen. Den Entscheid auf Begründungen abstützen.

Die Ideenskizze für eine Versorgungsstruktur führt zu Vorstellungen für die Versorgungskosten.

Nach der Ideenskizze: Machbarkeitsanalyse zur Verifikation einer wirtschaftlichen Lösung

Typische Kennziffern: Liniendichte, Wärmedichte, Leistungsdichte

4.2.1 Neubaugebiet

Bedeutung Raumplanung, Energiefachstellen, Energierichtpläne

Im Falle der Gestaltung einer neuen Bebauungszone steht die Raumplanung im Vordergrund. Kommunen ab einer bestimmten Grösse verfügen über Energiefachstellen, die zusammen mit der Raumplanung kommunale Energierichtpläne erstellen. Energiefachstellen und Raumplanung koordinieren die Interessen und infrastrukturellen Erfordernisse und können den Interessenten einer Gebietserschliessung Unterstützung bieten (siehe Kapitel 3).

Ein völlig neu zu gestaltendes Gebiet kann so mit einem Energieversorgungskonzept versehen werden, das a priori kommunale und Nutzerinteressen vereint.

4.2.2 Neu zu erschliessendes Versorgungsgebiet

Bedeutung Schlüsselkunden und potenzielle, grössere Bezüger

Es bietet sich an, in einem neuen Versorgungsgebiet mit hoher Priorität Schlüsselkunden zu identifizieren, d.h. solche Kunden, die aufgrund ihrer Grösse, ihres Energiebedarfs, ihrer Anschlusswahrscheinlichkeit erheblich zu einem grossen Energieabsatz beitragen können. Danach werden potenzielle, grössere Kunden oder Gebiete grösseren Energiebedarfs identifiziert, die aufgrund des möglichen Absatzpotenzials interessant erscheinen.

Betrachtung Bebauungsstruktur

Nach der Identifikation wichtiger und grosser Verbraucher wird das zu betrachtende Gebiet auf seine Bebauungsstruktur hin betrachtet und dabei die auf die Gebietsfläche bezogenen Bedarfsparameter ermittelt.

4.2.3 Erweiterung einer bestehenden Versorgung

Prüfung Netzparameter, v.a. Netztemperaturen

Bei Vorliegen einer bestehenden Versorgungsstruktur muss für Erweiterungen davon ausgegangen werden, dass die Netzparameter und Versorgungsparameter der bestehenden Versorgung übernommen werden können. Vorteilhaft ist, wenn das Gebiet der Erweiterung vorwiegend Kunden umfasst, denen die identischen oder tiefere Netztemperaturen genügen. Vorteilhaft wäre gar eine tiefere Netzurücklauftemperatur im Gebiet der Erweiterung. Dadurch wäre gesamthaft eine Vergrösserung der Netzleistung möglich.

4.2.4 Netzverdichtung

Erhöhung des Energieabsatzes durch Netzverdichtung

Durch energetische Sanierungsmassnahmen resultieren in einem Versorgungsnetz mittelfristig geringere Netzleistungen. Dadurch können Leistungsreserven für weitere Anschlüsse verwendet werden. Durch Netzverdichtung kann der Anschlussgrad eines Netzes vergrössert werden. Netzverdichtung wird gefördert durch gezieltes Marketing, welches darauf ausgerichtet ist, in geographischer Nähe zum bestehenden Verbund weitere Kunden anschliessen zu können.

4.2.5 Umgang mit Sonderfällen

Sonderfälle in einem Versorgungsgebiet sind beispielsweise solche Verbraucher, die in Bezug auf die Energieversorgung gegenüber dem Netzstandard abweichende Ansprüche haben wie:

- Versorgungstemperatur Vorlauf
- Rücklauftemperatur durch Verbraucher nicht erreichbar
- Anforderungen an Verfügbarkeit

Ein Anschluss an den Verbund kann dabei nach Abwägung der erforderlichen individuellen Zusatzmassnahmen vereinbart werden.

So kann für einen individuellen Verbraucher mit einem Bedarf an erhöhter Vorlauftemperatur eine individuelle Nachheizung wirtschaftlich vorteilhafter sein als eine Anhebung der gesamten Netz-Vorlauftemperatur.

Eine allfällig erforderliche, verbraucherseitige Absenkung der Rücklauftemperatur erfordert Massnahmen wie:

- hydraulische Anpassung der Hausanlagen (evtl. Unterstützung durch Fernwärmebetreiber)
- energetische Sanierung des Konsumenten mit dem Ziel der Rücklaufsenkung
- aktive Rücklaufsenkung mittels Wärmepumpe (siehe Schriften Programm „Thermische Netze“, z.Zt. in Ausarbeitung)

Die erforderliche Verfügbarkeit und das Mass der Versorgungssicherheit in einem Wärmeverbund werden gewöhnlich zum Projektstart und nach Kenntnis der Bedarfssituation potenzieller Kunden festgelegt. Sollte ein Verbraucher eine erhöhte Verfügbarkeit beanspruchen, kann hierfür eine individuelle Lösung geschaffen werden wie

- Inselbetrieb mit Reservekapazitäten (Reservekessel)
- Vereinbarung Lastabwurf für den Verbund (kritische Verbraucher wie Spitäler etc. erhalten dadurch im Störfall oder bei Versorgungsengpässen bevorzugt Energie-lieferung)

4.3 Einflüsse auf Betriebskosten

Kapitel 4.3 beinhaltet die Einflüsse der Betriebs-, Energie- und Transportkosten auf die Wirtschaftlichkeit einer Wärme-/Kälteversorgung und damit die Einflüsse auf den Wärme-/Kältepreis. Einflüsse auf Betriebs- und Transportkosten sollten im Dialog mit potenziellen Kunden als Argumente für Empfehlungen herangezogen werden, insbesondere wenn diese Kosten durch das Kundenverhalten beeinflusst werden. Details zu Betrieb siehe Kapitel 8.

Sonderlösungen bei spezifischen Anforderungen

Prüfung auf Kompatibilität zum Verbund

Netztemperaturen und Verfügbarkeit

Hydraulischer Abgleich

Verfügbarkeit und Versorgungssicherheit

Energiekosten

Die Energiekosten hängen von der Höhe der Verluste, von der Art der Quelle und der Netztemperatur ab.

Die Energiekosten für die Wärme an der Quelle ergeben sich durch die Kosten für die Wärme, z.B. aus Kehrlichtverbrennungsanlagen oder aus Wärmepumpenanlagen oder zur Spitzendeckung. Die Kundenanforderungen und das Verbraucherverhalten können die Energiekosten beeinflussen. So haben die Anforderungen an die Vor- und Rücklauftemperaturen sowie die zeitliche Verteilung des Wärmebedarfs Auswirkungen auf die Energiekosten. Niedrige Vorlauf- und Rücklauftemperaturen führen zu geringeren Netzverlusten und bewirken einen geringeren Bedarf an Wärme an der Quelle und somit geringere Energiekosten.

Die Pumpenergie ist gewöhnlich spezifisch gering.

Die Kosten für Pumpenergie sind gewöhnlich spezifisch gering (elektrische Pumpenergie ca. 1 % der gelieferten Wärme).

Transportkosten

Transportkosten resultieren aus Investitionen, Energiekosten und Verlusten.

Ein Kriterium für die Höhe der Wärme-/Kältegestehungskosten sind die Transportkosten. Zwei wichtige Argumente um die Transportkosten gering zu halten sind:

- 1) Geringe Investitionen in den Leitungsbau
- 2) Geringe Wärme-/Kälteverluste

Mit dem Ziel niedriger Transportkosten für Wärme/Kälte werden folgende Aspekte bedeutend:

Möglichst kurze Trasselängen

- Leitungsführung, Länge
- angemessener Leitungsquerschnitt
- Ausführungsstandard, Dämmung
- zweckmässige Pump-Förderleistung

Die gesamte Leitungslänge zur Versorgung eines oder mehrerer Verbraucher sollte möglichst kurz gestaltet werden. Zwar müssen räumliche Restriktionen berücksichtigt werden, und die Verbindung zu mehreren Verbrauchern erfordert mitunter eine nicht geradlinige Verbindung, jedoch gilt als Maxime eine geringstmögliche Länge der Versorgungsleitungen. Dies impliziert auch, dass Parallelführungen von Trassen möglichst vermieden werden sollten. Dazu gehören auch Ringtrassen. Diese bieten sich zwar zur Erwirkung einer Redundanz für Versorgungsgebiete an, Ringstrukturen führen jedoch i.A. zu längeren Versorgungstrassen.

Der Ausführungsstandard von Fernleitungssystemen ist entscheidend für die Lebensdauer der Anlage und damit auch für die Höhe der Transportkosten.

Spezifisch geringe Wärme-/Kälteverluste resultieren aus dem Standard und der Qualität der Dämmung sowie aus der Betriebsweise. Trassen, die über lange Laufzeiten spezifisch grosse Wärmemengen übertragen, haben auf den Wärmetransport bezogen geringere Wärmeverluste.

Der jährliche Wärmeverlust eines Netzes mit mässiger Anschlussdichte bzw. Liniendichte führt zu Wärmeverlusten in der Grössenordnung von 10 % der übertragenen Wärme.

Typische Grössen für Transport- und Verteilkosten, sowie typische Grössen für Wärmeverluste sind in Kapitel 7 Technik und Wirtschaftlichkeit aufgeführt.

Die Kosten für Reparatur, Wartung und Instandhaltung von Verteilnetzen sind bei Netzen mit Verbundmantelrohrleitungen spezifisch gering. Sie haben wenig Einfluss auf die Betriebs- und damit Transportkosten.

4.4 Iteration Gebietswahl

Die Gebietswahl orientiert sich in erster Linie an den wichtigen grösseren Verbrauchern (Schlüsselkunden) und an der absehbar erzielbaren Wärmeabsatzdichte bzw. Liniendichte in MWh/Tm (siehe Kapitel 4.2). Es resultiert die erste Gebietswahl mit einer Kernzone.

In einer Iteration werden nun der Kernzone angrenzende Gebiete auf das Wärmeabsatzpotenzial untersucht. Dabei werden die Gebiete und Zonen nach Kriterien wie Bebauungsstruktur und mutmasslicher Leistungs- bzw. Liniendichte bewertet.

In einer Gebietsausscheidung werden solche Zonen mit genügender Wärmeabsatzdichte bzw. Liniendichte dem Eignungssperimeter zugeordnet. Die Iteration bezieht sich dabei in einem:

1. Schritt auf die Schlüsselkunden;
2. Schritt auf öffentliche Gebäude mit grösserem Energiebedarf;
3. Schritt auf grössere potenzielle private Verbraucher und
4. Schritt auf weitere, zu einer mutmasslichen Trassenführung benachbarte Verbraucher.

Im letzten Schritt empfiehlt sich eine Beschränkung auf den Einbezug von Verbrauchern einer Mindestleistung von z.B. 20 kW (bei Wärmenetzen). Kleinere Verbraucher sollten wegen des spezifisch teuren Leitungsbaus nicht a priori in die Evaluation des Absatzpotenzials einbezogen werden. Insbesondere sollten Gebiete mit geringer Leistungsdichte, wie Einfamilienhaus-Siedlungen, möglichst nicht in den Versorgungssperimeter einbezogen werden.

In die Iteration der Gebietswahl werden die Ergebnisse aus der Wirtschaftlichkeit der zu betrachtenden Netzabschnitte einbezogen. Bei jedem Iterationsschritt werden die Einflüsse auf die Betriebskosten (Kapitel 4.3) überprüft, um ein optimales gesamtwirtschaftliches Betriebsergebnis zu erzielen.

**Netzverluste gering halten
Einfluss der Anschlussdichte auf
die Netzverluste**

Der Ausgangspunkt sind Schlüsselkunden und grosse Verbraucher.

Ausgangspunkt für die Gebietswahl: Kernzone

Gebietsausscheidung und Fokussierung auf geeignete Gebiete

Mindestleistung für Bezüger zur Vermeidung hoher Verteilkosten

Ergebnis Erschliessungssperimeter

Konkurrenzfähige Wärmekosten

Das Ergebnis der Iteration ist ein Erschliessungsperimeter, der über den Zeitraum der Projektrealisation vorgesehen wird. Im Erschliessungsperimeter einbezogen sind dabei auch vorgesehene oder geplante regionale Projekte und Ergebnisse der Raumplanung.

Aus der resultierenden Gebietswahl folgt nach der Kalkulation der erforderlichen Trasselänge eine sich daraus ergebende Liniendichte (MWh/Tm). Daraus ergibt sich ein Richtwert für die Wärmekosten (CHF/MWh). Diese sollten bei den aktuellen Wärmemarktbedingungen (Vergleich z.B. mit dem Gastarif oder den Ölheizkosten) im betreffenden Gebiet konkurrenzfähig sein.

Zur Gebietswahl siehe auch Absatz 6.2 des Planungshandbuchs. Darin ist der Vorgang Gebietswahl im Absatz 6.2.1 „Vorstudie“ detailliert beschrieben mit quantitativen Angaben und Empfehlungen.

5. Marketing und Kunden

Resümee

Das Kapitel 5 bezieht sich auf Kunden von leitungsgebundener thermischer Energie und deren Bedeutung und Einfluss auf den Erfolg einer zentralen Versorgungsstruktur. Kunden sind dabei Wärme-/Kälte-Bezüger innerhalb eines Areals, Werkareals oder Versorgungsperimeters, einer Liegenschaft, aber auch Bezüger innerhalb eines Stadtteils, Quartiers, einer Gemeinde, eines Gemeindeteils oder einer Zone.

Das Marketing und die Pflege der Kundenbeziehung sind wesentliche Erfolgsfaktoren der Fernwärme/Fernkälte. In einer Vertriebsorganisation müssen dafür die entsprechenden Ressourcen und Kenntnisse vorhanden sein. Das Marketing für Versorgung mit thermischer Energie beginnt mit der ersten Projektidee und ist Bestandteil aller Projektphasen. Es werden die Phasen des Marketings, die Aktivitäten des Marketings, die Kundenbewirtschaftung und der Kundendialog aufgezeigt.

Das Kundeninteresse richtet sich einerseits auf eine zuverlässige und nachhaltige Energieversorgung. Andererseits ist in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit die Vergleichbarkeit der zentralen Wärmeversorgung mit individueller Versorgung bedeutend. Das Interesse des Versorgers ist stärker auf einen längerfristigen Ertrag ausgerichtet.

Das Marketing ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor für Fernwärme.

Das Marketing beginnt mit der ersten Projektidee.

Vergleichbarkeit zentraler mit dezentraler Versorgung

5.1 Bezüger und Kunden

Bezüger thermischer Energie sind:

- private Kunden als Eigentümer von Wohngebäuden mit einem Bedarf an Heizwärme und Wärme zur Bereitstellung von Trinkwarmwasser
- Vertreter öffentlicher Einrichtungen wie Spitäler, Verwaltungsgebäude, Schulen etc.
- Energieverantwortliche und Einkaufsabteilungen von Betrieben

Es bestehen individuell und kundenspezifisch unterschiedliche Anforderungen an die Verfügbarkeit und Versorgungssicherheit, von abschaltbarer Wärme-/Kältelieferung bis zum Bedarf an abgesicherter Wärme-/Kälteversorgung für Verbraucher wie z.B. Spitäler.

Alle potenziellen Kunden einer Versorgungseinrichtung benötigen die individuell geeignete Versorgung und die dafür korrekte Vereinbarung in Form eines Liefervertrages. Dessen Vorbereitung und Pflege bedingt Kommunikation und Sorgfalt.

Die Kunden sind das Fundament eines jeden Projektes der Wärme- und Kälteversorgung. Es ist die zentrale Aufgabe des Versorgers, die Kunden vom ersten Kontakt und über die gesamte Vertragslaufzeit zufriedenstellend zu betreuen.

Die Anforderungen an die Verfügbarkeit sind kundenspezifisch.

Individuell geeignete Versorgung für jeden Kunden.

Die Kunden sind das Fundament einer Versorgungsstruktur.

1. Öffentlichkeitsarbeit
2. Infokampagne
3. Erstkontakt
4. Identifikation wichtiger Kunden
5. Kontakt durch eine Person
6. Absichtserklärung
7. Verträge mit Schlüsselkunden
8. Stetige Identifikation weiterer Kunden

5.2 Marketing phasenbezogen

Marketingaktivitäten in einem Projekt zur zentralen Wärme- und Kälteversorgung können zeitlich grob wie folgt gegliedert werden:

Phase Projektidee

- Identifikation und Verifikation Schlüsselkunden
- Bewertung Bedarfssituation

Phase Vorstudie

- Erstkontakt mit Schlüsselkunden und grösseren Verbrauchern
- Unterstützung der Projektentwicklung in Bezug auf die Gebietswahl
- Entwicklung Tarifkonzept
- phasengerechte Öffentlichkeitsarbeit, Infokampagne

Phase Vorprojekt

- Ermittlung Kundeninteresse mit dem Ziel von Absichtserklärungen für Schlüsselkunden und Grosskunden, Kontakt möglichst durch die gleiche Person
- Umfragen bei weiteren Kunden mit dem Ziel der Ermittlung des Absatzpotenzials mit zeitlicher Verteilung (sofort, später)
- Tarifgestaltung für Verträge
- Öffentlichkeitsarbeit, Infokampagne

Phase Projektplanung (Ausführungsprojekt)

- Verträge mit Schlüsselkunden und Grosskunden liegen vor
- Statistik der Absatzerhebung im gewählten Gebiet hat Schwellenwert überschritten
- Vertragsvorbereitung mit allen potenziellen Kunden
- Information aller Kunden über Projektablauf
- Information der Öffentlichkeit (Infoveranstaltungen, Erläuterungen zum Projekt, Medienaktivität)

Phase Realisation

- Information der Kunden über den Projektverlauf
- Verträge mit möglichst allen Anschlussinteressenten
- Identifikation weiterer potenzieller Bezüger und Kontaktpflege
- Öffentlichkeitsarbeit (Infomaterial, Tafeln an den Baustellen)

Nach Projektabschluss

- Monitoring Kundenzufriedenheit
- stetige Identifikation weiterer potenzieller Kunden

5.3 Marketing-Aktivitäten

Erstkontakt mit potenziellen Verbrauchern

Mit dem Erstkontakt zu einem potentiellen Bezüger beginnt eine Beziehung, deren Qualität und Pflege zum wirtschaftlichen Erfolg des Projektes wesentlich beiträgt. Der Erstkontakt hat eine grosse Bedeutung. Ab diesem Moment beginnt eine Verantwortung des Versorgers für eine korrekte und nicht abbrechende Information des Kunden. Der Erstkontakt sollte möglichst durch die Person erfolgen, die auch später mit dem Kunden Kontakt halten wird.

**Erstkontakt und weitere Kontakte
möglichst durch gleiche Person**

Die Kommunikation zum Kunden sollte periodisch, z.B. in der Phase der Projektentwicklung mindestens jährlich oder nach Projekt-Meilensteinen proaktiv gepflegt werden. Dadurch wird die Präsenz des Versorgers hervorgehoben. Ausserdem signalisiert die proaktive Kommunikation die Wertschätzung dem Kunden gegenüber.

Kontaktpflege periodisch

Unterstützung der Projektentwicklung

Know-how und Technik sind keine Nebensache. Der Vertreter für das Marketing eines Versorgers trägt die Projektideen und die technischen Ausführungen der Versorgung zum Kunden.

Da der Kunde meist EINEN Ansprechpartner des Versorgers hat, wird dieser auch mit allen technischen Belangen konfrontiert. Es ist daher für den Vertreter des Versorgers ratsam, sich in die technischen Aspekte der Versorgung einzuarbeiten, um einerseits bei Kundengesprächen kompetent auftreten zu können und andererseits die technischen Aspekte der Projektentwicklung des Versorgers zweckdienlich mitgestalten zu können. Eine ausgeprägte Sachkenntnis hilft dabei, die Einflüsse auf die Betriebskosten (Kapitel 4.3) bei der Akquisition von Kunden einzubeziehen.

**EIN Ansprechpartner für den
Kunden
Sachkenntnis ist wichtig.**

Ausser den bereits identifizierten Kunden benötigen weitere potenzielle Kunden (Nachbarn, Anrainer eines Gebietes) die Aufmerksamkeit und den Einbezug in das Projektvorhaben und das Versorgungskonzept. Der vorgesehene Fernversorgungs-Prozess muss allen erklärt werden.

**Informationen auch an erweiter-
ten Interessentenkreis**

Marketing Fernwärme/Fernkälte

Um Fernwärme und Fernkälte zu fördern ist gerade die Akzeptanz in der Bevölkerung von grosser Bedeutung. Das wird unterstützt durch:

- einen hohen Bekanntheitsgrad
- ein gutes Image
- eine positive Wahrnehmung

**Bekanntheitsgrad
Gutes Image
Positive Wahrnehmung
Akzeptanz Fernwärme**

Informationskampagnen, Öffentlichkeitsarbeit, Tag der offenen Tür oder politische Unterstützung sind dazu wichtige Aufgaben. Ausserdem ist Mund-zu-Mund-Propaganda ein sehr gutes Marketing (siehe auch Kapitel 3).

Konsequentes und durchgängiges Preis-Konzept

Tarifkonzept und Preiskonzept (siehe Kapitel 7)

Es hat sich nach den Erfahrungen vieler Versorger als vorteilhaft erwiesen, ein leicht nachvollziehbares und konsequentes, d.h. durchgängiges Tarif-/Preiskonzept zu gestalten. Es sollte vermieden werden, dass vergleichbare Kunden unterschiedliche Wärmetarife haben. Abweichungen können vereinbart werden als begründete Sonderfälle, z.B. für Verbraucher mit langer Hausanschlussleitung oder Verbraucher mit aussergewöhnlichen Bezugskonditionen.

Preis Anpassungen in Form von Abhängigkeiten von Marktpreisindizes etc. werden häufig vereinbart. Zweckmässig ist eine Orientierung an betrieblichen Zusammenhängen (Grundkosten der Energie an der Quelle) und nachvollziehbaren Marktpreisindizes. Dabei sind aber volatile Indizes, z.B. auch die von fossilen Energien (Gas, Öl), unbedingt zu vermeiden.

Absichtserklärung als Deklaration des Anschlussinteresses

Bedeutung Absichtserklärung

Eine Absichtserklärung (LOI = Letter of Intent) ist die gern gewählte Form einer Kundenbindung in einer der Projektrealisation vorangehenden Phase. Dabei wird gewöhnlich vereinbart, dass im Falle der Preisgestaltung bis zu einer Wärmekosten-Höchstgrenze eine Bezugsvereinbarung beabsichtigt ist und damit die Absichtserklärung in einen Liefervertrag mündet. Juristisch problematisch sind dabei nicht präzise oder gar nicht definierte Ausstiegsklauseln, die für beide Parteien einen weitgehend einfachen Ausstieg aus der Absichtserklärung ermöglichen würden. Dennoch hat sich die Form der Absichtserklärung, wenn auch hauptsächlich als moralische Bindung, als Deklaration der Versorgungsabsicht bewährt.

Wärmeliefervertrag und Technische Anschlussbedingungen

Vertragsausarbeitung

Aufgaben und Pflichten des Fernwärmebetreibers und des Wärme-/Kältekunden sowie Vereinbarungen über Kosten und Tarife werden in einem Wärmeliefervertrag geregelt. Bestandteil dieses Vertrages sind dabei die Technischen Anschlussbedingungen (TAB).

Inhalt TAB

In den TAB einer Fernwärmeanlage sind die technischen und vertragsrelevanten Details der Installation und des Betriebes einer Anlage zur Nutzung von Fernwärme festgelegt. Technische Details sind die Ausführungsvorschriften der Übergabestation und der Hausinstallationen. Dazu gehören Betriebsparameter wie Temperaturen, Drücke, Werkstoffe, Wasserqualität, Sicherheitseinrichtungen und Betriebs- und Wartungsvorschriften. Festgelegt werden hier auch die Schnittstellen zwischen Fernwärmebetreiber und Kundenanlage. TAB werden gewöhnlich für die gesamte Fernwärmeanlage bzw. für alle Fernwärmeanlagen eines Versorgers erstellt.

Vorlagen Musterverträge, Muster für TAB

Die Erstellung eines Wärmeliefervertrages, vor allem eines ersten Mustervertrages, und der TAB benötigt eine entsprechende technische Kenntnis und sollte mit juristischer Unterstützung angegangen werden. Beim Verband Fernwärme Schweiz können auf Anfrage Vorlagen von Musterverträgen oder Vertragsentwürfen und Entwürfe für TAB bezogen werden.

5.4 Kundendialog

Der Kundendialog ist Teil des Marketings und beinhaltet in jedem Fall

- die gewissenhafte und strukturierte Korrespondenz mit dem Kunden.

Instrumente zur Pflege des Kundendialoges sind:

- Kontaktstelle mit zuverlässiger Erreichbarkeit per Telefon, Anschrift, E-Mail, etc.
- Webseite des Versorgers zur Information, mit Kontaktkoordinaten
- Informationsschriften zur Energieversorgung
- Informationsveranstaltungen

Instrumente

Arbeitsmittel zur Pflege des Kundendialoges sind:

- Kundendaten mit Informationen zu allen geführten Korrespondenzen und getroffenen Vereinbarungen
- Organisation des Versorgers zur zeitgerechten Belieferung der Kunden mit Material und Informationen
- Organigramm des Versorgers mit Transparenz bei den Verantwortlichkeiten und Stellvertretungen

Kundendaten

Informationsveranstaltungen sollten insbesondere dann durchgeführt werden, wenn neue Gebiete erschlossen werden, um potenzielle Kunden und Interessierte über das Vorhaben zu informieren sowie das Interesse an der Versorgungsart zu wecken. Ziel der Veranstaltungen ist dabei auch, das Interesse des Versorgers zur Projektumsetzung hervorzuheben und die regionalen, ökologischen und gesellschaftlichen Aspekte vorzubringen. Durch die Information soll auch der öffentliche Diskurs zum Versorgungsvorhaben angeregt werden.

Info-Veranstaltungen

Kundendialog: Ab Projektbeginn eines Verbundes beginnt ein Dialog zwischen Versorger und Kunden, der nie wieder abreißen sollte. Der Dialog sollte wenn möglich zwischen dem Kunden und einer Person des Versorgers erfolgen, um ein verlässliches Vertrauensverhältnis aufzubauen.

Vertrauensverhältnis zwischen Versorger und Kunden

5.5 Kundendaten

Ein wichtiges Marketinginstrument ist die Führung der Kundendaten. Diese sollten auf jeden Fall in transparenter und übersichtlicher Form in der Vertriebsorganisation eines Versorgers geführt werden. Versorgungsstrukturen sind für gewöhnlich für eine lange Zeitdauer angelegt. Lieferverträge werden für eine Zeitdauer von 20 bis über 30 Jahre abgeschlossen. Folglich müssen die geführten Kundendaten bzw. die Übersicht über die zentralen Informationen zu jedem Kunden auch bei Personalwechsel in der Versorgerorganisation als zuverlässiges Instrument gepflegt werden.

Informationen in Kundendaten

Kundendaten können als Excel-Dateien oder als Datenbanken geführt werden und sollten mindestens folgende Informationen enthalten:

- Objekterkennung/Objektnummer oder Kundennummer
- Name des Objektes/Name des Kunden
- Kontaktperson
- letzter Kontakt
- geplanter nächster Kontakt
- vereinbarte Leistung/Anschlussleistung
- Inbetriebnahmedatum
- Wärmezählernummer
- Eichdatum Wärmezähler
- Bezugsmenge im Abrechnungszeitraum
- Ablesedatum/Erfassungsdatum
- Bemerkungen/besondere Vereinbarungen (evtl. Link zu individuellem Beiblatt)

Verknüpfungen zwischen Objektnummer/Kundennummer und Anschriften, Kontaktadressen, Vertragsnummer und Vertragsablage, sowie technische Besonderheiten der Installation müssen nicht in der Kundendatei geführt werden, um deren Übersichtlichkeit zu wahren.

Die periodische Überprüfung der Kundendaten obliegt der Sorgfaltspflicht des Versorgers.

5.6 Sichtweise des Kunden

Orientierung des Kunden über das Produkt

Während der Wärmeversorger und der Investor einer Wärmeversorgung den wirtschaftlichen Erfolg des gesamten Betriebes vor Augen haben, ist der Kunde bzw. der Energiebezüger eher auf das Produkt fokussiert. Das Produkt Energie (Wärme, Kälte) sollte dabei folgende Merkmale aufweisen:

Wichtige Kriterien für den Kunden: konkurrenzfähig, sicher, langfristig planbar

- konkurrenzfähig im Vergleich mit alternativen Produkten
- qualitativen Massstäben entsprechend (Label, Ökologie, nachhaltig)
- verfügbar, sicher und zuverlässig
- langfristig planbar
- flexibel verwendbar bei sich ändernden Bedarfsanforderungen (Bedarfserhöhung bei Erweiterungsbauten, Bedarfsenkung bei Gebäudesanierung mit Wärmedämmung)

Dabei wird die Konkurrenzfähigkeit des Produktes je nach Kunde unterschiedlich bewertet. Während ein privatwirtschaftlicher Kunde gewöhnlich sehr preisbewusst handelt, kann ein Einzelkunde oder ein Kunde der öffentlichen Hand auch Qualitätsmerkmale wie Ökologie oder CO₂-Minderung stärker bewerten. Er ist ggf. auch bereit, dafür einen höheren Preis für die Energie zu zahlen.

Zur Abdeckung der Kundenanforderungen und Kundenbedürfnisse ist der Versorger angehalten, die Merkmale seines Produktes (Wärme, Kälte) zu pflegen und die Kundschaft darüber in Kenntnis zu bringen. Neben den aufgeführten Eigenschaften können Versorger zentraler Energieversorgungen wie folgt argumentieren:

- Reduktion der Umweltbelastung durch zentrale und emissionsarme Technologie
- minimale Investition durch den Kunden
- regionale/lokale Wertschöpfung
- professionelle Betriebsführung
- verbrauchskonforme Energiekosten
- Raumgewinnung (keine eigene Heizung erforderlich)
- keine Wartungsarbeiten/Inspektionen/Abgasmessungen
- kein „Knebelvertrag“: durch ausgewogene Gestaltung des Preises begrenzt gehaltene Preisschwankungen

Argumentation für zentrale Versorgung

Ausserdem ist der Versorger dazu angehalten, die für die Technik „zentrale Energieversorgung“ relevanten Aspekte zu erläutern, die zu einer effizienten, wirtschaftlichen und zufriedenstellenden Versorgung des Kunden führen. Dazu gehören auch

- Thema *Temperaturspreizung* (Bedeutung für den Kunden und den Versorger)
- Thema *smart metering, Datenübertragung* (vorausschauender und zweckmässiger Anlagenbetrieb)
- Bedeutung der Wasserqualität primär- und sekundärseitig

Erläuterung der Technik zentraler Versorgung

Fragen des Kunden zum Produkt und zum Vertrag sollten durch den Versorger schnell und kompetent behandelt werden können (siehe auch Kapitel 5.4 Kundendialog).

6. Projektablauf

Resümee

Projektabläufe werden in der Schweiz vor allem in den SIA-Normen 103 (bauliche Anlagen) und 108 (elektromechanische Anlagen) abgehandelt. Für Anlagen, denen der Realisierungsbeschluss zugrunde liegt (z.B. Kanalisation, Wasserversorgung, Schulen etc), sind diese Normen sinnvoll und haben sich bewährt.

Nah- und Fernwärme-/Fernkälte-Systeme stehen im marktwirtschaftlichen Wettbewerb, deswegen sind Ingenieurarbeiten auf Basis einer Projektidee zunächst ein Kostenrisiko. Erst wenn sich zeigt, dass die Projektidee wirtschaftlich und im Energiemarkt wettbewerbsfähig ist, erfolgt im Allgemeinen ein Baubeschluss.

Das Kapitel widmet sich dieser Thematik und differenziert „Risikophase“ und „Projektphase“. Es werden Wege gezeigt, wie mit wenig Aufwand die Risikophase bearbeitet werden kann. Hierin werden Entscheidungsgrundlagen für eine nachfolgende „Realisierungsphase“ des Fernwärme-Projektes erarbeitet.

Der Projektfluss (Kapitel 6.4) zeigt Wege, wie terminlich optimiert vorgegangen werden kann und welcher Gesamtkostenanteil der sogenannten „Risikophase“ zuzuordnen ist.

In Kapitel 6.5 werden Öffentlichkeitsarbeit, Marketing und der Kundendialog angesprochen. Sie sind zentrale Aufgaben des Auftraggebers und tragen massgebend zum Erfolg eines Wärme-/Kälteprojektes bei.

6.1 Überblick

Nah- und Fernwärmeprojekte stehen im marktwirtschaftlichen Wettbewerb und brauchen einen hierauf abgestimmten Projekt-ablauf.

Das Fernwärme-/Fernkälte-Gesamtsystem umfasst die Anlagen zur Wärme-/Kälteerzeugung, das Verteilnetz und die Übergabeeinrichtungen bei den Kunden.

Der Schwerpunkt des Planungshandbuchs liegt bei den Ausführungen zum Verteilnetz und behandelt vorwiegend technisch-wirtschaftliche Zusammenhänge.

Die Hinweise im vorliegenden Leitfaden umfassen das Gesamtsystem, behandeln technische Aspekte nur der Übersicht wegen und gehen vertieft auf die nicht technischen Aufgabenstellungen ein.

Das Planungshandbuch widmet sich in Kapitel 6 ebenfalls dem Projektablauf, der sich an den Regelwerken im deutschsprachigen Raum (Schweiz, Deutschland, Österreich) orientiert. Diese Abläufe wurden universell entwickelt und werden vor allem dann angewendet, wenn von vornherein die Absicht besteht, ein Objekt (z.B. Schule, Strasse, Wasserversorgung) zu realisieren. Das Entstehen von Wärme-/Kälteverbunden läuft dagegen in aller Regel völlig anders; hier muss erst geklärt werden, ob ein Projekt unter den Marktbedingungen umsetzbar ist. Deswegen macht es Sinn, im gesamten Planungszeitraum die Risikophase und Realisierungsphase zu unterscheiden.

Risikophase

Sie beinhaltet die Abklärungen vom Zeitpunkt der Idee, einen Verbund zu erstellen, bis zu einer Reife, die das Risiko eines Projektabbruchs (z.B. wegen ungenügendem Kundeninteresse oder Unwirtschaftlichkeit) auf ein normales Mass reduziert.

Realisierungsphase

Der Zeitraum vom Projektbeschluss bis zur Betriebsaufnahme ist die Realisierungsphase. Diese sollte nochmals unterteilt werden in Vorbereitungsphase und Bauphase, damit vor der Baufreigabe die Kostensicherheit gemäss Businessplan geprüft werden kann.

Das vorliegende Kapitel gibt Hinweise darauf, wie ein spezifischer Projektablauf für Fernwärme-/Fernkälte-Anlagen aussehen kann. Diese Empfehlungen sind aus langer Praxiserfahrung des Autors zusammengetragen.

6.2 Klärung vor Projektbeginn

Die nachfolgend genannten Stichwortthemen sollten mit dem beauftragten Planer vor Projektbeginn abgestimmt werden.

Vorurteilen zur Nicht-Machbarkeit entgegnetreten, zum Beispiel mit:

- Stromverluste durch Wärmeauskopplung nicht überbewerten
- Verbandsgemeinden zahlen für die Gemeinde/-n mit Fernwärmenetz
- keine lange Zuleitung wegen Wärmeverlust

Vorentscheide herbeiführen bzw. treffen:

- technische Bearbeitungstiefe (Studie oder Projekt)
- Marketing (wer, Zeitpunkt, Dauer)
- Finanzierung (Eigenmittel, Fremdmittel, Contracting)
- Trägerschaft (Wechselwirkung zu Finanzierung)
- eventuelle Partnerschaft im Wärmemarkt (z.B. örtlicher Energieversorger)

Wirtschaftlich-technische Empfehlungen:

- kostenrelevante Hauptfaktoren eruieren
- Konzept zu minimalen Wärmekosten suchen
- Tarif- und Finanzierungsmodell strukturell bestimmen
- Wirtschaftlichkeitsnachweis (Meilensteine bestimmen)

6.3 Aufgabenbereiche

Wesentliche Bausteine zum erfolgreichen Aufbau eines Wärme-/Kälteverbundes sind:

- optimaler Energie- bzw. Brennstoffmix bezogen auf die individuelle Anlage
- ein frühzeitiges, das Projekt flankierendes Marketing
- ein kostenoptimiertes Versorgungsgebiet
- aktive Kundenakquisition und gute Kundenbetreuung

Die Technik spielt zunächst eine untergeordnete Rolle, denn die Technik ist erprobt und muss nur angewendet werden. Zudem haben erfahrene Planer genügend Kenntnisse aus ihrem Projekt-Portfolio, die in der Bearbeitung der Risikophase (kleine Projektkosten, ausreichende Tiefe) „gratis“ eingebracht werden können.

Die üblichen Themenbereiche eines Wärme-/Kälteverbund-Projektes zeigt Abbildung 6-1.

Die Auftraggeber/Investoren sollten bei der Erteilung von Planungsaufträgen nicht nur die Technik im Fokus haben.

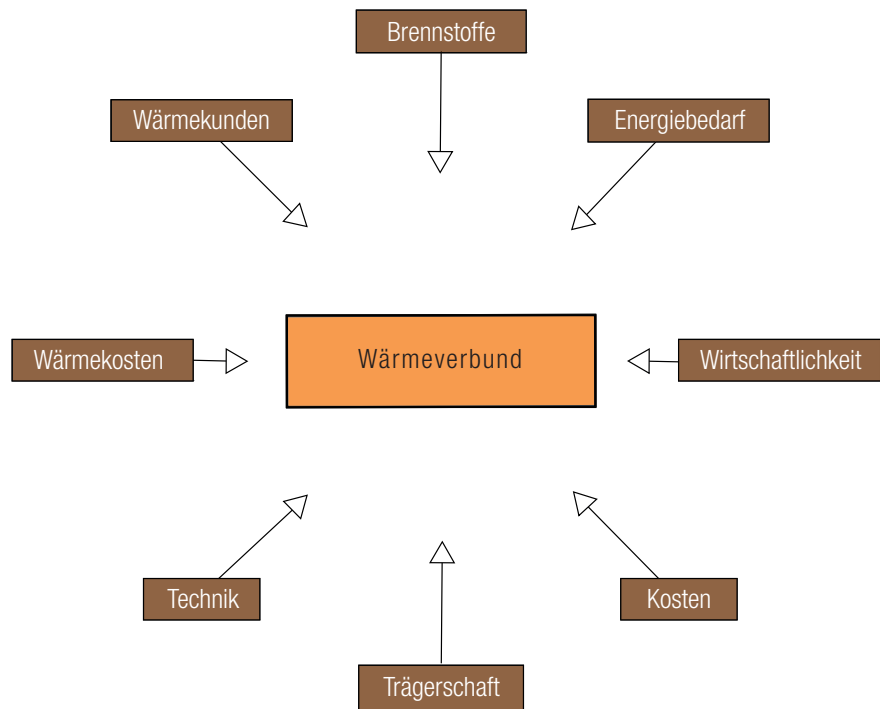


Abbildung 6-1 Themenbereiche eines Wärme-/Kälteverbundes

Zu den Themenbereichen in Abbildung 6-1 nachfolgend einige Hinweise:

Brennstoffe

Anhand einer Wärmezeugung mit Hackschnitzeln soll diese Aufgabenstellung verdeutlicht werden (Abbildung 6-2):

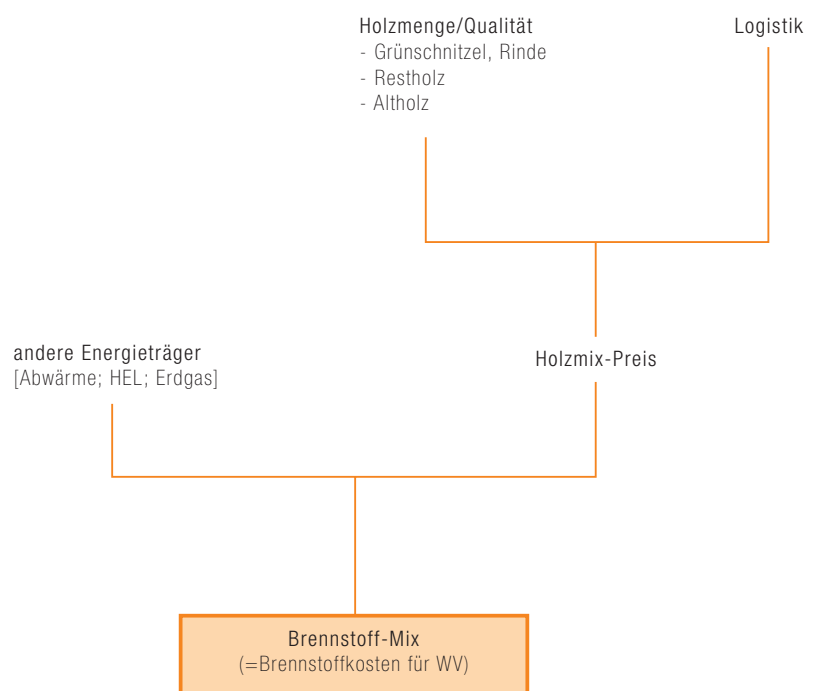


Abbildung 6-2 Weg zum Brennstoff-Mix (Hackschnitzel-Anlage)

Energiebedarf

In Kapitel 7 wird auf die Ermittlung von Energie- und Leistungsbedarf näher eingegangen. Zu empfehlen ist eine Trennung nach Temperaturbedürfnis der Kunden zum vornherein. So können z.B. die Bedarfszahlen von Niedertemperatur-Verbrauchern (z.B. Klimaanlage in Grossbauten) über andere Techniken in der Wärmeerzeugung (z.B. Wärmepumpen) abgedeckt werden.

Viel Sorgfalt sollte auf die Festlegung des Versorgungsgebiets gelegt werden. Kapitel 4 zeigt hier Wege auf. Die Projektbetrachtung sollte im Projektfortschritt stets nur innerhalb des Versorgungsgebietes stattfinden. Verschiedentlich muss festgestellt werden, dass z.B. der Energiebedarf in der Gemeinde ungezielt erhoben wird, die technisch-wirtschaftlichen Aussagen des Projektes sich dann später aber auf ein im Nachhinein festgelegtes Versorgungsgebiet beziehen. Die Folge ist, dass:

- *im Versorgungsgebiet zu wenig Abnahme vorhanden ist und die Erzeugungsanlage zu gross dimensioniert wird oder*
- *die Kosten für den Netzausbau, um alle Interessenten zu versorgen, explodieren.*

Kosten / Wirtschaftlichkeit

Unter „Kosten / Wirtschaftlichkeit“ werden hier Investitionen der Gesamtanlage, alle Elemente der Jahreskosten, spezifische Wärmegestehungskosten und der Vergleich der Wärmekosten zu Marktpreisen sowie Sensitivitätsberechnungen verstanden.

Kapitel 7 geht auf die Thematik vertieft ein. Hier sollen nur zwei unterschiedliche Wege verdeutlicht werden (Abbildung 6-3).

Die Grafik 6-3 zeigt rechts das statische Modell und links das dynamische Modell. In beiden Modellen kann eine Iteration erfolgen, sofern die Wärmegestehungskosten als Ergebnis gegenüber dem Benchmark zu hoch oder zu tief sind.

Das statische Modell wird für den Zeitpunkt des angedachten Endausbaues erstellt und reicht in den meisten Fällen als Entscheidungsgrundlage für einen Projektentscheid am Ende der Risikophase aus. Je nach Wärmeerzeugungstechnologie dürfen die Fernwärme-/Fernkältekosten den Vergleichslevel Erdgas, Heizöl oder Wärmepumpe unterschiedlich stark übersteigen. Es wurde die Erfahrung gemacht, dass die Wärme-/Kältekunden durchaus bereit sind, etwas mehr für eine umweltgerechte Wärme-/Kälteversorgung zu zahlen. Je weniger CO₂-Emissionen dabei freigesetzt werden, desto mehr überzeugt das Fernwärme-/kältekonzept beim Endkunden.

Sofern im Besonderen der Netzausbau eine sehr lange Zeit in Anspruch nehmen wird (z.B. wegen Einbezug von Baugebieten oder sehr umfangreichem Netz), sollte zum vornherein das dynamische Modell gewählt werden, denn hierbei sind die Investitionen und Betriebskosten entsprechend der Ausbaustufen zu berechnen.

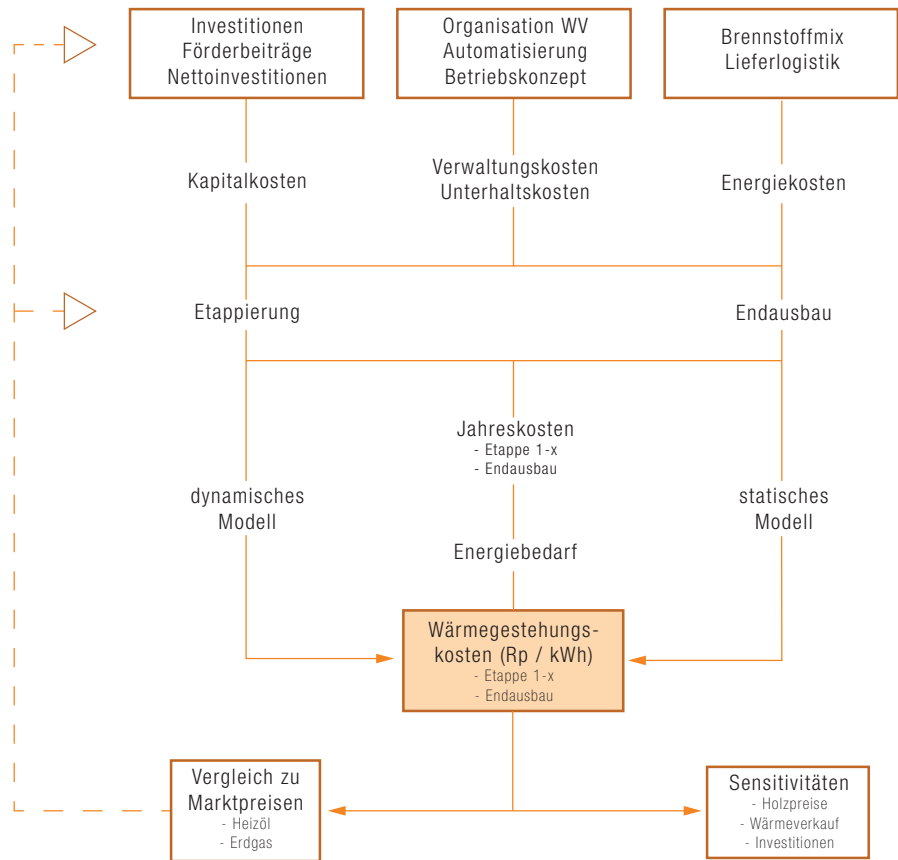


Abbildung 6-3 Modell Wärmegestehungskosten

Zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden vor allem bei etwas grösseren Projekten Berechnungstools verwendet. Das Ergebnis ist eine Planerfolgsrechnung (Businessplan). Abbildung 6-4 zeigt den Berechnungsablauf schematisch.

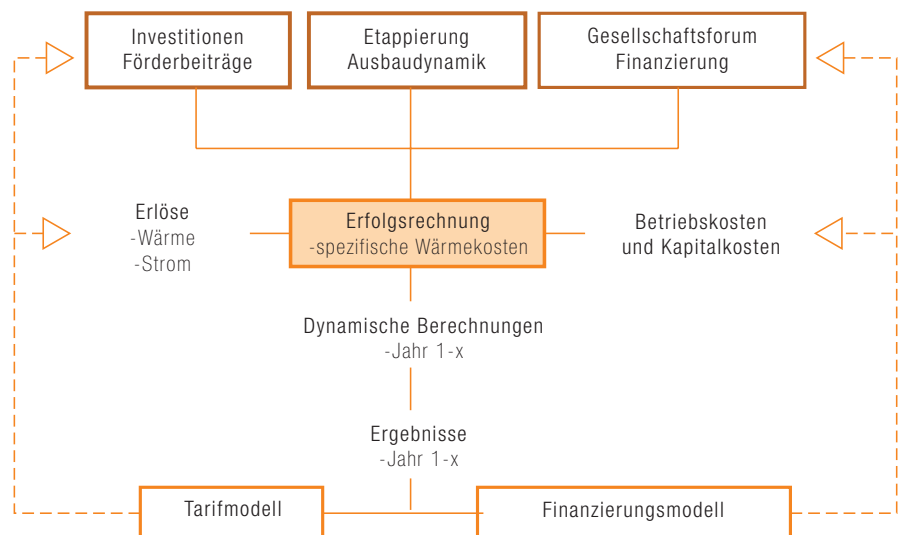


Abbildung 6-4 Planerfolgsrechnung/Businessplan

Die Planerfolgsrechnung basiert auf den Projektbausteinen der oberen Zeile, der jährliche Geldfluss besteht aus Ausgaben (Betriebskosten und Annuitäten) und Erlösen (Wärmeverkauf, Anschlussgebühren, ggf. Stromverkauf). Die Ergebnisse können über Iterationen und zwei „Stellschrauben“ verändert werden. Dies sind das Finanzierungsmodell auf der Ausgabenseite und das Tarifmodell auf der Einnahmenseite. Die Iteration wird so lange durchgeführt, bis das Tarifmodell im Benchmark befriedigend ist.

Trägerschaft

Die Trägerschaftsfrage wird eingehend in Kapitel 7 behandelt. An dieser Stelle soll nur auf die grundlegende Möglichkeit eines Outsourcings hingewiesen werden. Ein Contracting-Unternehmen wird auf der Grundlage der Vorprojektabsklärungen und der Vorentscheide am Ende der Risikophase gewählt (freihändig oder per Wettbewerb). Damit gehen die weitere Projektierung und Realisierung, inkl. Betrieb, an den Contractor über (Abbildung 6-6). Dieser ist aus eigenem Interesse auch an einer starken Wärme-/Kältekundenakquisition interessiert. Diese Abwicklungsform eignet sich im Besonderen für Private (z.B. Wohngenossenschaften) und Gemeinden, welche im Allgemeinen weder personell noch fachlich für einen Fernwärme-/Kältebetrieb (vgl. Kapitel 8) ausgestattet sind.

Technik

Dieses Gebiet wird ausführlich und mit Hinweisen auf tiefergehende Literatur in Kapitel 7 behandelt.

Wärme-/Kältekunden

Dieses Aufgabengebiet wird vielfach unterschätzt, weil nur technisch gedacht wird. Aber letztlich sind die Kunden das Fundament des Projektes. Sie zu gewinnen und dauerhaft und zufriedenstellend zu betreuen, ist eine Schlüsselaufgabe. Diese beginnt vor der eigentlichen Projektarbeit und endet erst, wenn der Endausbau erreicht ist. Auch danach sind Neukunden (Netzverdichtung) wichtig für den Ausgleich des Rückganges der Wärmebedarfs-Nachfrage (Minergiebauten, Nachdämm-Massnahmen an Altbauten, klimatische Veränderung).

Eine aktive Kundenkommunikation besteht für die Dauer des Kundenvertrages. Das Ziel sind aktive Kundenreferenzen, welche die kostengünstigste Werbung darstellen.

6.4 Projektfluss

Dieses Kapitel beschreibt einen Projektfluss, der sich für Wärme-/Kälteverbunde in der Praxis sehr gut bewährt hat. Abbildung 6-5 zeigt einen Projektablauf von der Idee bis zur Anlagenoptimierung in der Betriebsphase. Links ist der Kostenaufwand für jeden Schritt bezogen auf die Investitionen im Endausbau des Verbundes genannt und rechts der Zeitaufwand für jeden Schritt. Der Kosten- und Zeitbewertung liegt ein mittleres Holzenergieprojekt mit ca. CHF 3 Mio. Investitionssumme zugrunde. Die Kosten und Zeitangaben können individuell hiervon abweichen. Verdeutlicht werden soll lediglich, dass es sich lohnt, in der Risikophase schnell und unkompliziert zu Entscheiden zu kommen; dafür ist ein bescheidener Anteil von weniger als 2 % der Investition erforderlich. Die Risikophase stellen in Abbildung 6-5 die oberen 3 Aktivitäten dar.

Die Risikophase soll im Folgenden erläutert werden:

Jeder, der eine Projektidee einbringt, kann ein Projekt initiieren. Meistens sind das Planer oder Investoren auf der Suche nach Anlagekapital oder die Bauherren selbst. Die Machbarkeit, z.B. betreffend genügend Kundeninteresse und/oder Wirtschaftlichkeit, ist zu diesem Zeitpunkt in den allermeisten Fällen sehr fraglich. Einen Planungsauftrag gemäss den Regelwerken (SIA, KBOB) zu erteilen, ist eine Möglichkeit (vgl. Planungshandbuch Kapitel 6). Schneller, und zunächst kostengünstiger, kommt man aber nach Abbildung 6-5 zum Ziel.

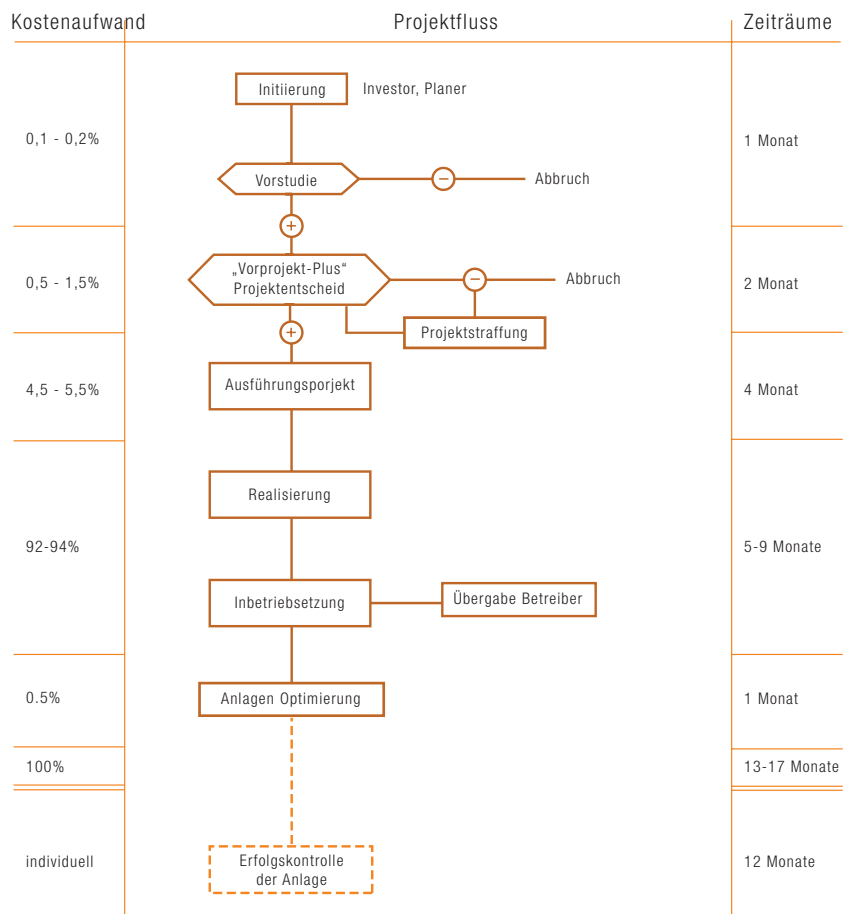


Abbildung 6-5 Projektfluss

Eine Iteration zur Projektstraffung kann hier in der Stufe „Vorprojekt“ bei Bedarf vorgenommen werden.

Einige Begriffe in Abbildung 6-5 werden nachfolgend erläutert:
 „Initiierung“ ist, eine Projektidee zu formulieren (mündlich, schriftlich). Hier stehen nur die Ausgangslage und das Projektziel im Fokus. Eine „Vorstudie“ umreisst die Projektidee etwas konkreter und zeigt mit Plänen oder Tabellen erste Projektbausteine, die aber noch sehr provisorisch und bezüglich der Kosten unsicher sind. Ein „Vorprojekt – Plus“ ist technisch ein Vorprojekt im Sinne der SIA-Definition, kostenmässig jedoch im Bereich von etwa 15 % Genauigkeit und ist damit zwischen Vorprojekt und Bauprojekt angesiedelt. Auf dieser Basis kann dann der Projektentscheid gefällt werden.

Eine weitere Möglichkeit, die Entscheidungsabläufe zu straffen, zeigt Abbildung 6-6:

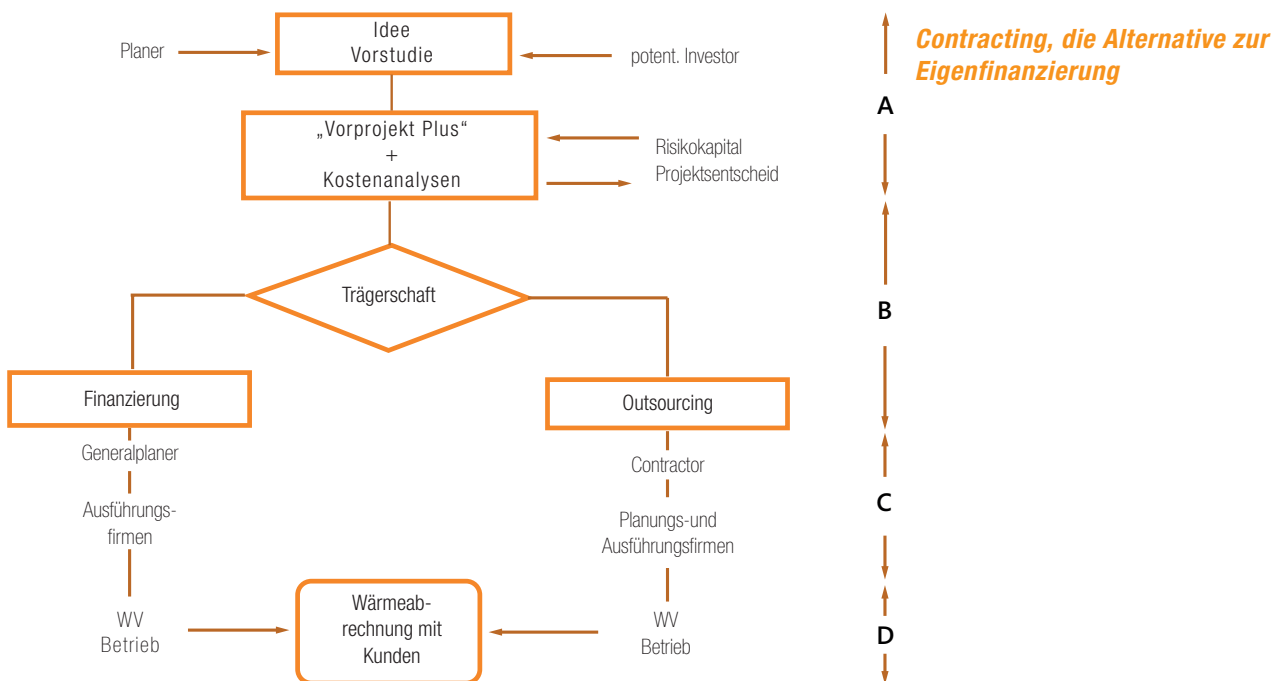


Abbildung 6-6 Eigenfinanzierung oder Contracting

Die Aktivitäten in Abb. 6-6 sind mit A bis D gekennzeichnet und bedeuten:

A - Risikophase

Aus einer Projektidee wird über ein „Vorprojekt – Plus“ die Grundlage für einen Projektentscheid bereitgestellt. Da die Projektidee sich möglicherweise als nicht machbar, da z.B. unwirtschaftlich, zeigen kann und zu diesem Zeitpunkt verworfen wird, sind die bis hierhin aufgelaufenen Kosten als Risikokapital zu betrachten.

B - Trägerschaftsentscheid

Nach einem positiven Projektentscheid sollte über die Trägerschaftsfrage entschieden werden. So sollte hinterfragt werden, ob das Projekt eigenfinanziert und umgesetzt werden soll oder vielleicht ein Outsourcing des Wärme-/Kälteverbundes die bessere Lösung darstellt. Contractoren können direkt angefragt werden oder mittels Contracting-Ausschreibung bestimmt werden. Der Verband Fernwärme Schweiz (VFS) kann hier beratend hinzugezogen werden.

C - Realisierungsphase

In Abbildung 6-6 ist links die Folge einer konventionellen Umsetzung der Eigenfinanzierung und rechts die eines Contractings dargestellt.

D - Betriebsphase

Beide Wege führen in die Betriebsphase und sind für den Wärmekunden gleichwertig, denn die Wärmekundenakquisition mit den Vertragsdokumenten (Wärmetarif, Liefervertrag) hat in Phase C stattgefunden.

Die Wärmekunden sind auch in der Betriebsphase zu betreuen und weitere Wärmekunden sollten gefunden werden, um schnell den Endausbau des Verbundes zu erreichen. Ob hier der Contractor oder besser die eigene Organisation die richtige Wahl ist, muss in Phase B beim Trägerschaftsentscheid mit berücksichtigt werden

6.5 Wichtige Aspekte der Fernwärme-/Fernkälteprojekte

In der Vergangenheit konnte an vielen Projektabläufen beobachtet werden, dass bei der Planung die nicht technischen Aspekte viel zu wenig beachtet wurden. Darauf zu hoffen, dass sich mit der Zeit durch Nachahmung genügend Kunden finden lassen, mag zwar eine berechtigte Hoffnung sein; Hoffnung allein macht den Betrieb jedoch nicht finanziell tragbar. Für die Wirtschaftlichkeit entscheidend ist nur, wieviel Wärme z.B. pro Laufmeter Fernwärmeleitung irgendwann einmal verkauft werden kann. Einen ebenso starken Einfluss auf die Rechnung hat, wie rasch das Netz ausgelastet wird, damit die finanzielle Durststrecke bis zum Endausbau möglichst kurz gehalten werden kann und die anfänglich kaum vermeidbaren Verluste die Betriebsrechnung nicht über die ganze Lebensdauer der Anlage schwer belasten. Im Folgenden werden die wesentlichsten nicht technischen Aktivitäten angesprochen:

Öffentlichkeitsarbeit

Diese schafft überhaupt erst die günstigen Voraussetzungen für die Realisierung einer Wärme-/Kälteverbundanlage. Die allgemeine Akzeptanz der Fernwärme kann mit umfassender, systematischer Information stark erhöht werden. Im Besonderen gilt dies für die Fernkälte, da diese noch wenig verbreitet ist und den Allermeisten unbekannt sein dürfte. Der Wert allgemeiner Sensibilisierung für das Thema kann nicht hoch genug veranschlagt werden. Öffentlichkeitsarbeit als Vorarbeit für die Willensbildung ist wichtig; sie ist ein wesentliches Element für die Anschlusswilligkeit an ein Verbundsystem. Schliesslich wird die Wirtschaftlichkeit eines Verbundes in aller Regel mit der Qualität des Marketings entschieden und nicht nur durch technisch überzeugende Lösungen. Diese interessieren den durchschnittlichen Kunden kaum. Er will vor allem warm (kalt) haben und das zu annehmbaren Bedingungen und hoher Zuverlässigkeit (siehe Kapitel 5).

Marketing

Marketing ist für die späteren finanziellen Aspekte eines Projektes von ganz entscheidender Bedeutung. Deswegen sind in der Regel die technischen Sachbearbeiter nicht für das Marketing geeignet, es sei denn, die Projektierenden können erfolgreiche Wärme-/Kälte-Akquisitionen nachweisen. In den meisten Fällen wird es sich lohnen, ein Marketing-Team aufzustellen. Hier gehen Verkaufstalent und Kundennähe vor Fachausweis. Mitglieder der Energiekommission einer Gemeinde oder sonstige, meist vom Bauherren vor Ort zusammenberufene Personen, können auf diesem Gebiet hervorragende Arbeit leisten.

Marketing beginnt aber schon viel früher als mit der „Bearbeitung“ einzelner potenzieller Kunden mit dem Ziel von Vertragsabschlüssen.

Eine in jedem Stadium der Entscheidvorbereitung/Entscheidfindung offene Informationspolitik muss zuerst das Feld beackern, damit später die einzelnen Pflanzen (Kundenabschlüsse) richtig spriessen können. Auch diese vorbereitende Sensibilisierungsarbeit kann nicht durch die politischen Behörden (im Falle eines öffentlichen Netzes), die meist nicht spezialisierte Trägerschaft oder den Planer allein erfolgen – auch dazu braucht es den Informationsprofi, der alle in jeder Projektphase notwendigen PR- und damit Verkaufsaktivitäten nach einem überzeugenden Gesamtkonzept abwickelt (siehe Kapitel 5).

Kundendialog

Innerhalb des Marketings hat der Kundendialog eine zentrale Rolle. Mit „Kundendialog“ sind hier sämtliche Kontakte mit dem potenziellen wie auch realen Kunden zu verstehen. Die Schaffung eines WIR-Gefühls ist die zentrale Aufgabe.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, auf Seite der Akquisition stets die gleiche Person bestimmten Kundenadressen zuzuordnen. Auf diese Weise entsteht ein Vertrauensverhältnis, die Grundlage für jeden Vertragsabschluss.

Der Kunde soll in einer ersten Phase über das Projekt nur orientiert werden, erst in einer späteren Phase kann der eigentliche Vertragsabschluss ins Auge gefasst werden. Der Kunde sollte unbedingt auch nach Vertragsabschluss und auch während der späteren Betriebsphase betreut werden (siehe Kapitel 5).

7. Technik und Wirtschaftlichkeit

Resümee

Das Kapitel bietet einen Überblick über die technischen und wirtschaftlichen Grundlagen der Fernwärme. Es streift dabei alle Themen, von der Wärmeerzeugung über die Fernwärmeverteilung bis zur Wärmeabgabe an den Kunden. Angesichts der enormen Bandbreite dieser Themen bietet der vorliegende Leitfaden nur einen groben Überblick. Für fundierte Abklärungen wird dringend empfohlen, spezialisierte Ingenieurbüros zu konsultieren oder sich in der weitergehenden Fachliteratur zu informieren.

7.1 Wärmeabsatz, Energie- und Leistungsbedarf

Wichtige Begriffe

Prozesswärmebezüge sind für Fernwärmenetze sehr interessant, da sie auch ausserhalb der Heizperiode Wärme benötigen.

Prozesswärme und Komfortwärme

Mit Komfortwärme bezeichnet man den Wärmebedarf zur Beheizung von Gebäuden und der Erwärmung von Brauchwarmwasser. Der Bedarf fällt entsprechend den Aussentemperaturen mit saisonalen Schwankungen an und ist im Sommer gering. Komfortwärme wird meist im Temperaturbereich von 45 °C bis 75 °C benötigt.

Unter Prozesswärme versteht man den Wärmebedarf von Industrie und Gewerbe zur Heizung von Produktionsprozessen. Im Gegensatz zur Komfortwärme ist dieser Wärmebedarf kaum an die Witterung oder das Klima gekoppelt, oftmals ist auch in der Sommerzeit ein erheblicher Bedarf vorhanden. Prozesswärmebezüge sind aufgrund dieser Eigenschaft meist sehr interessante Bezüge hinsichtlich einer wirtschaftlichen Auslastung eines Fernwärmenetzes.

Das Temperaturniveau des Prozesswärmebedarf kann 60 °C -130 °C oder auch bis 180 °C betragen.

Jahresvolllaststundenzahl

Die Volllaststundenzahl ist das Verhältnis zwischen dem Jahreswärmebezug und der maximal benötigten Leistung:

$$\text{Jahresvolllaststunden} = \frac{\text{Jahreswärmebezug}}{\text{Maximaler Leistungsbezug}}$$

Je höher die Volllaststundenzahl ist, desto ausgeglichener oder gleichmässiger ist der Wärmebezug.

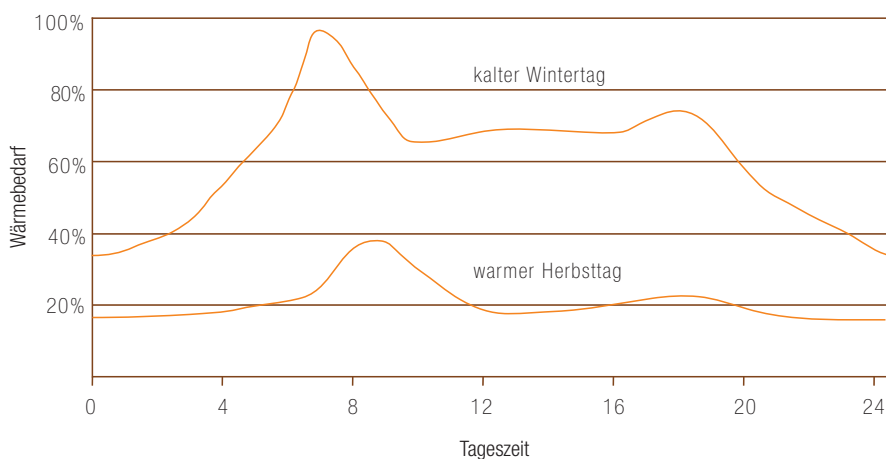
Typische Grössenordnungen der Volllaststundenzahl:

Wohnungsbau mit Brauchwarmwasser	2'000 h/a
Schulhaus, Verwaltungsgebäude	1'700 h/a
Altersheime, Spitäler	2'200 h/a
Industrie	individuell

Tageslastgang

Der Tageslastgang bildet die zeitliche Schwankung des Wärmebezugs im Tagesverlauf ab:

Belastungsspitzen können mit Speichern oder Spitzenlastkesseln abgefangen werden.



Tägliche Schwankungen können entweder durch Spitzenlastaggregate in der Wärmeerzeugung, durch die Trägheit des Gesamtsystems oder durch Speicher abgefangen werden.

Wärmeabsatzpotenzial

Grundsätzliches

Der wichtigste Baustein in einem Fernwärmeprojekt ist das Wärmeabsatzpotenzial. Dabei sind die Dichte des Wärmeabsatzgebietes, die Entfernung zur Wärmequelle oder Heizzentrale, die erforderliche Temperatur und der zeitliche Verlauf des Wärmebezuges die zentralen Punkte. Eine seriöse Erhebung des Wärmeabsatzpotenzials ist enorm wichtig, stellt es doch einen der wichtigsten Pfeiler der Wirtschaftlichkeitsrechnung dar.

Das Wärmeabsatzpotenzial ist die wichtigste Basis für die Dimensionierung.

Zur Erhebung des Wärmeabsatzpotenzials stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. Die Auswahl der Methode richtet sich nach der gewünschten Genauigkeit und der zur Verfügung stehenden Zeit. Vereinfachte Methoden, ohne genaue Daten der einzelnen Wärmebezüger, sind nur für Wohnbauten brauchbar. Zur Ermittlung des Prozesswärmebedarfs von Industrie und Gewerbe ist immer eine Kontaktaufnahme mit den Wärmekunden erforderlich.

Nur mit einer fundierten Wärmeabsatzpotenzialerhebung ist eine seriöse Wirtschaftlichkeitsrechnung möglich.

Es gilt zu beachten, dass es sich bei den Potenzialerhebungen um Momentaufnahmen handelt. Für eine langfristige Prognose sind detaillierte Modelle und Daten notwendig.

Ermittlung über Anzahl Wohneinheiten

Mit dieser Methode erfolgt eine sehr schnelle und rudimentäre Abschätzung des Wärmebedarfs. Dazu wird ein Projektgebiet kartografisch eingegrenzt und die dar- in enthaltenen Strassen erfasst. Mit einem Vergleich der Telefonbucheinträge, mittels Internet, lassen sich die Anzahl Wohneinheiten, Spezialbauten wie Schulhäuser oder andere bestimmen. Mittels Google Earth, oder einem Rundgang vor Ort, lässt sich auch der Gebäudezustand abschätzen. Mit den spezifischen Heizwerten von Gebäudart, kann so der Energiebedarf abgeschätzt werden.

Gebäudeart	Spezifischer Energiebedarf
älteres Gebäude	140–220 kWh/m ²
älteres Gebäude, saniert	70–110 kWh/m ²
Neubau, gemäss MuKE	50–60 kWh/m ²
Minergie	30–40 kWh/m ²

Tabelle 1 Spezifischer Energieverbrauch diverser Gebäudearten

Es gibt mehrere gute Methoden zur Ermittlung des Wärmeabsatzpotenzials.

Jede Methode hat ihre Vor- und Nachteile. Die einzig richtige Methode gibt es nicht.

webGIS

Im kostenpflichtigen Web-Geo-Informationssystem, kurz webGIS, können Wärmesenken mit verschiedenen Wärmeabsatzdichten und Wärmebezügerarten sehr rasch und einfach identifiziert werden. Die Genauigkeit der Daten ist zwar rudimentär, reicht für eine erste Abschätzung aber meistens aus.

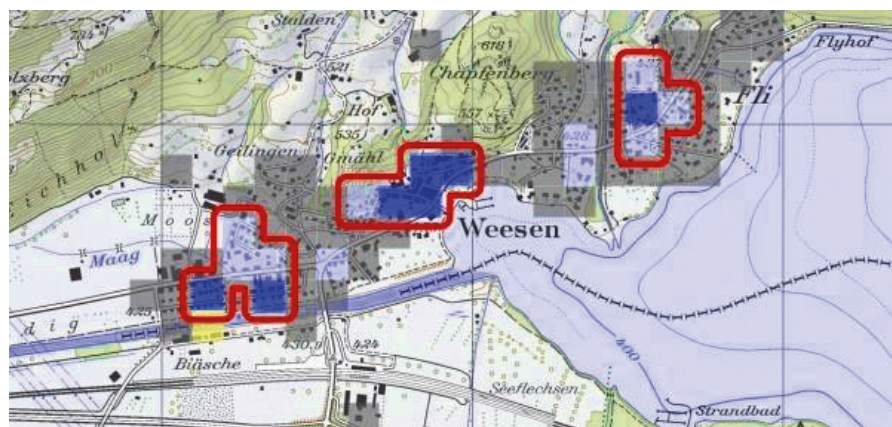


Abbildung 7-1 Wärmeabsatzpotenzialcluster

Ermittlung mittels Brennstoffkonsum

Die genaueste Angabe zum Wärmeabsatzpotenzial lässt sich durch den bisherigen Brennstoffkonsum in den Objekten ermitteln. Dabei ist der Wirkungsgrad der bestehenden Wärmeerzeugungsanlagen abzuschätzen und zu berücksichtigen.

Ermittlung mittels Kesselleistungen

Eine Ermittlung mittels der vorhandenen Kesselleistungen ist ungeeignet, da die Kessel fast immer massiv überdimensioniert sind. Von dieser Methode ist dringend abzuraten.

Anschlussgrad und Anschlusswahrscheinlichkeit

Bei der Erhebung des Wärmeabsatzpotenzials ist zu beachten, dass längst nicht alle möglichen Fernwärmebezüger auch jemals an ein zukünftiges Fernwärmenetz angeschlossen werden. Der Anschlussgrad oder die Anschlusswahrscheinlichkeit bestehender Bauten liegt typischerweise im Bereich von 50 %.

Häufig wird der Anschlussgrad überschätzt.

Liniendichte

Erfahrungsgemäss lohnen sich Fernwärmeprojekte, wenn sie hinsichtlich Wärmeabsatzdichte folgende Kennzahlen erreichen:

Liniendichte > 1 kW/Tm oder

Liniendichte > 2 MWh/Tm/a

Die Liniendichte beschreibt dabei das Verhältnis von Anschlussleistung respektive Wärmeabsatz zur gesamten Trasselänge.

Jahresdauerlinie (JDL)

Wenn der Wärmeabsatz ermittelt ist, kann die Jahresdauerlinie des Wärmeabsatzgebietes ermittelt werden. Die JDL stellt die geordnete Wärmebedarfsleistung über das ganze Jahr dar und wird insbesondere zur Dimensionierung der Wärmeerzeugungsanlagen benötigt.

Die Jahresdauerlinie bildet die Basis zur Dimensionierung der Wärmeerzeuger.

Zur Ermittlung der JDL ist zwischen Komfortwärme und Prozesswärme zu unterscheiden. Bei der Komfortwärme reicht es aus, den jährlichen Wärmebedarf zu kennen, da mittels Erfahrungswerten der Volllaststundenzahl auf die erforderliche Wärmeleistung geschlossen werden kann. Bei Prozesswärme sind zwingend Angaben zum zeitlichen Verlauf des Wärmebedarfs oder zur maximal erforderlichen Wärmeleistung erforderlich.

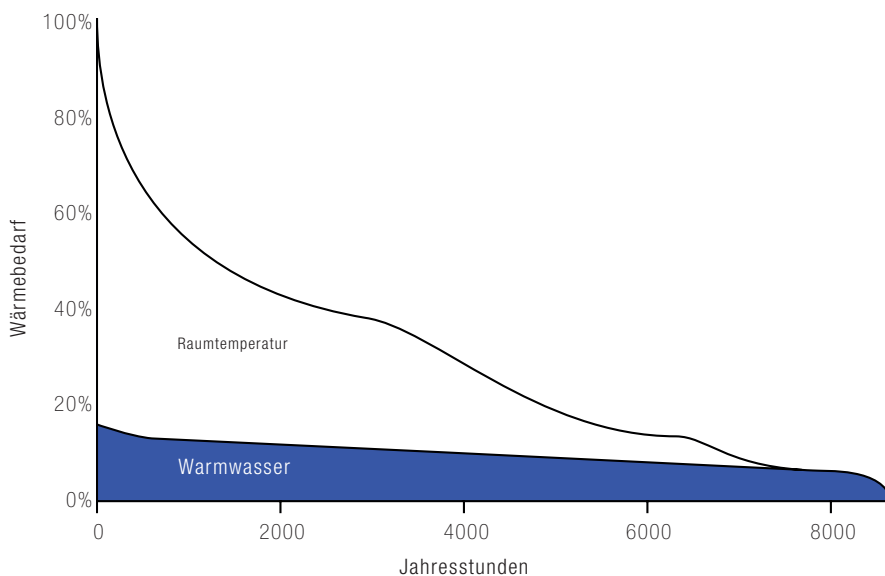


Abbildung 7-2 Muster-Jahresdauerlinie

Es benötigen nie alle Bezüger gleichzeitig ihre maximale Wärmebezugsleistung

Im Weiteren ist zu beachten, dass bei einer Vielzahl von Wärmebezügern Verschachtelungseffekte auftreten. D.h., dass nie alle gleichzeitig die maximale Wärmeleistung benötigen. Die resultierende Gesamtwärmeleistung ist also geringer als die Summe aller Einzelwärmeleistungen. Man spricht da vom Gleichzeitigkeitsfaktor.

Langfristige Veränderung des Wärmebedarfs

Es ist zu beachten, dass bei Bauten aufgrund von Sanierungen der Gebäudehülle der Wärmekonsum zur Gebäudeheizung im Verlaufe der Jahre abnimmt. Typischerweise beträgt in grösseren Fernwärmenetzen die Reduktion rund 1% pro Jahr. Um einen gleichbleibenden Wärmeabsatz zu garantieren sind deshalb regelmässig neue Wärmekunden zu akquirieren und eine innere Verdichtung anzustreben.

7.2 Wärmequellen und Wärmeerzeugungssysteme

Wärmequellen

Hochtemperaturige Wärmequellen sind technisch und wirtschaftlich wertvoller als nieder-temperaturige Quellen.

Die typischen Wärmequellen für Fernwärmenetze lassen sich insbesondere anhand der Temperatur unterscheiden.

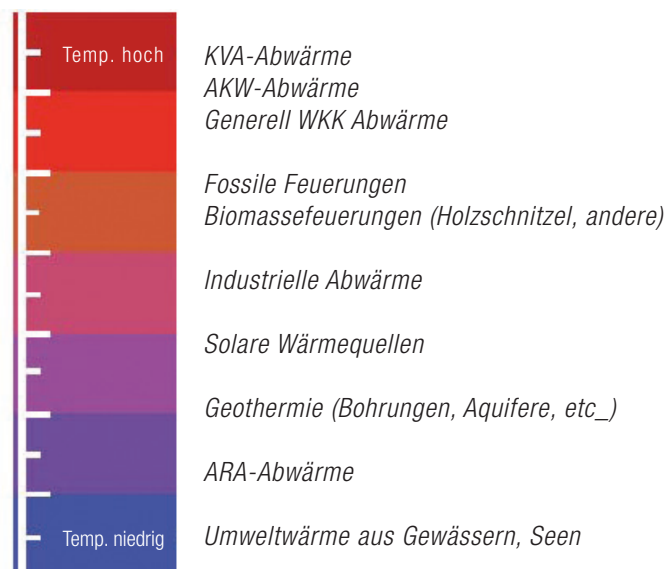


Abbildung 7-3 Wärmequellen mit typischen Temperaturniveaus

Wärmeerzeugung

Im Rahmen dieses Fernwärmeleitfadens soll nur eine rudimentäre Übersicht über die verbreitetsten Wärmeerzeugungsarten gegeben werden:

Art der Wärmeerzeugung	Typische Temperatur	Besonderes
KVA-Abwärme	120 °C – 150 °C	Sehr günstige Wärmequelle, oftmals weit entfernt vom Wärmeabsatzgebiet
Fossile Feuerungen, Biomasse, Erdgas	90 °C – 150 °C	Hohe Energiekosten, da Brennstoff eingekauft werden muss, tiefe Kapitalkosten
Wärmepumpen (Quellen: Industrielle Abwärme, Geothermie, Abwärme)	bis max 75 °C	Hohe Kapitalkosten, tiefere Energiekosten als bei fossilen Feuerungen
Kalte Fernwärme (Quellen: Abwasser, Grundwasser i.d.R. Temperaturen, Abwärme)	8 °C – 15 °C	Dezentrale Wärmepumpen erforderlich

Auslegung von Wärmeerzeugern

Die Auslegung der Wärmeerzeuger basiert auf der Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs und auf den verfügbaren Wärmeerzeugungsarten. Dabei wird das Ziel einer wirtschaftlich und ökologisch optimalen Kombination der verschiedenen Wärmeerzeuger verfolgt.

Bei grösseren Anlagen werden bivalente Lösungen mit zwei oder mehr Wärmeerzeugern realisiert.

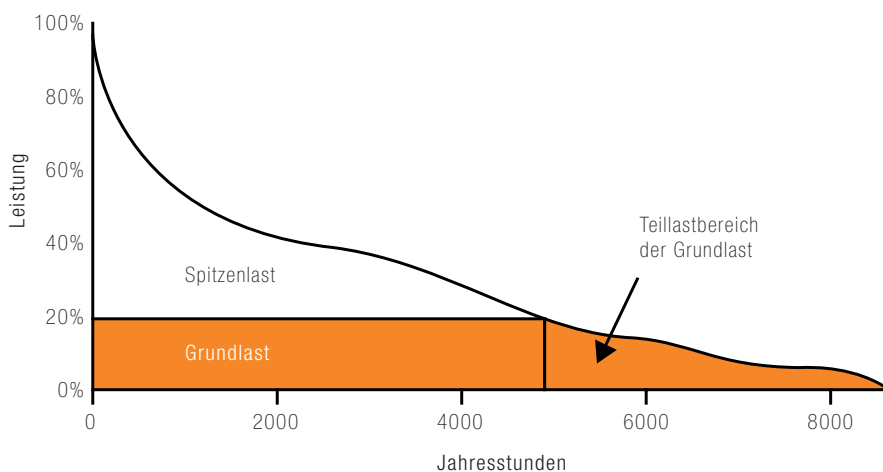


Abbildung 7-4 Jahresdauerlinie des Wärmebedarf (1)

Bivalente Anlagen sind insbesondere bei grösseren Gesamtleistungen wirtschaftlicher als monovalente Systeme.

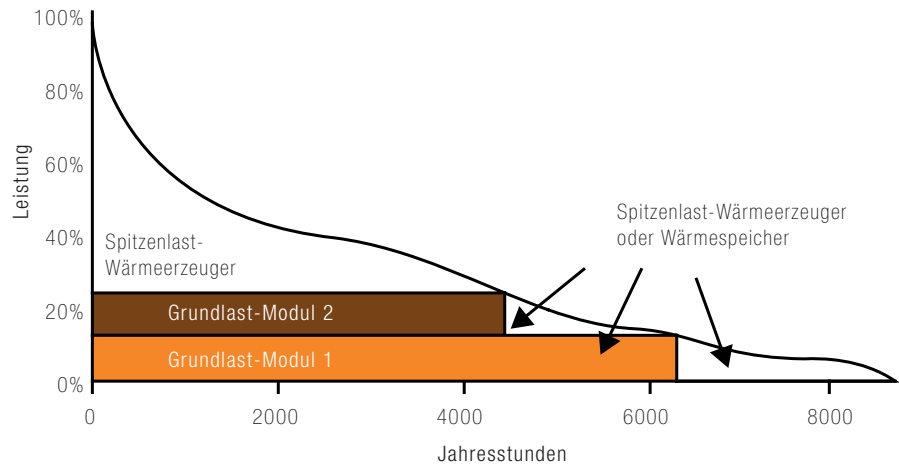


Abbildung 7-5 Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs (2)

Ideal: Grundlast mit tiefen variablen Kosten; Spitzenlast mit tiefen fixen Kosten

Ein wirtschaftliches Optimum wird erreicht, wenn der Grundlastbereich durch Wärmeerzeuger mit geringen variablen Kosten, d.h. insbesondere mit geringen Energiekosten, abgedeckt wird, z.B. mit einer Abwärmennutzung, einem Holzkessel oder einer Wärmepumpenanlage. Meistens verursachen diese Anlagen eher hohe Investitionen. Für die Spitzenlast wird ein Wärmeerzeuger mit geringen fixen Kosten, d.h. insbesondere mit geringen Kapitalkosten, eingesetzt, z.B. ein Spitzenlastkessel mit Heizöl oder Erdgas befeuert.

Kleine Anlagen werden in der Regel monovalent, d.h. nur mit einem Wärmeerzeugertyp, realisiert, da es sich nicht lohnt, die Investition für einen zweiten Wärmeerzeuger zu tätigen.

7.3 Wärmeverteilung und Fernwärmenetze

Netzarten

Die Netzarten werden durch die Anordnung der Heizzentralen, die Gegebenheiten vor Ort und den Anspruch an die Versorgungssicherheit bestimmt. Grundsätzlich werden 3 Netzarten unterschieden:

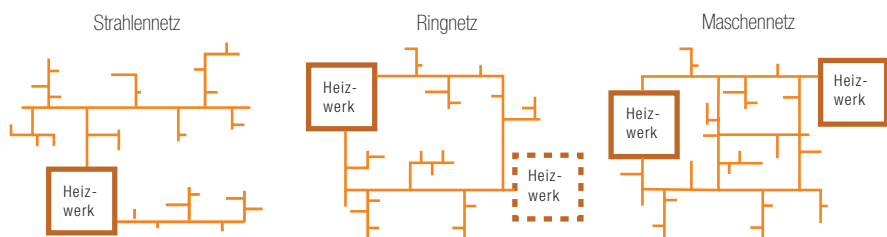


Abbildung 7-6 Netzarten

Bei kleineren Fernwärmenetzen werden hauptsächlich Strahlennetze gebaut. Mit dem Strahlennetz können die kürzesten Verlegungslängen zur Erschliessung eines Versorgungsgebietes erreicht werden, was zu den tiefsten Investitionskosten führt.

Bei grösseren Netzen, und insbesondere bei mehreren Heizzentralen, kommen Ringnetze oder Maschennetze zum Einsatz. Ringnetze weisen im Vergleich zu Strahlennetzen eine erhöhte Versorgungssicherheit im Falle eines Schadens am Netz auf.

Heute werden fast ausschliesslich 2-Leiternetze mit identischen Vor- und Rücklaufquerschnitten realisiert.

Typische Wärmeträgermedien und Netztemperaturen

In den meisten Netzen werden Wasser oder Dampf als Wärmeträgermedium eingesetzt. Für Kältenetze kommt Sole zum Einsatz.

Wärmeträger	Typische Temperatur	Besonderheiten
Warmwasser	80 °C–105 °C	Geringere sicherheitstechnische Anforderungen
Heisswasser	110 °C–140 °C	Druckgeräterichtlinien beachten
Dampf	160 °C–200 °C	Druckgeräterichtlinien beachten, Kunststoffmantelrohre aufgrund hoher Temperaturen nicht mehr verwendbar
Wasser	+10 °C	Für Anergienetze, kalte Fernwärme, keine Wärmedämmung erforderlich
Wasser/Sole	-20 °C–+10 °C	In Kältenetzen: - Wasser: Klimakälte - Sole: Gewerbliche Kälte

Um Verkalkung, andere Ablagerungen oder Korrosion in der Leitung zu verhindern, wird das verwendete Wasser konditioniert. Dabei werden insbesondere die Wasserhärte, der pH-Wert und die Leitfähigkeit des Wassers entsprechend den relevanten Normen eingestellt.

Rohrsysteme

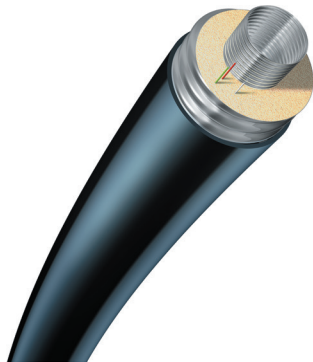
Je nach Temperatur und Druckbereich werden verschiedene Rohrsysteme eingesetzt.

Das KMR-System ist das am häufigsten eingesetzte System.



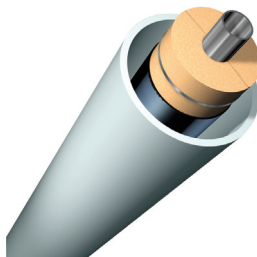
Das Kunststoffmantelrohr (KMR) mit einem Mediumrohr aus Stahl, einer Wärmedämmschicht aus Polyurethanschaum und einen Aussenmantel aus Kunststoff ist das am meisten eingesetzte System. Bei der Verlegung ist die Rohrstatik zu beachten!

Im Dauerbetrieb einsetzbar bis 120 °C und 25 bar



Bei „schwierigen“ Geländeverhältnissen werden teilweise flexible Mediumrohre eingesetzt. Durch den Einsatz dieser Rohre ab Rolle kann zudem die Montagezeit reduziert werden, da die Schweissnähte entfallen. Die wellige Bauform ermöglicht es, die Wärmedehnung ohne weitere Komponenten zu kompensieren, führt aber zu höherem Druckverlust. Verbindungsstücke zwischen den Leitungen sind teuer.

Im Dauerbetrieb einsetzbar bis 130 °C und 25 bar



Stahlmantelrohre mit einer Vakuumisolation mit Steinwolle kommen hauptsächlich bei Dampfnetzen zum Einsatz, da sie auch für Temperaturen über 200 °C geeignet sind. Rohrstatik beachten!

Einsetzbar bis über 200 °C



Mediumrohre aus Kunststoff haben nur in tieferen Temperaturbereichen eine Daseinsberechtigung, nimmt doch ihre Lebensdauer bei erhöhten Temperaturen rapide ab.

Maximale Dauerbetriebstemperatur: 80 °C, reduzierte Lebensdauer bei hohen Temperaturen

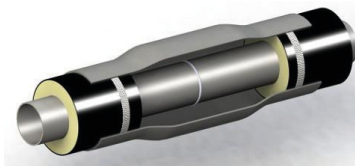


Polyethylen-Rohre werden im Bereich der kalten Fernwärme eingesetzt. Die Rohre können miteinander verschweisst werden. Da das in den Rohren fließende Medium eine ähnliche Temperatur wie das Erdreich aufweist, werden diese Rohre nicht wärme gedämmt.

Einsatzgebiet in der kalten Fernwärme

Muffen KMR

Bei der Verlegung von Kunststoffmantelrohren spielen Muffen bei der Verbindung der Rohre eine wichtige Rolle. Grundsätzlich wird zwischen Schrumpfmuffen und Schweissmuffen unterschieden. Verschiedene Systemlieferanten verwenden ihre eigenen, zum Teil verwirrenden, Bezeichnungen.



Schrumpfmuffen

Abdichtung mittels Dichtband, geeignet bei wasserdurchlässigen Böden ohne Staunässe, wesentlich günstiger als Schweissmuffen

Schweissmuffen

Stoffschlüssige Verbindung, auch bei wasserführenden Böden geeignet, teurer als Schrumpfmuffen

Verlegetechnik KMR und Rohrstatik

In diesem Abschnitt wird auf Besonderheiten des am meisten verwendeten Rohrtyps KMR eingegangen.

Grundlage

Durch die Erwärmung des Fernwärmerohres und die eingeschränkte Ausdehnmöglichkeit des in der Erde verlegten und dadurch kraftschlüssig fixierten Rohrsystems entstehen im Rohr thermische Spannungen. Diese können das Rohrsystem dauerhaft beschädigen. Es besteht einerseits die Gefahr des lokalen Ausknickens und andererseits die Gefahr des Überschreitens der maximal zulässigen Materialspannung. Um dies zu verhindern, sind Kompensationsmassnahmen erforderlich.

Wichtig ist die Unterscheidung zwischen dem Haftbereich und dem Gleitbereich des Rohres. Im Haftbereich ist das Rohr fest eingespannt und es findet keine Verschiebung in axialer Richtung statt. Dies führt zu maximalen thermischen Spannungen im Rohr. Im Gleitbereich hingegen finden Ausdehnungen in axialer Richtung statt, was zu einer Reduktion der thermischen Spannung führt.

Rohrstatistische Berechnungen erfordern fundierte Fachkenntnisse. Dazu sind spezialisierte Ingenieurbüros beizuziehen.

Rohrstatistische Berechnung

Die Berechnung erfolgt nach den gängigen Normen und mit Hilfe von Tabellen und Programmen. Dabei sind insbesondere folgende Parameter relevant: Rohraussendurchmesser, Verlegelänge, Überdeckungshöhe, Verlege- und Betriebstemperatur des Systems, zulässige Spannung im Rohr, aber auch die Betrachtung, ob sich der zu untersuchende Rohrabschnitt im Haft- oder im Gleitbereich befindet.

Details sind bei spezialisierten Ingenieurbüros oder in der weiterführenden Literatur zu finden.

Verlegearten

Grundsätzlich lassen sich die beiden Arten:

- Verlegung ohne Spannungsreduzierung
- Verlegung mit Spannungsreduzierung

unterscheiden. Letztere Methode lässt sich in weitere Untergruppen unterteilen.

Die Verlegeverfahren werden häufig auch in Kalt- und Warmverlegung unterschieden. Die Verfahren bleiben sich dabei aber die gleichen.

Verlegung ohne Spannungsreduzierung

Bei dieser Methode werden keine Dehnelemente oder Ähnliches eingesetzt. Die Spannung im Rohr erhöht sich entsprechend dem Ansteigen der Betriebstemperatur.

Bis zu einer Temperatur von rund 90 °C bleiben die Spannungen unterhalb der Streckgrenze des Rohrmaterials. Bei höheren Temperaturen wird die natürliche Streckgrenze der Stahls einmalig überschritten, was zu einem Fließen des Materials führt. Dies wiederum führt zu einem Abbau der Spannungsspitzen und zu einem unkritischen Zustand.

Verlegung mit Spannungsreduzierung

Mit diesen Verfahren wird erreicht, dass sich das Rohr immer im spannungsärmeren Gleitbereich und nie im spannungsintensiven Haftbereich befindet.

Dazu werden 3 Massnahmen angewendet:

- Verlegung mit Dehnungsbogen
- thermische Vorspannung
- Einsatz von Einmalkompensatoren

Auch zu den Verlegearten sind Details bei spezialisierten Ingenieurbüros oder in der weiterführenden Literatur zu finden.

Netzdimensionierung und Netzparameter

Rohrquerschnitt

Die Festlegung des Rohrquerschnittes ist eine Optimierung zwischen geringeren Investitionskosten und grösseren Druckverlusten (Pumpenenergie) bei kleinen Querschnitten und höheren Investitionskosten und geringerem Pumpenergieaufwand bei grösseren Querschnitten. Als ökonomisch optimaler Bereich hat sich in den vergangenen Jahren der Druckverlustbereich zwischen 150 bis 250 Pa/m etabliert. Dieser Wert dient als Basis für eine wirtschaftliche Rohrdimensionierung.

Zu gross dimensionierte Rohre verursachen unnötig hohe Investitionskosten.

Druckverlustberechnung

Der Druckverlust im Netz lässt sich mit spezialisierten Programmen oder Excel-Lösungen berechnen. Dabei ist zu beachten, dass im geschlossen Fernwärmesystem durch die Netzpumpen lediglich die Rohrreibung und nicht die allfälligen geodätischen Höhenunterschiede überwunden werden müssen.

Mittels hydraulischen Netzberechnungen lassen sich Netzengpässe ermitteln.

Mittels hydraulischen Netzberechnungen lassen sich auch Netzengpässe in bestehenden Fernwärmenetzen eruieren und graphisch darstellen.

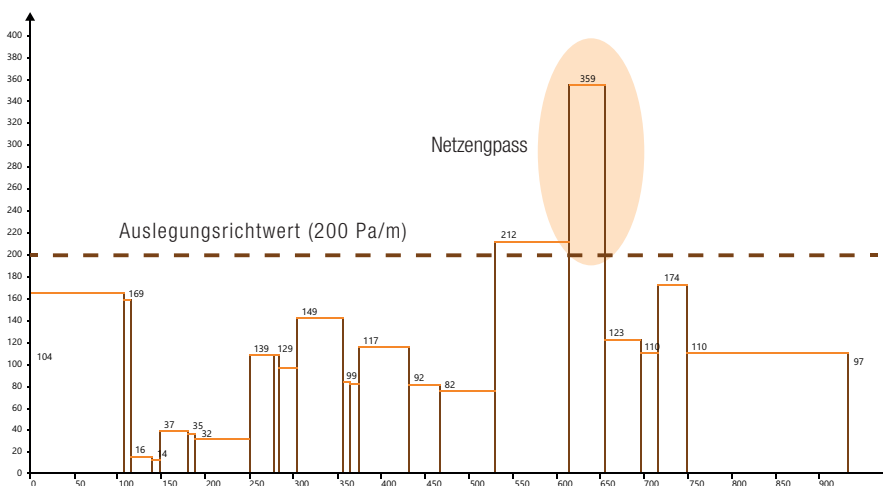


Abbildung 7-7 Beispiel Druckverluste

Drücke im Fernwärmenetz

Die Druckverhältnisse in einem Fernwärmenetz lassen sich am besten in einer Grafik darstellen:

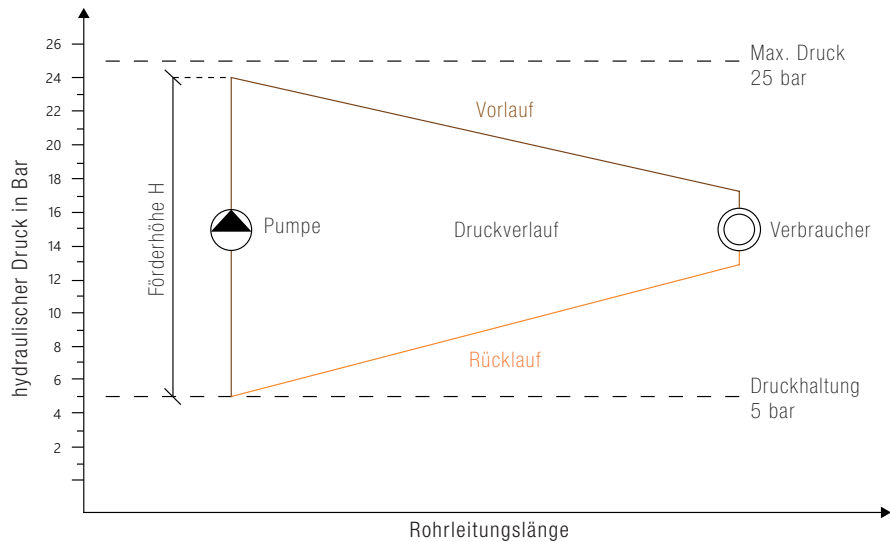


Abbildung 7-8 Drücke im Netz (1)

Der Ruhedruck wird durch die Druckhaltung in der Fernwärmezentrale definiert. Dadurch wird einerseits verhindert, dass im Fernwärmenetz irgendwo der Dampfdruck des Wassers unterschritten wird und andererseits sichergestellt, dass die erforderliche Zulaufhöhe der Pumpe erreicht wird, um Pumpenkavitation zu verhindern. Die Druckhaltung wird in grösseren Fernwärme-Netzen mit Diktierpumpen und Überströmventilen (Transfero-System) und in kleineren Netzen mit einem Gaspolster bewerkstelligt. Beim Minimal- und Maximaldruck sind insbesondere auch die geodätischen Höhenverhältnisse und die dadurch vorhandene Drucküberlagerung zu beachten.

Rohrleitungen und Armaturen werden festigkeitsmässig in bestimmten Druckstufen (Nenndruck) gefertigt. Für Rohrleitungen aus Stahl sind die Nenndruckstufen PN 16 und PN 25 üblich. Der maximale Druck im Fernwärmenetz darf den Nenndruck an keiner Stelle im Netz überschreiten.

Die Förderhöhe bezeichnet die Druckerhöhung der Pumpe. Die Pumpe überwindet die Druckverluste im Fernwärmenetz.

Bei den Verbrauchern wird ein minimaler Differenzdruck (typischerweise 0,5–1,0 bar) benötigt, um die Druckverluste der Wärmeübergabestation und des Wärmetauschers zu überwinden. Die Netzpumpen sind so zu regeln, dass dieser minimale Differenzdruck überall und jederzeit eingehalten werden kann.

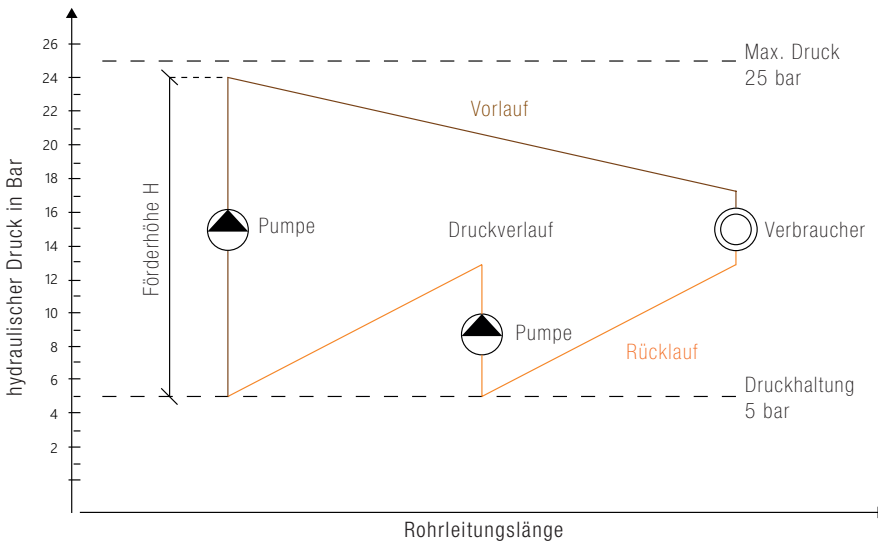


Abbildung 7-9 Drücke im Netz (2)

Bei sehr ausgedehnten Netzen kann der kumulierte Druckverlust so hoch werden, dass der maximale Druck, respektive der Nenndruck, überschritten werden. Da schafft eine Druckerhöhungspumpe im Rücklauf, oder fallweise im Vorlauf, Abhilfe. Durch die Druckerhöhungspumpe kann die erforderliche gesamte Druckerhöhung auf mehrere Pumpen aufgeteilt werden, um so das Überschreiten des Nenndrucks zu verhindern.

Systemtemperaturen

Die Vorlauftemperatur ergibt sich aus den Temperaturanforderungen der Wärmebezüger, dem Ziel einer möglichst grossen Temperaturspreizung im Netz zur Erhöhung der Transportkapazität und den Rahmenbedingungen der Wärmequelle.

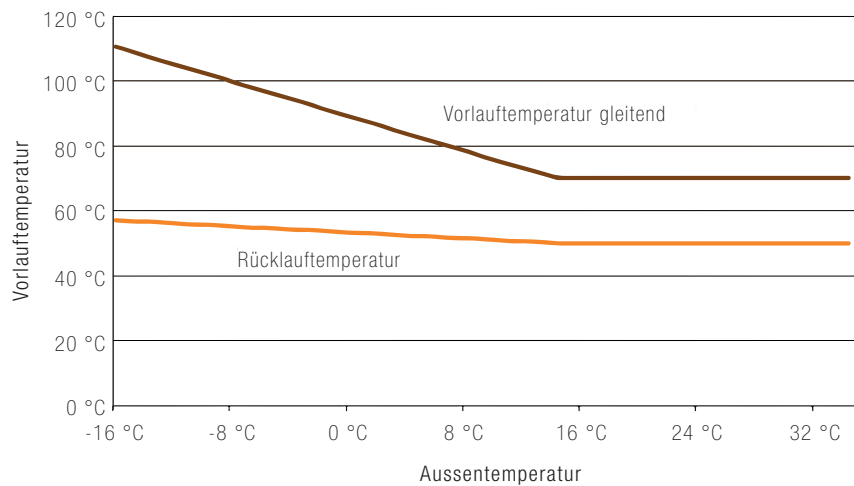
Eine hohe Temperaturspreizung im Fernwärmenetz kann insbesondere auch durch eine tiefe Rücklauftemperatur erreicht werden. Tiefe Rücklauftemperaturen sind aus verschiedenen Gründen sehr wichtig. Tiefe Rücklauftemperaturen:

- erhöhen den Ertrag alternativer (und kostengünstiger) Wärmequellen wie Abwärmennutzungen oder Wärmepumpen;
- steigern durch eine erhöhte Temperaturspreizung die Übertragungskapazität des Fernwärmenetzes und
- reduzieren die Wärmeverluste im Rücklauf.

Tiefe Rücklauftemperaturen können durch Anpassungen an den hydraulischen Schaltungen bei den Wärmebezügern realisiert werden

Fernwärmenetze können mit konstanter oder gleitender Vorlauftemperatur betrieben werden. Bei gleitender Betriebsweise wird die Vorlauftemperatur in Funktion der Aussentemperatur geregelt. Eine gleitende Vorlauftemperatur reduziert die Wärmeverluste im Fernwärmenetz.

Mit erhöhten Temperaturspreizungen kann bei gleicher Übertragungsleistung der Volumenstrom reduziert werden. Dadurch können kleinere Rohre eingesetzt werden oder Netzengpässe überbrückt werden.



Typische Systemtemperaturen Vorlauf (VL) und Rücklauf (RL):

Wärmeverbundtyp	Typische Netztemperatur
Wärmepumpe mit Abwärmenutzung	75 °C VL / 45 °C RL
Holzwärmeverbund klein	90 °C VL / 45 °C RL
Holzheizkraftwerk	105 °C VL / 50 °C R
Fernwärme ab KVA	120 °C VL / 55 °C RL

Wärmeverluste

Wärmeverluste in wenig ausgelasteten Fernwärmenetzen verringern die Wirtschaftlichkeit.

Fernwärmerohre weisen immer Wärmeverluste aus. Zentrale Fernwärmeerzeugungen werden aber effizienter und ökologischer betrieben als dezentrale Einzelanlagen, so dass die Netzverluste meistens überkompensiert werden.

Bei gut ausgelasteten Fernwärmenetzen betragen die Wärmeverluste im Netz rund 10 % der Jahresenergiemenge. Netze mit einer geringen Wärmebedarfsdichte, also weit verzweigte und wenig ausgelastete Netze, weisen zum Teil erheblich höhere Wärmeverluste von bis zu 20 % oder 30 % aus. Auch deshalb ist eine hohe Anschlussdichte für die Wirtschaftlichkeit eines Fernwärmenetzes enorm wichtig.

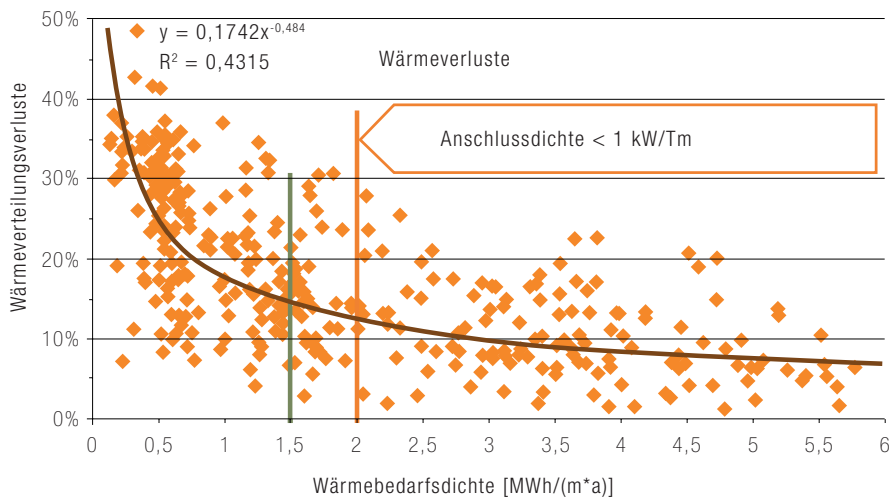


Abbildung 7-11 Wärmeverluste (Quelle CARMEN)

Lesebeispiel für obenstehende Grafik:

*Wärmenetze mit 0,6 MWh/(m*a) oder 0,3 kW/Tm weisen Netzverluste von rund 20 % auf.*

Bei sehr geringem sommerlichem Wärmebedarf kann es aufgrund der grossen Wärmeverluste sinnvoll sein, die Fernwärmeversorgung im Sommer stillzulegen. Dabei muss das erforderliche Brauchwarmwasser bei den Wärmekunden vor Ort anderweitig erzeugt werden können.

Tiefbau

Üblicherweise werden die Fernwärmeleitungen im klassischen offenen Grabenbau verlegt. Die Fernwärmerohre werden dabei mit Sand umhüllt.

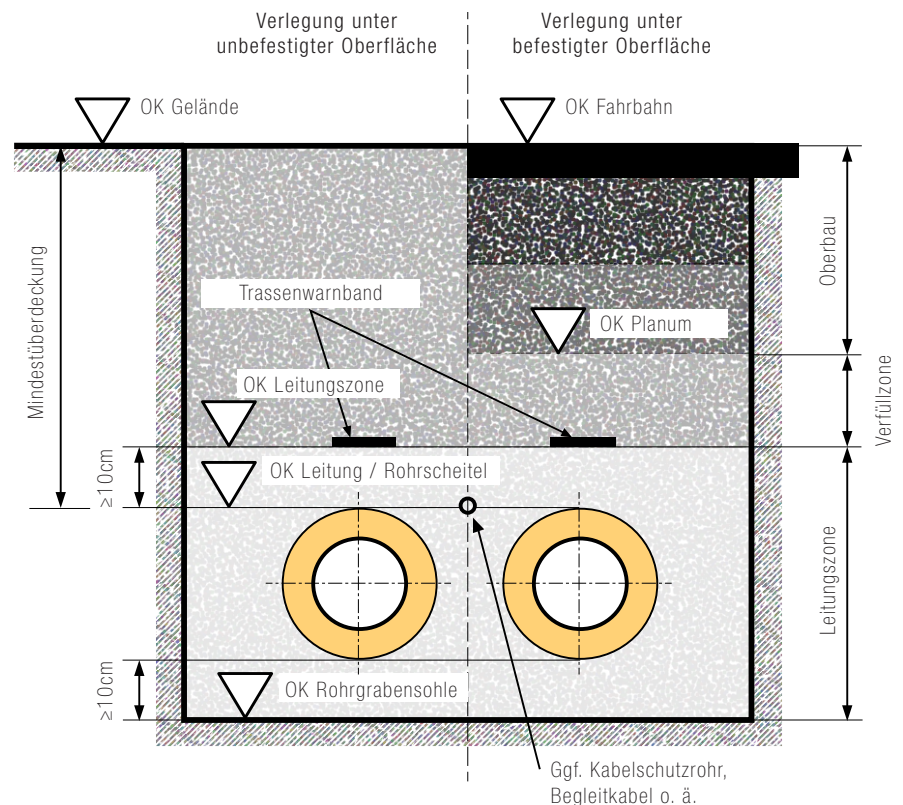


Abbildung 7-12 Skizze Leitungen im Graben (Quelle: AGFW-Arbeitsblatt FW 401)

Grabenlose Verfahren und Spezialtiefbau

Der Einsatz von Spezialtiefbauverfahren hat in den letzten Jahren stark zugenommen.

Für Unterquerungen, die nicht im offenen Grabenbau realisierbar sind (Autobahnquerungen, Unterquerung Bachläufe, Unterquerung Eisenbahnlinsen), kommen grabenlose Spezialverfahren zum Einsatz.

Die bekanntesten sind:

- Spülbohrverfahren
- Pressvortrieb
- Microtunneling

In all diesen Spezialtiefbauverfahren können herkömmliche KMR-Rohre eingebaut werden. Meistens wird dazu ein zusätzliches Schutzrohr eingesetzt.

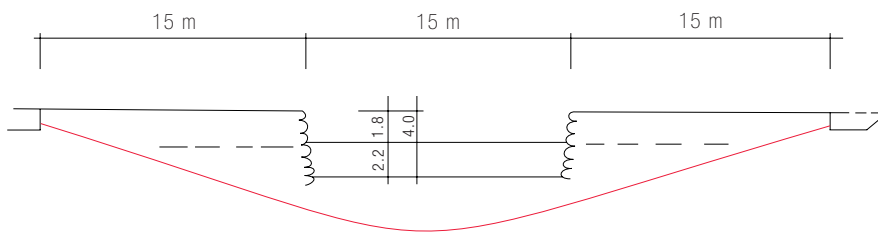


Abbildung 7-13 Skizze Spühlbohrverfahren

Korrosionsschutz

Durch die meistens verwendeten Kunststoffmantelrohre und deren hermetischer Kunststoffummantelung ist Korrosion an Fernwärmeleitungen sehr selten. Auf Zusatzmassnahmen wie Opferanoden oder den Einsatz zusätzlicher galvanischer Trennungen kann in Regel verzichtet werden.

Unabdingbar ist aber eine Konditionierung des Kreislaufwassers, um die Korrosion an der Rohrwand zu vermeiden.

Netzsektionierungen, Entlüftungen und Entleerungen

Grössere Netze werden mittels Netzsektionierung unterteilt. Die dabei eingesetzten Absperrarmaturen werden entweder erdverlegt oder in begehbaren Armaturenschächten untergebracht. In der Regel werden Netzhochpunkte mit Entlüftungsarmaturen versehen, so dass das Netz problemlos mit Wasser befüllt werden kann. Netztiefpunkte werden meistens mit Entleerungsarmaturen versehen.

Bei erdverlegten Armaturen ist auf eine gute Zugänglichkeit für Kontrolle und Wartung zu achten.

Leckageüberwachung

Erdverlegte Rohrsysteme können durch Verschleiss, Korrosion oder Produktionsfehler im Laufe der Zeit Leckagen aufweisen. Um diese zu detektieren, werden Leckageüberwachungssysteme eingesetzt, die das System permanent auf Feuchte in der Rohrdämmung überwachen. Am meisten verbreitet sind die Systeme „Brandes“ und das „Nordische System“. Bei beiden Systemen werden in der Wärmedämmschicht des Kunststoffmantelrohres elektrische Leiter eingebaut. Die Leiter verändern bei einem Feuchteeinbruch ihre elektrischen Eigenschaften, wodurch die Lage der Leckage recht genau lokalisiert werden kann. Zur Leckageortung sind spezielle Messgeräte erforderlich. Bevor bei einem Schadenfall Aufgrabungen vorgenommen werden, ist zwingend eine Feinortung vor Ort erforderlich, um das Leck genau zu lokalisieren und unnötige Tiefbaukosten zu vermeiden.

Mittels Überwachungssystemen können Leckagestellen einfach geortet werden.

Netzkommunikation

Durch den Einsatz eines Netzkommunikationssystems können Wärmezähler ausgelesen, dezentrale Pumpen angesteuert, Druckverhältnisse am Netzschlechtepunkt erfasst und viele weitere Informationen übertragen werden.

Das Kommunikationssystem wird oftmals in gleichzeitig mit der Fernwärmeleitung verlegten Kabelschutzrohren installiert. Dies verursacht aber zusätzliche Tiefbaukosten. Alternativ dazu kann die Kommunikation auch über bereits bestehende Glasfasernetze, die Leckageüberwachung oder Funknetze erfolgen. Im Projektfall empfiehlt es sich, die Kosten für die einzelnen Systeme durch den Planer zu vergleichen.

Wärmeübergabestationen

Die Wärmeübergabestation ist die Schnittstelle zum Wärmekunden.

Die Wärmeübergabestation stellt die Schnittstelle zwischen Fernwärmenetz und den Anlagen des Wärmekunden dar. Grundsätzlich wird zwischen direkten und indirekten Wärmeübergabestation unterschieden. Bei den meistens eingesetzten indirekten Wärmeübergabestationen werden die beiden Systeme durch einen Wärmetauscher hydraulisch getrennt. Bei der selten verwendeten direkten Wärmeübergabestation wird auf diese Trennung verzichtet.

Die Wärmeübergabestation erfüllt folgende Aufgaben:

- *Messung der bezogenen Wärmemenge*
- *Regulierung der bezogenen Leistung und Wärmemenge*
- *hydraulische Trennung der Systeme Fernwärmenetz und Kundenanlage (bei indirekten Stationen)*

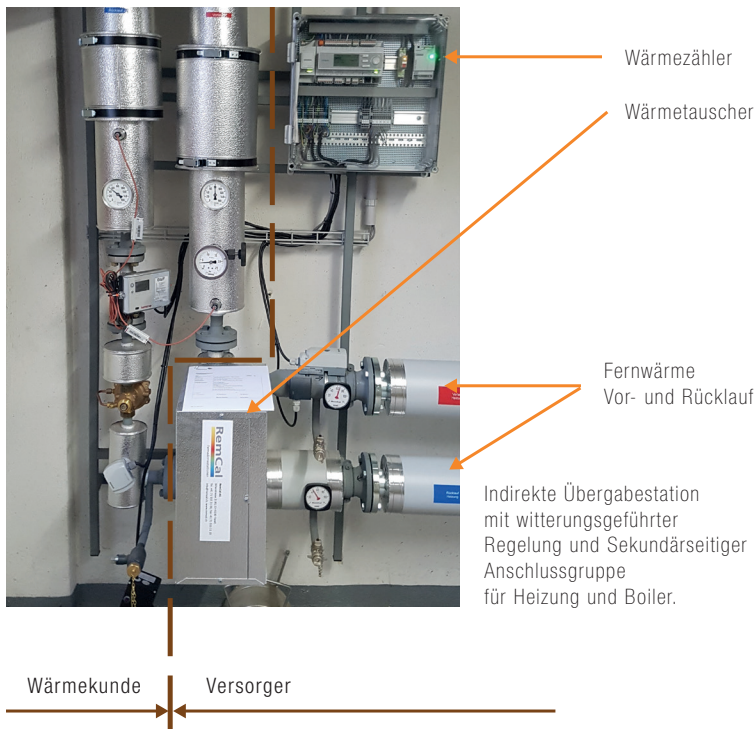


Abbildung 7-14 Typische Wärmeübergabestation in einem Einfamilienhaus

Die technischen Details der Wärmeübergabestationen werden typischerweise in technischen Anschlussbedingungen geregelt.

Dokumentation

Eine exakte Dokumentation der Fernwärmeleitungen ist enorm wichtig. Nur mit einer lückenlosen Dokumentation können die Leitungen später präzise geortet oder hydraulische Netzberechnungen erstellt werden.

In die Dokumentation gehören insbesondere die genaue Lage und Höhe der Leitungen und der Schweissnähte, Angaben zum verwendeten Verlegeverfahren und allfälligen Vorspannungen, Rohrdurchmesser und Rohrtyp sowie Prüfprotokolle. Auch eine Fotodokumentation kann sehr nützlich sein. Informationen zu Lage, Höhe und Nennweite werden heute meistens in einem geografischen Informationssystem GIS erfasst.

7.4 Kosten und Wirtschaftlichkeit

Investitionskosten

Die Investitionskosten umfassen sämtliche Kosten zur erstmaligen Erstellung des Werkes. Sie umfassen insbesondere die Planungskosten, die Kosten für die Wärmeerzeugung, den Wärmetransport und die Wärmeübergabe.

Typische Grössenordnungen für Investitionskosten für Fernwärmeleitungen sind (Stand 2017):

Netzpumpengruppe mit Regulierung	1 MWth	30'000 CHF
Warm- und Heisswasserleitung erdverlegt, innerstädtisches Gebiet	< DN 50	1'200 CHF/Tm
	< DN 100	1'400 CHF/Tm
	< DN 200	1'900 CHF/Tm
Warm- und Heisswasserleitung erdverlegt, ländliches Gebiet	< DN 50	700 CHF/Tm
	< DN 100	900 CHF/Tm
	< DN 200	1'200 CHF/Tm
Warm- und Heisswasserleitung kellerverlegt	< DN 50	500 CHF/Tm
	< DN 100	600 CHF/Tm
	< DN 200	800 CHF/Tm
Dampfleitung kanalverlegt	DN 100	4'000 CHF/Tm
Hausstation mit Wärmeübergabe, Messung und Regulierung	EFH	15'000 CHF
	MFH 30 kW	30'000 CHF
	MFH 150 kW	40'000 CHF
Netzkommunikationssystem		Je nach System sehr unterschiedlich
Wärmeerzeugung		Je nach System sehr unterschiedlich

Die Kosten können aufgrund veränderter Marktsituationen oder Randbedingungen stark schwanken. Sie dienen lediglich zur Orientierung und sind nicht für endgültige Kostenabschätzungen geeignet.

Innerstädtisch sind die Baukosten 1,5 mal bis 2,5 mal höher als im ländlichen Gebiet.

Folgende Faktoren haben einen positiven Einfluss auf die Investitionskosten:

- Leitungsführung in wenig bebauten Gebieten
- gemeinsame Leitungsführung im selben Graben mit anderen Gewerken
- geringe Verlegetiefe
- Konkurrenzsituation der Unternehmer

Erhöhend auf die Investitionskosten wirken u.a.:

- hoher Etappierungsgrad
- hohes Verkehrsaufkommen, aufwändige Verkehrsführung
- Spriessungen bei hohen Verlegetiefen
- hohe Dichte an Werkleitungen

Besonders kostentreibend sind:

- Querungen von Gewässern
- Querungen von Bahnlinien, Autobahnen
- Querungen von Verkehrskreiseln oder anderen stark frequentierten Strassenteilen
- alte Baumbestände in der Nähe der Trasse

Jahreskosten

Die Jahreskosten einer Fernwärmeversorgung werden üblicherweise in folgende drei Komponenten aufgeteilt:

- Kapitalkosten
- Energiekosten
- Betriebs- und Unterhaltskosten.

**Jahreskosten =
Kapitalkosten
+ Energiekosten
+ Betriebs- und Unterhaltskosten**

Kapitalkosten

beinhalten	werden beeinflusst durch
Zinskosten und Amortisation	Kapitalzinssatz, Investitionskosten, Restamortisationskosten, Betrachtungsdauer respektive Amortisationsdauer

Die Kapitalkosten sind fix, d.h. vom Wärmeabsatz unabhängig.

Energiekosten

beinhalten	werden beeinflusst durch
Brennstoffkosten, Stromkosten, Kosten für genutzte Abwärme, Konzessionskosten bei Grundwassernutzung	Grundpreis der Energieträger, Preissteigerung der Energieträger, Wärmeabsatz, Jahresnutzungsgrad der Anlagen, Verluste

Betriebs- und Unterhaltskosten

beinhalten	werden beeinflusst durch
Anlagenunterhalt, Betriebsmittelkosten, Bedienpersonal, Verwaltungskosten, Schadenssanierungen, Ersatzinvestitionen	Betriebsdauer und Ausnutzung der Anlage, Lebensdauer der Anlagekomponenten, Personalkosten, Komplexität der Anlagen, Preissteigerung

Die Betriebs- und Unterhaltskosten sind grossen Schwankungen unterworfen, da insbesondere Reparaturen und Ersatzinvestitionen für die einzelnen Jahre kaum vorhersehbar sind. Als Mittelwert reichen jährlich 1,5 % – 2 % der ursprünglichen Investitionssumme für Reparaturen und Ersatzinvestitionen meistens aus.

Berücksichtigung von Preissteigerungen

Über die meist jahrzehntelange Betriebsdauer von Fernwärmenetzen verändern sich verschiedene Kostengrössen oftmals wesentlich. Insbesondere die Energiepreise, aber auch Betriebs- und Unterhaltskosten sind dabei Steigerungsraten unterworfen. Um dies in der Wirtschaftlichkeitsrechnung zu berücksichtigen, werden Mittelwertsfaktoren verwendet. Damit werden die mittleren Preise über die gesamte Betrachtungsdauer bestimmt.

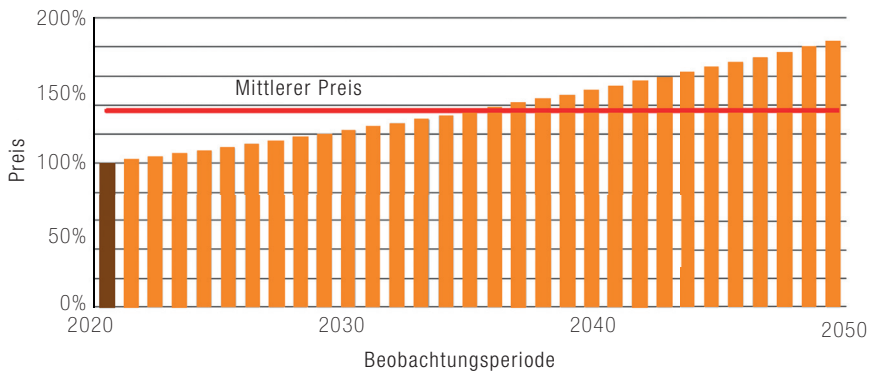


Abbildung 7-15 Beispiel Preissteigerung

Die Mittelwertsfaktoren basieren auf der Betrachtungsdauer, der jährlichen Preissteigerung und dem Kalkulationszinssatz. Sie lassen sich mit finanzmathematischen Formeln berechnen oder sind in der Literatur zu finden. Für eine Betrachtungsdauer von 30 Jahren, einer jährlichen Preissteigerung von 2 % und einem Kalkulationszinssatz von 4 % beträgt der Mittelwertsfaktor beispielsweise 1'295.

Preissteigerungsraten können die Wirtschaftlichkeitsrechnung wesentlich beeinflussen, wie untenstehendes Beispiel verdeutlicht:

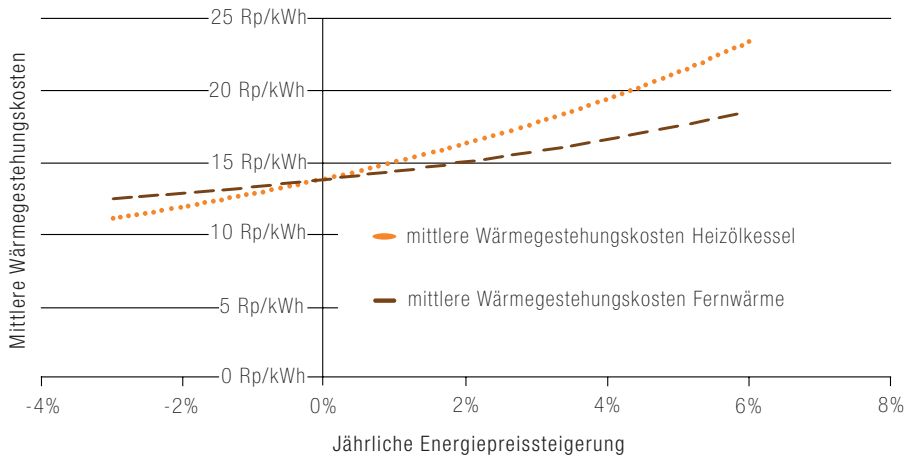


Abbildung 7-16 Musterrechnung jährliche Energiepreissteigerung (Quelle Durena AG)

Die Wärmegestehungskosten beinhalten sämtliche Kosten.

Wärmegestehungskosten

Um die Wirtschaftlichkeit einer Anlage zu bestimmen und die Kosten mit anderen Systemen zu vergleichen, werden oftmals die Wärmegestehungskosten bestimmt.

Die Wärmegestehungskosten bilden das Verhältnis zwischen den gesamten Jahreskosten (Kapitalkosten, Energiekosten Betriebs- und Unterhaltskosten) und der Nutzenergie, respektive der verkauften Wärmemenge, ab:

$$\text{Wärmegestehungskosten} = \frac{\text{Jahreskosten}}{\text{Nutzenergie}}$$

Die Wärmegestehungskosten werden in CHF/MWh oder Rp./kWh angegeben.

Die Wärmegestehungskosten sind nicht mit dem Wärmepreis zu verwechseln, da dieser je nach Tarifmodell unterschiedlich abgebildet wird.

Typische Kostenbandbreiten Fernwärme

Vollkosten aufgeteilt in Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung:

Kostenkomponente	Kostenbandbreite (Vollkosten)
Wärmeerzeugerkosten	30–120 CHF/MWh
Verteilkosten	20–50 CHF/MWh
Gesamte Wärmegestehungskosten	50–170 CHF/MWh

Typische Kostenbandbreiten konventionelle Wärmeerzeugung

Zum Vergleich sind untenstehend Angaben zu den Vollkosten bei konventionellen Wärmeerzeugungen ersichtlich. Diese variieren stark aufgrund der Preisschwankungen der fossilen Brennstoffe (Basis für untenstehende Übersicht:

Heizölpreis = 80 CHF/100 Liter, Elektrizität = 160 CHF/MWh):

Wärmeerzeugertyp	Kostenbandbreite (Vollkosten)
Industrielle Feuerung 5 MW	110–140 CHF/MWh
Kesselanlage 200 kW Erdgas	120–160 CHF/MWh
Kesselanlage EFH, 20 kW Erdgas oder Heizöl	160–240 CHF/MWh
Wärmepumpenanlage 200 kW Grundwasser	100–160 CHF/MWh
Wärmepumpenanlage 30 kW Erdsonde	150–250 CHF/MWh

Dynamische Mehrjahresberechnung

Seriöse Berechnungen der Wirtschaftlichkeit einer Fernwärmanlage bedingen dynamische Berechnungsmodelle, die die jährlichen Veränderungen im System berücksichtigen.

Die verbreitetsten Methoden sind die DCF-Methode (Discounted Cash Flow) und die NPV-Methode (Net Present Value). Die beiden Methoden sind beinahe identisch. In beiden Methoden werden alle derzeitigen und zukünftigen Kosten und Erträge erfasst. Zudem wird der Zeitwert dieser Geldströme berücksichtigt. Dabei werden zukünftige Geldströme auf den Betrachtungszeitpunkt hindiskontiert.

Mit der DCF-Methode können verschiedene langfristige Entwicklungen seriös miteinander verglichen werden.

Am übersichtlichsten werden die Ergebnisse der Berechnungen graphisch dargestellt:

Wirtschaftlichkeit (diskontiert)

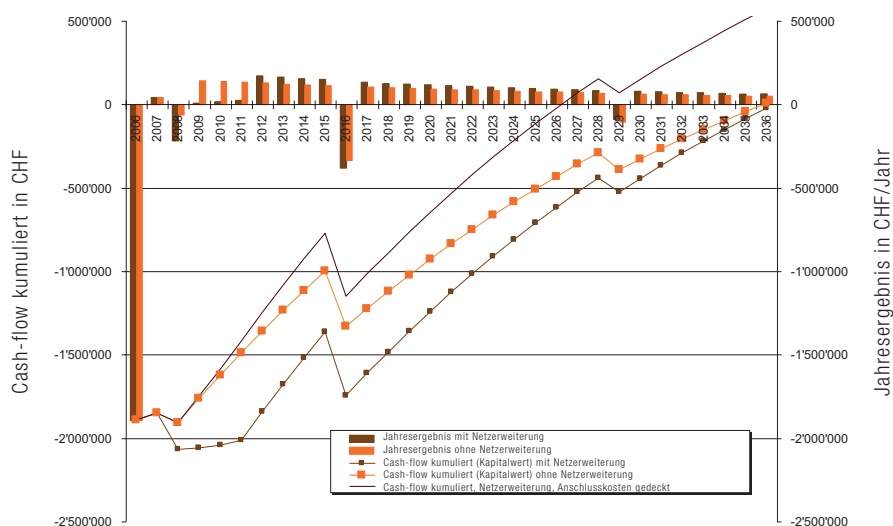


Abbildung 7-17 Wirtschaftlichkeit (Quelle Durena AG)

Vereinzelt werden weitere Methoden der Investitionskostenrechnung angewendet, auf die in diesem Leitfaden aber nicht eingegangen wird.

Risikobeurteilung und Sensitivitätsanalyse

Wirtschaftlichkeitsberechnungen basieren in der Regel auf unsicheren Grundlagendaten. So sind zum Beispiel der zukünftige Wärmeabsatz oder die effektiven Investitionskosten einer Fernwärmeversorgung zum Zeitpunkt des Investitionsentscheidens nicht gesichert.

Die Sensitivitätsanalyse zeigt auf, welche Parameter einen besonders hohen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben.

Mit einer Sensitivitätsanalyse kann aufgezeigt werden, in welchem Ausmass sich Einflussfaktoren auf den wirtschaftlichen Erfolg eines Projekts auswirken.

Das folgende Muster-Diagramm verdeutlicht diesen Zusammenhang:

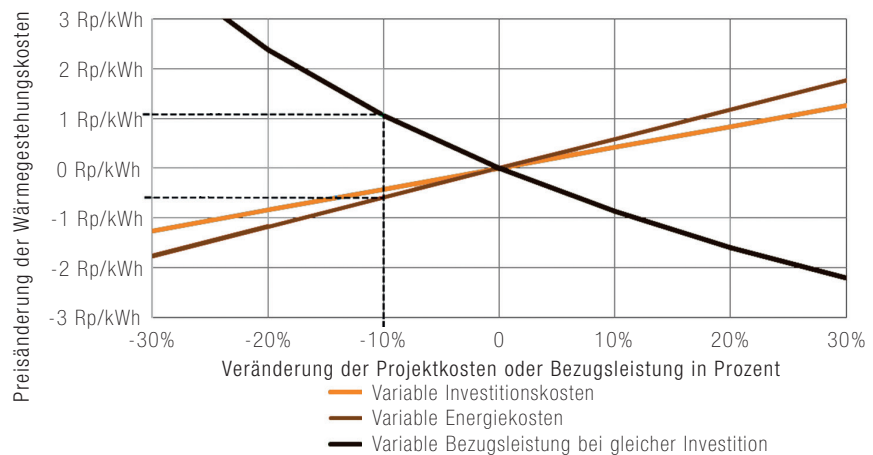


Abbildung 7-18 Preissensitivität von Wärmegestehungskosten bei prozentualer Änderung der Investitionskosten (Quelle: Durena AG)

Lesebeispiel: Wenn die Investitionskosten um 10 % geringer ausfallen als prognostiziert, sinken die Wärmegestehungskosten um 0,6 Rp./kWh. Sinkt die Bezugsleistung um 10 %, steigen die Wärmegestehungskosten um 1,05 Rp./kWh. Dadurch wird aufgezeigt, dass insbesondere eine Abnahme des Wärmeabsatzes die Wärmegestehungskosten stark ansteigen lässt, was zu einem unwirtschaftlicheren Projekt führt.

7.5 Fördermittel

Für Fernwärmeversorgungen können verschiedene Fördermittel oder finanzielle Unterstützungen erlangt werden. Bei allen Unterstützungen muss die Unterstützung vor Baubeginn beantragt werden. Der Bedarf an Fördermittel ist also frühzeitig abzuklären. Es werden sowohl neue Fernwärmenetze als auch Erweiterungen von bestehenden Fernwärme-Netzen gefördert.

Es gibt viele Fördermöglichkeiten die Fernwärmeversorgungen zum Durchbruch verhelfen können.

Meistens ist der Einsatz von erneuerbaren Energien (Abwärme, Umweltwärme, Biomasse) eine zwingende Voraussetzung zur Förderung. Die wichtigsten Finanzierungswege für den Erhalt der Fördermittel sind:

Kantone und Gemeinden, staatliche Förderungen

Die meisten Kantone unterstützen den Bau von Fernwärmenetzen finanziell. Die Höhe der Förderung und die Bedingungen dazu variieren und müssen in den jeweiligen Kanton abgeklärt werden. Aktuell (2017) liegt die Höhe der Förderung im Bereich von 50 CHF/MWh Wärmeabsatzpotenzial. Nebst den Kantonen unterstützen vereinzelte Gemeinden Fernwärmeprojekte ebenfalls.

CO₂-Reduktionsprojekte und Verkauf von CO₂-Bescheinigungen

Mit dem Einsatz erneuerbarer Energien in den Fernwärmeversorgungen wird der CO₂-Ausstoss reduziert. Im Rahmen der geltenden CO₂-Gesetzgebung können diese CO₂-Reduktionsleistungen beim BAFU/BFE als Kompensationsprojekte angemeldet werden. Nach einer positiven Prüfung werden diese in handelbare CO₂-Bescheinigungen umgewandelt. Dazu sind verschiedene Bedingungen erforderlich, insbesondere muss das Projekt additional sein, d.h., das Projekt darf erst durch das Erlangen der Fördermittel die Wirtschaftlichkeitsgrenze erreichen und realisiert werden. Zudem müssen die jährlichen Projektdaten in einem Monitoring dargestellt werden.

Als Käufer dieser CO₂-Bescheinigungen treten insbesondere die Stiftung KliK (Importeure von Treibstoffen) und Betreiber von fossil-thermischen Kraftwerken im Inland auf. Mit dem Verkauf der CO₂-Bescheinigungen wird der ökologische Mehrwert des Projektes an den Käufer der Bescheinigungen abgetreten.

Das Programm Wärmeverbünde der Stiftung KliK zum Beispiel bietet eine vereinfachte Lösung um CO₂-Bescheinigungen aus einem Projekt zu generieren, dies mit Förderbeiträgen von 100 CHF pro Bescheinigung bis 2030 (kostenlose Beratung und Betreuung). Gefördert werden der Bau, die Erweiterung sowie die Umstellung von Wärmeverbänden auf Abwärme oder erneuerbare Energien.

Der Verkauf von CO₂-Bescheinigungen macht in der Regel der Hauptanteil der Fördermittel in einem Projekt aus. Aktuell (2020) werden CO₂-Bescheinigungen zu 100 CHF pro eingesparte Tonne CO₂ gehandelt. Bei einer Einsparung von beispielsweise 100'000 Litern Heizöl resultiert somit eine Summe von über 20'000 CHF.

Weitere

Verschiede weitere Institutionen fördern Fernwärmeprojekte. Dies unter zum Teil völlig unterschiedlichen Bedingungen, z.B.:

Strukturförderprogramme des Bundes	Projektunterstützung jeder Art, falls daraus eine positive volkswirtschaftliche Entwicklung resultiert
Anlagefonds und Investoren mit ökologischen Interessen	Darlehen oder Unterstützung bei Projekten mit wesentlichem, ökologischem Mehrwert
Schweizerische Berghilfe	Projektunterstützung jeder Art, falls Standortgemeinde über 800 m.ü.M. liegt
Klimastiftung Schweiz	Unterstützung bei Effizienzgewinnen
Technologiefonds	Bürgschaft des Bundes für Darlehen bei innovativen Projekten

7.6 Tarifmodelle

Grundsatz

Geeignete Tarifmodelle sollen aus der Sicht des Wärmelieferanten die gesamte Kostenstruktur möglichst genau abbilden. Dabei ist zu beachten, dass die fixen Kosten unabhängig von der verkauften Wärmemenge anfallen. Zudem soll der Tarif auf sich ändernde Basiswerte, wie z.B. Preisschwankungen in den Brennstoffpreisen, reagieren.

Nur mit einem entsprechend austarierten Tarifmodell kann die Wirtschaftlichkeit der Fernwärmeversorgung auch bei sich ändernden Bezugsmengen oder variablen Brennstoffpreisen kontinuierlich gewährleistet werden.

Bei den Wärmekunden sind unterschiedliche Bedürfnisse, insbesondere in Bezug auf einmalige Anschlusskosten, vorhanden (siehe Kapitel 5, Marketing).

Tarifmodelle sollen die effektive Kostenstruktur möglichst gut abbilden.

Folgende Tarifmodelle sind üblich:

3-teiliges Tarifmodell

Am häufigsten wird ein 3-teiliges Tarifmodell verwendet. Es besteht aus:

Am häufigsten wird ein 3-teiliges Tarifmodell verwendet.

Einmaliger Anschlusskostenbeitrag	Einmaliger Beitrag an den Betreiber oder Eigner des Wärmenetzes. Dieser deckt (teilweise) die einmaligen Kosten des Fernwärmeanschlusses.
Jahresgrundpreis	Der Jahresgrundpreis richtet sich in der Regel nach der abonnierten Anschlussleistung und ist unabhängig von der bezogenen Wärmemenge. Der Jahresgrundpreis deckt die fixen Kosten des Fernwärmeversorgers, sofern diese nicht schon im Anschlusskostenbeitrag entschädigt sind. Der Jahresgrundpreis wird jährlich gemäss dem Landesindex der Konsumentenpreise oder anderen Basiswerten angepasst.
Energiekosten	Die Energiekosten ergeben sich aus dem gemessenen Wärmebezug multipliziert mit dem Energietarif. Der Energietarif wird jährlich anhand der zugrunde liegenden Energieträger, z.B Holschnitzelpreis, Heizölpreis oder Stromtarif, angepasst.

Muster: Kostenindexierung

Anschluss eines Mehrfamilienhauses mit 40 kW Anschlussleistung an ein Fernwärmenetz:

Einmalige Anschlussgebühr = 40'000.00 CHF

$$\text{Jahresgrundpreis} = 1'800.00 \text{ CHF} \times \frac{\text{LKP Aktuell}}{\text{LKP Basis}}$$

$$\text{Energiekosten} = 58 \frac{\text{CHF}}{\text{MWh}} \times \left(\frac{\text{HP Aktuell}}{\text{HP Basis}} \times 0,6 + \frac{\text{GT Aktuell}}{\text{GT Basis}} \times 0,4 \right)$$

LKP Aktuell	Landesindex der Konsumentenpreise Februar des laufenden Jahres (Reihe Dezember 1982 = 100) (Quelle: Bundesamt für Statistik, www.statistik.admin.ch)
LKP Basis	148.7 = Landesindex der Konsumentenpreise Dezember 95
HP Basis	Heizölpreis aktuell 0,55 CHF/ltr
HP Aktuell	Konsumentenpreis HEL Jahresmittel des vergangenen Jahres für 6'000–9'000 ltr (Quelle: Bundesamt für Statistik) im Minimum 0,55 CHF/ltr
G Aktuell	Stromtarif G des laufendes Jahres der EW AG
G Basis	115 CHF/MWh = Stromtarif G (2014) EW AG

2-teiliges Tarifmodell

Beim 2-teiligen Tarifmodell wird der einmalige Anschlusskostenbeitrag in den Jahresgrundpreis eingerechnet. Der Jahresgrundpreis wird entsprechend höher ausfallen. Dies ist insbesondere für Wärmebezüger attraktiv, die ihre Anfangskosten tief halten wollen, z.B. wenn eine Liegenschaft mit Fernwärmeanschluss zu einem tiefen Preis verkauft werden soll oder auch für Industriebetriebe, die ihre finanziellen Mittel nicht für eine einmalige Anfangsinvestition binden wollen.

1-teiliges Tarifmodell

In seltenen Fällen wird ein einteiliges Tarifmodell vereinbart. Dabei werden sämtliche Kosten auf den Energiepreis abgewälzt oder bei sehr geringen variablen Kosten wird gar eine Flatrate vereinbart.

Dieses Modell beinhaltet für den Fernwärmelieferanten, wie auch für den Wärmebezüger einige Risiken, insbesondere wenn sich die Bezugsmenge oder die Bezugsleistung innerhalb der Vertragsdauer ändert.

Tarifanreize

Es ist auch möglich das Tarifmodell mit besonderen Anreizen auszustatten. Sinnvoll kann da insbesondere eine Reduktion des Energiepreises (Arbeitspreises) in Abhängigkeit der Rücklauftemperatur des Wärmebezügers sein. Tiefe Rücklauftemperaturen sind aus den verschiedenen, vorgenannten Gründen aus der Sicht des Wärmelieferanten erstrebenswert.

7.7 Projektträgerschaft

Fernwärmeversorgungen werden meistens durch öffentliche Körperschaften oder Contractoren realisiert und betrieben. Sehr kleine Wärmenetze werden vereinzelt auch durch andere (Wohnbaugenossenschaften, Industriebetriebe mit Abwärme, Sägereien mit Holzabfall etc.) realisiert.

Öffentliche Trägerschaft

Bei öffentlichen Trägerschaften sind es Gemeinden, Kantone oder öffentlich-rechtliche Institutionen wie Zweckverbände, Stadtwerke oder Ähnliche, welche die Projekte realisieren und betreiben.

Besonderheit: Durch das Bestreben des Staates, die Wohlfahrt ganzheitlich zu wahren und zu erhöhen, können auch Projekte umgesetzt werden, welche für rein betriebswirtschaftlich motivierte Unternehmen uninteressant erscheinen.

Dadurch, dass die Vorhaben durch die öffentliche Hand finanziert werden, sind Entscheidungswege länger und führen teilweise zu Volksabstimmungen. Zudem unterliegt die Ausschreibung des Projekts oft einem öffentlichen Submissionsverfahren.

Contractor

Beim Contracting übernimmt ein spezialisierter Anbieter den Bau und den Betrieb der Anlagen und die Lieferung der Wärme. Das gesamte unternehmerische Risiko wird dabei an den Contractor ausgelagert.

Meistens werden Contractoren mittels einer Contractingausschreibung evaluiert. Diese basiert wiederum auf einer durch spezialisierte Ingenieure ausgearbeiteten Machbarkeitsstudie oder auf einem ausgearbeiteten Vorprojekt.

8. Betrieb

Resümee

Das folgende Kapitel beschreibt die Erfahrungen aus dem Betrieb eines Fernwärmenetzes mit Produktionsanlagen und Verteilnetz. Ferner werden Möglichkeiten für einen dauerhaften, versorgungssicheren und wirtschaftlichen Betrieb beschrieben.

8.1 Produktion und Erzeugungsanlage

Der Begriff Produktions- oder Erzeugungsanlage entspricht im Zusammenhang mit Fernwärme vor allem der Produktion von Wärme, welche mittels erhitztem Wasser oder auch Dampf in das Fernwärmenetz gefördert wird und dort an die Wärmekunden abgegeben wird. Dampf wird vor allem für Prozesszwecke verwendet.

Im Falle einer grösseren Produktionseinheit ist die Wärme, welche ins Fernwärmenetz abgegeben wird, ein lukratives Nebenprodukt. Primär wird mittels Dampfturbinen elektrischer Strom produziert, die Abwärme dieses Prozesses wird dann dem Fernwärmenetz übergeben.

Im Gegensatz dazu haben kleinere Fernwärmenetze eine zentrale Wärmeerzeugung ohne Stromproduktion. Auf diese wird häufig verzichtet, da sie für kleinere Anlagen nicht wirtschaftlich erfolgen kann.

8.1.1 Wärmebedarf

Wärmebedarf ist Jahreszeitenbedingt, Produktionsanlage(n) müssen diesen abfangen können.

Fernwärmeversorgungsanlagen werden so geplant, dass sie den maximalen Wärmebedarf aller Wärmebezüger im Netz jederzeit vollständig abdecken können und dazu noch eine Leistungsreserve aufweisen. Dies darum, weil die Versorgungssicherheit und die Redundanz einen hohen Stellenwert haben. Aus diesem Grund wird der geplante maximale Wärmebedarf bei der Produktion bei vielen Netzen nicht eingefordert. Dies umso mehr, da zu der geplanten Reserve noch weitere „ungeplante“ Reserven hinzukommen. Auf der einen Seite sind es die Angaben der Wärmebezüger, welche Reserven aufweisen, andererseits haben nicht alle Bezüger ihren maximalen Wärmebezug gleichzeitig. Je grösser das Fernwärmenetz ist, desto grösser ist dieser Effekt, welcher zu einer Glättung des Wärmebedarfs führt.

Der Wärmebedarf unterliegt deutlich den saisonalen Aussentemperaturen. Die folgende Grafik zeigt die Aufnahme der Wärmeenergie eines Fernwärmenetzes über ein Kalenderjahr:

Wärmeaufnahme des Netzes (MWh)

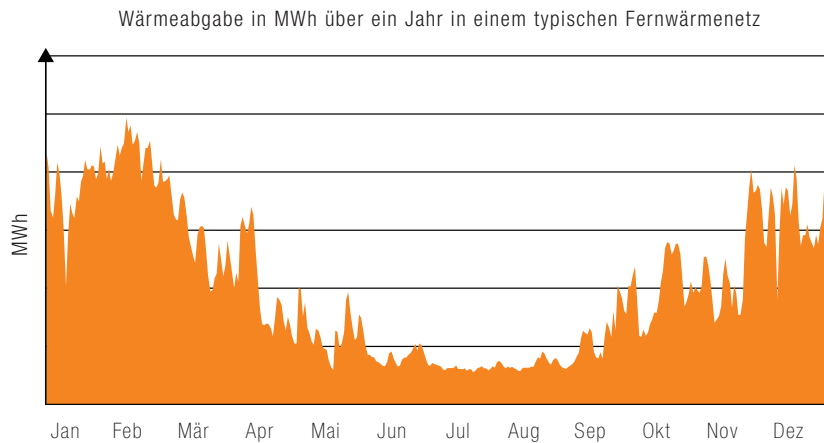


Abbildung 8-1 Leistungskurve über ein Jahr in einem typischen Fernwärmenetz

Der grösste Wärmebedarf ergibt sich in den Wintermonaten zum Beheizen der Gebäude. Die zusätzliche Wärme für die Erwärmung des Brauchwarmwassers (BWW) fällt auch in den Sommermonaten an. In den Sommermonaten liegt der Wärmebedarf bei 10 bis 15 % des maximalen Winterbedarfs. Dieses Verhalten hat einen grossen Einfluss auf das Konzept und die Dimensionierung der Produktionsanlage(n). Bei kleineren Netzen kann diese Ausprägung noch markanter sein.

Der tiefere Wärmebezug in den Sommermonaten kann durch dezentrale Absorptionskältemaschinen im Fernwärmenetz erhöht werden. Entsprechend wird so der Wärmeabsatz auch in den Sommermonaten erhöht und die Betreiberfirma steigert so ihren Umsatz. Absorptionskältemaschinen werden immer öfter zur Raumklimatisierung bei den Endkunden eingesetzt. Dabei wird mittels Fernwärme dezentral, direkt beim Endkunden, gekühlt.

8.1.2 Produktionsanlage(n)

Alle Anlageteile, Produktionsanlagen sowie das Fernwärmenetz müssen permanent mit Heizwasser gefüllt sein und unter Druck stehen. Dies wird mit der sogenannten Druckhaltung gewährleistet. Dieser Druck ist abhängig vom Höhenunterschied zwischen der Produktionsanlage und dem höchsten Punkt im Netz sowie der Temperatur des Heizwassers.

Die Grundlast- und Spitzenlastanlagen liefern den maximalen Wärmeleistungsbedarf.

Grundlastanlage

Die dominierende Wärmeerzeugungsanlage soll eine möglichst hohe Betriebsdauer über das Jahr aufweisen. Sie ist so gewählt, dass sie die Wärme möglichst nachhaltig erzeugt. Als gutes Beispiel drängt sich daher die Abwärme auf. Die Grundlastanlage muss nicht zwingend den vollen Wärmebedarf des Netzes abdecken. Bei einem Wärmemangel kommen andere Wärmeerzeuger zum Abdecken der Spitzenlast (Spitzenlastanlagen) zum Tragen.

Spitzenlastanlagen

Spitzenlastanlagen decken die Belastungsspitzen ab, welche von der Grundlastanlage nicht abgedeckt werden können. Grundsätzlich ist es sinnvoll, wenn solche Anlagen eine kurze Reaktionszeit aufweisen, damit mit ihnen auch kurzfristige Leistungsspitzen abgefangen werden können. Als Beispiel könnte eine solche Anlage aus einem Gasheizkessel bestehen. Um die Erneuerbarkeit zu erhöhen, kann dieser auch mit Biogas betrieben werden.

Aufteilung und individueller Einsatz von Grund- und Spitzenlastanlagen sowie die Möglichkeit, unterschiedlichste Technologien einsetzen zu können, sind die großen Vorteile von Fernwärme. Sie ermöglichen einen optimalen und wirtschaftlichen Betrieb, wohingegen Einzelheizungen weniger variabel resp. flexibel sind.

8.1.3 Produktionsausfall und Redundanz

Produktionsausfall

Unterbrüche in Wärme-Produktionsanlagen sind für eine sichere Wärmeversorgung nicht erstrebenswert, können aber in einem Betriebsalltag auftreten. Hierbei sind zwei Fälle zu unterscheiden: der geplante und der ungeplante Ausfall. In beiden Fällen empfiehlt sich im Sinne der Versorgungssicherheit die Produktionsanlage(n) so zu gestalten, dass eine „Grundversorgung“ weiterhin bestehen kann. Im Gegensatz zu einer Einzelheizung ist dies bei einer optimalen Kombination von Grund- und Spitzenlastanlage mit deutlich kleinerem Aufwand zu bewältigen, da die beiden Anlagen als redundante Produktionseinheiten funktionieren können.

Um jegliche Ausfälle, die vom Prozessleitsystem (PLS) ausgehen, zu minimieren, ist es empfehlenswert dieses redundant zu gestalten.

Geplanter Ausfall, Revision

Geplanter Ausfall

Ein geplanter Unterbruch erfolgt in den meisten Fällen wegen einer Revision der Produktionsanlage oder übriger Anlagenteile. Hierbei werden die essenziellen Schlüsselkomponenten instand gehalten. Da in den Sommermonaten der Wärmebedarf am kleinsten ist, drängen sie sich als besten Zeitpunkt für einen geplanten Unterbruch auf. Hat ein Fernwärmenetz mehrere Wärmequellen, hat man den Vorteil, durch eine Staffelung der Unterbrüche, die Versorgung weiterhin aufrecht zu erhalten.

Ungeplanter Ausfall, Störungen

Ungeplanter Ausfall

Ungeplante Unterbrüche sind meistens mit Störungen jeglicher Art in der Produktionsanlage oder im Fernwärmenetz (siehe dazu 8.2.2 Betriebsstörungen) zu erklären.

8.1.4 Energiequellen

Primär

Die Energiequellen zur Wärmeproduktion können sehr unterschiedlich sein, z.B. Biomasse (Holz), biogene Abfälle, Kehrlicht, Geothermie, Grundwasser, Abwasser oder Abwärme aus diversen vorgelagerten Prozessen (z.B. der Stromproduktion). Erstrebenswert ist, dass die primäre Energiequelle den grössten Teil der produzierten Wärme erzeugt (Grundlast). Dementsprechend ist darauf zu achten, dass die primäre Energiequelle folgenden Ansprüchen gerecht wird:

Die Wahl der Energiequelle ist ein Schlüsselkriterium für eine wirtschaftliche Fernwärme

- *Wirtschaftlich*
Die primäre Energiequelle soll möglichst kostengünstig sein und möglichst kleine Lagerkosten verursachen.
- *Ökologisch*
Die primäre Energiequelle soll möglichst CO₂-neutral sein, erneuerbar und somit nachhaltig.
- *Verfügbarkeit/Beschaffung*
Die primäre Energiequelle soll immer verfügbar, einfach zu beschaffen und gut zu bewirtschaften sein.

Sekundär

Die sekundäre Energiequelle wird zur Spitzenlastdeckung benützt und hat die Anforderung des schnellen Einsatzes, um den steigenden Wärmebedarf abzufangen. Dies wird oft mit Erdgas oder Heizöl realisiert. Werden fossile Brennstoffe hierfür verwendet, muss auf die Ökobilanz gemäss den Primärenergiefaktoren geachtet werden (siehe SIA 416-1).

8.1.5 Heizwasser

Das am meisten verwendete Medium zum Transport von Wärme in der Fernwärme ist Wasser. Ausnahmsweise wird auch Dampf benutzt. Dampf kommt zum Einsatz, wenn es der nachgeschaltete verfahrenstechnische Prozess erfordert (z.B. die Wäscherei, welche hohe, hygienische Standards für Spitäler erfüllen muss).

Das Heizwasser ist zum Schutz der Anlagen behandelt.

Behandlung

Die Komponenten/Aggregate der Produktionsanlage sowie die Rohrleitungen im Fernwärmenetz sind aus Stahl. Stahl korrodiert im sauren Bereich (pH-Wert < 7), ist aber beständig im alkalischen Bereich (pH-Wert > 7).

Zum Schutz der ganzen Anlagen wird das Heizwasser aufbereitet. Das Heizwasser ist in der Regel entsalzt, entgast und auf einen pH-Wert zwischen 9 und 10 eingestellt. Das Speisewasser, welches dem Netz zugegeben wird, um die Wasserverluste zu kompensieren, wird auf dieselbe Weise behandelt. Alternativ kann Trinkwasser verwendet werden, welches mit marktüblichen Additiven konditioniert wird.

Diese Massnahmen dienen dem Schutz der Komponenten und verhindern Korrosion. Dies ist ein beträchtlicher Beitrag, um ungeplante Ausfälle zu verhindern.

Die AGFW hat ein entsprechendes Arbeitsblatt (AGFW FW 510) erstellt, indem die Anforderungen an die Beschaffenheit des Kreislaufwassers beschrieben werden. Hier wird auf die wasserchemischen Richt- und Erfahrungswerte hingewiesen, um die Verfügbarkeit der Anlagen ohne Risiko zu gewährleisten.

Die Technische Vereinigung der Grosskraftwerkbetreiber (VGB) hat im entsprechenden Merkblatt VGB-M 410 „Qualitätsanforderungen an Fernheizwasser“ Empfehlungen zu Richtwerten erstellt. Für Wasser-Dampf-Systeme empfiehlt der VGB-Standard VGB-S-S-010-T-00; 2011-12. DE Richtwerte für Speisewasser-, Kesselwasser und Dampfqualität, welche eine sichere und ökonomisch vernünftige Betriebsweise anstreben.

8.2 Verteilung

**Fernwärmeverteilung:
Die produzierte Wärme wird
mittels Rohrleitungssystem den
Kunden geliefert.**

Das Heizwasser wird durch ein Rohrleitungs-System zum Bezüger (Kunden) gepumpt. Beim Kunden gibt der heisse Vorlauf mittels eines Wärmetauschers die Wärme an die Hausheizung ab. Das durch den Wärmetauscher abgekühlte Heizwasser fliesst im Rücklauf zurück zur Wärmeproduktionsanlage, dort wird es erneut erhitzt. Das Heizwasser der Fernwärme zirkuliert somit in einem geschlossenen Kreislauf. Das System der Fernwärme und dessen Wärmeverteilung zum Endkunden ist weltweit verbreitet. Das standardisierte System der Wärmeverteilung ist einfach zu handhaben, seit Jahrzehnten erprobt und hat sich bewährt.

8.2.1 Schäden im Netz

**Das Rohrleitungssystem ist
exponiert und unterschiedlichen
Gefahren ausgesetzt.**

Das Rohrleitungssystem wird grösstenteils im Erdreich verlegt und ist nicht zugänglich. Dieses System wird mehrheitlich in öffentlichem Grund verlegt, wo ein Nutzungskonflikt mit diversen anderen Bauwerken und Werkleitungen besteht. Hierdurch unterliegt es sehr unterschiedlichen Einflüssen und Risiken. Mögliche Schäden des Rohrsystems sind bei Einhaltung der Regeln der Technik und Qualitätskontrolle aber kalkulierbar und treten sehr selten auf.

Grundsätzlich wird zwischen System- und Fremdschäden unterschieden. Es empfiehlt sich, eine Schadenstatistik anzulegen.

Systembedingte Schäden

Als systembedingte Schäden werden Schäden bezeichnet, die vor allem auf qualitativ ungenügende Systembauteile sowie Montagearbeiten zurückgeführt werden können.

Diese umfassen im Wesentlichen:

- Ausführung von Muffenverbindungen
- undichte Schweissnähte (Baustellennähte/Herstellernähte von Rohren)
- unsachgemässe Montage von Fehlerortungssystemen
- Qualitätsmängel an den Mantelrohren
- Qualitätsmängel an der Wärmedämmung der Rohre
- unsachgemässer Transport/Lagerung und Verlegung der Rohre
- Rohrsystem wurde nicht auf den richtigen Betriebsdruck ausgelegt
- Rohrsystem wurde nicht auf die richtige Betriebstemperatur ausgelegt
- Verlegung in ungünstigen Platzverhältnissen
- schlechtes Bettungsmaterial

Die systembedingten Schäden an den Rohren sind in den letzten Jahren stark zurückgegangen. Zu diesem erfreulichen Resultat trugen angewandte Massnahmen zur Qualitätssicherung bei. Dies sind unter anderem Röntgenprüfungen aller nicht im sichtbaren Bereich liegenden Stahlrohrverbindungen sowie Druckwasserproben.

Fremdschäden

Fremdschäden werden z.B. durch Bauarbeiten in der Nähe des Rohrsystems, Setzungen (Bewegungen) von unstabilem Untergrund und Veränderung der Überdeckung verursacht. Die meisten Fremdschäden sind vermeidbar, wenn man die genaue Position des Leitungssystems kennt. Diesbezüglich ist ein aktueller Leitungskataster zu unterhalten.

8.2.2 Betriebsstörungen im Netz

Leckagen gehören in den Fernwärmenetzen zu den häufigsten Betriebsstörungen. Sie äussern sich zuverlässig durch die erhöhte Nachspeisemenge des Heizwassers ins Netz. Als weiteres Indiz erhöht sich das Niveau in der Expansionsanlage um die Druckhaltung weiterhin zu erfüllen.

Je nach Grösse des Fernwärmenetzes und der Grösse der Wasseraufbereitung können wenige Kubikmeter Nachspeisewasser pro Tag ein Problem darstellen, welches unverzüglich behoben werden muss. Zur Erkennung von Problemen gibt es mehrere Werkzeuge, wie z.B.:

Überwachungs- und Fehlerortungssysteme

Diese Systeme arbeiten auf elektrischer Basis mittels eines in der Isolationsum-schäumung des Mediumrohrs verlaufenden Fehlerortungssystems (z.B. Mess- und Fühlerader-System). Durch die Dauerüberwachung können Änderungen des elektrischen Zustandes von zentralen Überwachungsgeräten erfasst und Grössenabweichungen durch entsprechende Meldungen angezeigt werden.

Weitere Methoden der Schadensfeststellung sind:

- visuell (z.B. schnell trocknende Strassenabschnitte)
- Thermographie
- Gezieltes Absperrern bestimmter Abschnitte mit Drucküberwachungsgeräten
- Tracergas-Leckortung (z.B. Helium-Spürgas in gelöster Form mit der Wasser-/Wasserstoff-/Multigas-Methode)

Die AGFW hat in diesem Zusammenhang Arbeitsblätter erstellt, die verschiedene Möglichkeiten zur Leckagesuche genauer beschreiben (siehe AGFW FW 435 Teil 1 - 7).

8.3 Organisatorisches

Je nach Grösse und Komplexität der Produktionsanlage (Wärme und/oder Kälte), sowie dem entsprechenden Verteilnetz, kann der organisatorische und personelle Aufwand variieren.

Dies beginnt mit der Überwachung, welche durch ein Leitsystem automatisch ohne Personal ausgeführt werden kann. Hierbei werden Störungen/Alarmer an entsprechende (interne oder externe) Stellen weitergeleitet, welche dann Massnahmen in die Wege leiten. Bei grösseren Anlagen ist die kombinierte Überwachung von Mensch und Leitsystem anzustreben. Dadurch können nötige Massnahmen schneller umgesetzt werden.

Der Unterhalt der Produktions- sowie der Verteilanlagen kann mit eigenem Personal bewerkstelligt oder mit einem Contracting ausgelagert werden.

Organisatorisches: Der Betrieb eines Fernwärmenetzes erfordert Überwachung mittels Leitsystem sowie personellem Aufwand.

8.3.1 Betrieb

Der Betrieb von Fernwärmenetzen bietet dem Betreiber verschiedene Expansionsmöglichkeiten bezüglich Netz und Anlagen, da die Nachfrage nach ökologisch sinnvollen Heizmöglichkeiten, wie zum Beispiel Fernwärme, stetig steigt.

Ab einer gewissen Grösse der Fernwärmenetze ist ein Leitsystem einzusetzen, welches gut geschultes Personal unterstützt.

Personal

Wird beim Bau und Ausbau der Fernwärmenetze darauf geachtet, dass die Regeln der Technik eingehalten werden und eine Qualitätskontrolle garantiert ist, so ist der personelle Aufwand bei Fernwärmenetzen eher klein.

Die Arbeitssicherheit (Kapitel 1.8) muss permanent gewährleistet sein, ebenso sind periodische Schulungen für das Personal zwingend.

Contracting

Der Betrieb kann auch von Fremdfirmen ausgeführt werden. Hierbei ist vor allem der Liefer- und Leistungsumfang (LLU) zu beachten, welcher vorhergehend vertraglich festgelegt wird. Ob in den zu leistenden Arbeiten Betrieb und Instandhaltung abgedeckt sind oder ob sich die Arbeiten nur auf den Betrieb oder nur die Instandhaltung beschränken, muss vorgängig ausführlich definiert und vertraglich festgelegt werden (siehe Kapitel 9.5).

Datenmanagement

Das Datenmanagement ist für einen erfolgreichen und nachvollziehbaren Betrieb eines Fernwärmenetzes unerlässlich. Dies beinhaltet eine lückenlose, vollständige und aktuelle Betriebsdokumentation. Hier werden alle Anlagen (mechanisch und leitetechnisch) mit ihren einzelnen Komponenten ausführlich beschrieben und zur Nachvollziehbarkeit hinterlegt. Dies kann elektronisch und/oder auch in Papierform erfolgen.

Die Aufnahme der Betriebsdaten dient ebenfalls der Nachvollziehbarkeit des laufenden Betriebs. Mit einer ausführlichen Sammlung an Betriebsdaten können jegliche Nachkalkulationen zum gesamten Betrieb gemacht werden (Leistung, Energie, Kosten, Kennzahlen etc.). Dies ist für die betriebliche Sicht und auch für die wirtschaftliche Zukunft des Betriebs sowie die Rechtfertigung gegenüber internen und externen Stakeholdern hilfreich.

Die Planung der Instandhaltung der Produktions- und Verteilanlagen ist mittels einer Software ebenfalls hilfreich. Hiermit können Schäden, Probleme beim Betrieb, Mängel und periodische Arbeiten schriftlich erfasst und priorisiert werden. Dieses Werkzeug ist die Schnittstelle zwischen Betrieb und Instandhaltung. Weiter dient es als Hilfsmittel zur Gewährleistung der Sicherheit und dokumentiert den Zustand des Fernwärme-Betriebs gegenüber externen Kontrollen (z.B. durch den SVTI).

Kosten & Budgetierung

Die operativen Erfahrungen zeigen, dass 0,5 % der Netzinvestitionen ausreichen. Darin enthalten sind Unterhalt und Zählerablesungen bei Fernwärmenetzen.

Werkzeug, Ersatzteile, Verbrauchs- und Hilfsmittel

Der Betrieb und die Instandhaltung des Fernwärmenetzes erfordern eine funktionierende Werkstatt mit einem entsprechend geeigneten Maschinenpark, Werkzeugen und Prüfgeräten (mechanisch und leittechnisch). Ebenfalls dazu gehören eine Vorhaltung von viel benötigten Materialien und Ersatzteilen, welche bei einem Ausfall und um einen unterbrechungsfreien Betrieb garantieren zu können, sofort einsetzbar sein müssen.

Die Verbrauchsmittel für die Schmierung von Anlageteilen, Filter jeglicher Art, Harz für die Wasseraufbereitung etc. sind unerlässlich und sollten immer an Lager sein.

8.3.2 Instandhaltung

Ziel ist es, durch präventive Instandhaltung die Lebensdauer und Sicherheit der Anlagen zu erhalten, sowie Störungen zu minimieren. Hiermit soll eine möglichst lückenlose Versorgung der Fernwärmekunden gewährleistet und die natürliche Alterung der Anlagen verlangsamt werden.

Strategien

Die Instandhaltung kann unterschiedlich wahrgenommen werden und ist vielmals Teil der Geschäftsphilosophie und -strategie. Grundstrategien für die Instandhaltung sind Schadensbeseitigung, Schadensvorbeugung und zustandsorientierte Instandhaltung. Jede dieser Grundstrategien hat ihre Vor- und Nachteile. Das Arbeitsblatt AGFW FW114 behandelt die Mindestanforderungen der Instandhaltungsstrategien und Rehabilitationsplanung.

Instandhaltung verlängert Lebensdauer der Anlagen, unterschiedliche Strategien sind anwendbar.

Schadensbeseitigung

Diese Strategie ergibt eine ereignisorientierte Instandhaltung. Erst beim Eintreten eines Schadens wird eine Reparatur vorgenommen. Sie wird auch „run-to-failure“ genannt. Hierbei werden die Nutzungsdauer der Anlagen und deren Anlagenteile vollends ausgeschöpft und der Planungsaufwand für die Instandhaltungsmassnahmen ist gering.

Schadensbeseitigung

Vorteile dieser Strategie sind:

- geringe Investitionskosten
- geringe Anlagenkenntnisse reichen aus

Nachteile dieser Strategie sind:

- oft ungeplante Ausfälle, hierdurch schlechte Versorgungssicherheit und als Folge misstrauende Kunden
- längere Ausfallzeiten
- Reparatur unter Zeitdruck mit tendenziell schlechter Arbeitsqualität

Schadensvorbeugung

Schadensvorbeugung

Periodische (auch vorbeugende) Instandhaltung: Massnahmen zur Instandhaltung werden zeitlich geplant und durchgeführt. Schäden durch äussere Einflüsse (z.B. Dritte) haben keinen Einfluss auf die Planung.

Vorteile dieser Strategie sind:

- planbare Arbeitsabläufe
- hohe Versorgungssicherheit

Nachteile dieser Strategie sind:

- Kenntnis über das Ausfallverhalten notwendig
- mangelhafte Ausnutzung des Abnutzungsvorrats der Bauteile wegen dem vorbeugenden Austausch
- sehr hohe Instandhaltungskosten

Zustandsorientierte Instandhaltung

Zustandsorientierte Instandhaltung

Hierbei wird der aktuelle Zustand berücksichtigt. Massnahmen können zeitlich dem Zustand angepasst werden. Dies erfordert eine periodische Zustandsanalyse. Damit erreicht man eine bessere Ausnutzung des Abnutzungsvorrates. Ebenfalls können durch den aktuellen Zustand die Inspektionsintervalle immer neu abgestimmt werden. Standardisierte Bauteile ermöglichen eine schnelle Verfügbarkeit bei kleiner Ersatzteilverhaltung. Somit sind die Unterbrechungen und Ausfälle, welche vom Endkunden meist gar nicht wahrgenommen werden, nur kurz und die Kapitalbindung ist sehr klein.

Vorteile dieser Strategie sind:

- planbare Arbeitsabläufe
- hohe Versorgungssicherheit

Nachteile dieser Strategie sind:

- hoher Inspektionsaufwand
- nicht für alle Instandhaltungsobjekte geeignet
- hohe Instandhaltungskosten

Risikobasierte Instandhaltung

Risikobasierte Instandhaltung

Die risikobasierte Instandhaltung unterscheidet zwischen der Eintretens-Wahrscheinlichkeit und dem Schadenausmass. Strategisch unwichtige Anlageteile werden behandelt wie bei der ereignisorientierten Instandhaltung.

Vorteile dieser Strategie sind:

- geringe Investitionskosten
- Einschränkung des Ausfallrisikos

Nachteile dieser Strategie sind:

- nötige Kenntnis der Risikosituation

Jeder Fernwärmeversorger muss für sich entscheiden, welche Strategie verfolgt werden soll. Je nach Anlagenteil kann eine andere Strategie angewendet werden.

Für bestimmte Anlageteile (z.B. für Wärmezähler und Druckbehälter) schreibt der Gesetzgeber die Wartungsintervalle vor.

9. Rechtsfragen

Resümee

Das Kapitel Rechtsfragen geht auf die rechtlichen Rahmenbedingungen ein, welche bei der Planung und dem Bau einer Fernwärmanlage berücksichtigt werden müssen.

9.1 Richtplanung

Nach Art. 8 der eidgenössischen Raumplanungsverordnung sind technische Richtlinien für die Erstellung der Richtpläne zu erlassen. Dieser Auftrag zielt auf die Anforderungen des Bundes.

Die Richtplanung gibt die strategischen Rahmenbedingungen.

Anweisungen über die zweckmässige Einbettung von Richtplänen in die politischen und administrativen Abläufe liegen nicht im Zuständigkeitsbereich des Bundes.

Der Richtplan dient der räumlichen Ordnung, der Koordination und der Vorsorge:

- Er zeigt, wie die raumwirksamen Tätigkeiten im Hinblick auf die anzustrebende räumliche Entwicklung und den nachhaltigen Schutz der Umwelt aufeinander abgestimmt werden.
- Er bestimmt die Richtung der weiteren Planung und Zusammenarbeit, insbesondere durch Festlegung der wesentlichen Elemente der vom Kanton angestrebten räumlichen Entwicklung (z.B. Konzepte, Grundsätze) sowie durch Vorgaben für die Abstimmung der Bodennutzungen und für die Koordination der einzelnen Sachbereiche, und er bezeichnet die dafür notwendigen Schritte.
- Er gibt den planenden Gemeinwesen aller Stufen verbindliche Vorgaben für die Ausübung ihres Planungsermessens.

Der Richtplan ist dem Wesen nach ein Konzept- und Koordinationsplan. Er steht somit zwischen Leitbild und Nutzungsplan. Er bestimmt die Richtung der weiteren Planung und Zusammenarbeit aufgrund einer umfassenden Interessenabwägung und legt die dazu erforderlichen Massnahmen fest.

Mit dem Richtplan verfügt der Kanton über ein geeignetes Instrument, das ihm erlaubt, seine räumlichen Chancen und Potenziale strategisch zu nutzen und dabei auch den Bund und die Nachbarkantone einzubinden. Der Kanton kann seine Partner zwar nicht einseitig zu bestimmten Lösungen verpflichten, er kann aber seine Bedürfnisse im Rahmen der Zusammenarbeit einbringen. Je fundierter die Planungsarbeiten des Kantons sind, desto stärker wird seine Position gegenüber dem Bund und den Nachbarkantonen. Der Richtplan wird damit zum Führungs- und Koordinationsinstrument für die gesamtkantonale räumliche Entwicklung.

In einer Zeit, in der nicht nur der Raum, sondern auch die Finanzen knapp geworden sind, bringt der Richtplan aber noch eine Reihe anderer Vorteile. Eine zweckmässige Raumordnung und eine darauf ausgerichtete Koordination helfen nicht nur die Kosten für die Erstellung, den Unterhalt und die Erneuerung der Infrastrukturnetze zu senken. Sie kann überdies auch einen namhaften Beitrag zur Umweltvorsorge leisten.

Durch eine höhere Transparenz und eine bessere Ordnung und Koordination der Verfahren lassen sich die Verfahrensabläufe vereinfachen und straffen. Wenn in der Planung richtig koordiniert wird, reduziert sich die Wahrscheinlichkeit von späteren Einsprachen. Schliesslich ist der Richtplan ein Instrument zur Information und Mitwirkung sowie zur Konfliktregelung.

Wenn eine Behördenverbindlichkeit gegeben ist, sind die Planungssicherheit und die Anschlussrate gesichert.

9.2 Behördenverbindlichkeit

Die Verbindlichkeit des Richtplans kann wie folgt charakterisiert werden:

- Der Richtplan bindet alle mit raumwirksamen Aufgaben betrauten Behörden, also auch jene des Bundes und der Nachbarkantone.
- Der Richtplan bindet die Behörden in ihrem planerischen Ermessen. Dies gilt insbesondere für Interessenabwägungen, die den Festlegungen des Richtplans zugrunde liegen: Nachgeordnete Planungsinstanzen bleiben bei ihrem Anordnungsspielraum an vorhergehende Interessenabwägungen gebunden. Die Prüfung der Rechtmässigkeit bleibt vorbehalten.
- Ein Richtplaninhalt wirkt solange, als sich Ausgangslage, Zielsetzungen und Massnahmen nicht wesentlich verändern. Haben sich die Verhältnisse geändert, stellen sich neue Aufgaben oder ist eine gesamthaft bessere Lösung möglich, können die Behörden eine Anpassung des Richtplans verlangen.
- Nachträgliche Interpretationen zur Ausgangslage, die dem Richtplan zuwiderlaufen, können dem Richtplaninhalt nicht entgegengestellt werden. In diesem Sinne hat die Genehmigung des Richtplans indirekt verbindliche Auswirkungen auf die Ausgangslage. Vorbehalten bleiben geänderte Verhältnisse und neue Erkenntnisse aufgrund späterer Abklärungen.
- Der Richtplan kennt keine unterschiedlichen Verbindlichkeiten. Richtplaninhalte haben jedoch unterschiedliche Wirkungen, je nachdem, ob es sich um abgestimmte, noch abzustimmende oder noch nicht abstimmungsreife Richtplaninhalte handelt. Die unterschiedliche Wirkung ergibt sich aus den konkreten Abstimmungsanweisungen (Richtplanbeschlüsse zum weiteren Vorgehen). Die Richtplanbeschlüsse sind unabhängig von den Abstimmungskategorien nach Art. 5 Abs. 2 RPV alle gleichermassen.

9.3 Anschlusszwang

Ein Anschlusszwang soll die Anschlusswahrscheinlichkeit weiter steigern. Der Anschlusszwang kann nur unter bestimmten Voraussetzungen durchgesetzt werden und braucht einen hohen Vorlauf in der Gemeindeplanung.

Im Rahmen der Energieversorgung befand sich die Fernwärme schon immer im Wettbewerb mit Gas, Heizöl und auch Strom. Gelegentlich ist es ein Anliegen der Gemeinden, die Fernwärme durch die Einführung eines sogenannten Anschluss- und Benutzungszwanges zu fördern.

Rechtsgrundlage für die Einführung eines Anschluss- und Benutzungszwanges für Fernwärme sind die jeweiligen Gemeinde- bzw. Kommunalordnungen der Kantone. Sie ermächtigen in der Regel die Gemeinden, einen Anschluss- und Benutzungszwang für gemeindliche Einrichtungen einzuführen. Voraussetzung ist, dass er aus Gründen des „Gemeinwohls“ oder der „Volksgesundheit“ bzw. der Luftreinhaltung erforderlich ist. Es muss jedoch ein öffentliches Bedürfnis bestehen. Zur Einführung eines Anschluss- und Benutzungszwanges hat der Ortsgesetzgeber eine Satzung zu erlassen. Es ist jedoch zu betonen, dass der Ortsgesetzgeber vor Erlass der Satzung umfassend das Für und Wider eines solchen Zwanges abzuwägen hat.

Der Anschluss- und Benutzungszwang der Gemeinden kann auch aus Gründen des allgemeinen Klimaschutzes erlassen werden. Ein Anschluss- und Benutzungszwang kann auch durch einen Bebauungsplan eingeführt werden. Die historische Entwicklung zeigt, dass die Anforderungen für eine Anordnung des Anschluss- und Benutzungszwanges teilweise gelockert und nur noch an das Erfordernis des „Gemeinwohls“ gebunden wurden. Die Einführung eines Anschluss- und Benutzungszwanges wird dann gebilligt, wenn das betreffende Gebiet entweder in einem Ballungsraum liegt, zu einer Grossstadt gehört, eine hohe Besiedlungsdichte aufweist oder es sich um ein Kurbad handelt.

In der Praxis führen die Gemeinden heute immer seltener einen Anschluss- und Benutzungszwang für Fernwärme ein. Denn die Einführung eines Anschluss- und Benutzungszwanges führt nicht nur zu einer Anschluss- und Versorgungspflicht, sondern auch zu einer Monopolstellung mit einer entsprechend kritischen Prüfung der Preise. Daher streben die meisten Gemeinden und Versorgungsbetriebe an, mit Hilfe eines preiswürdigen Angebots, grosser Kundenfreundlichkeit und eines breiten Dienstleistungsangebots ihre Stellung im Energieversorgungsmarkt zu behaupten und auszubauen.

9.4 Submissionsgesetz

Der Bund und die Kantone haben das Beschaffungswesen gesetzlich unterschiedlich geregelt. Beim Bund kommt das Bundesgesetz über das öffentliche Beschaffungswesen (BöB SR 172.056.1) und die Verordnung über das öffentliche Beschaffungswesen (VöB SR 172.056.11) zur Anwendung. Kantonale und kommunale Vergabestellen unterliegen der interkantonalen Vereinbarung über das öffentliche Beschaffungswesen (IVöB). Dem öffentlichen Beschaffungsrecht unterstehen auch Einrichtungen des öffentlichen Rechts.

Die Submissionspraxis hat sich durchgesetzt und soll eine Willkür verhindern

Es wird zwischen Dienstleistungsaufträgen, Bauaufträgen und Lieferaufträgen unterschieden. Dabei sind folgende Grundsätze zu beachten:

- Nichtdiskriminierung und Gleichbehandlung
- wirksamer Wettbewerb und Öffnung des Marktes
- wirtschaftliche Verwendung von öffentlichen Mitteln
- Ausstandspflicht
- Einhaltung von Arbeitsschutzbestimmungen und -bedingungen
- Gleichbehandlung von Mann und Frau

Es ist zudem ein Rechtsschutzsystem vorgesehen, mit dem sich Anbietende für ihr Recht einsetzen können.

Vergabestellen, die dem Bundesgesetz über das öffentliche Beschaffungswesen (BöB) unterstehen, können Preisverhandlungen durchführen. Nach interkantonomer Vereinbarung über das öffentliche Beschaffungswesen sind aber Preisverhandlungen nicht zugelassen.

Abhängig von der Auftragsgrösse kommen folgende Verfahren zur Anwendung:

- offenes- oder selektives Verfahren
- Einladungsverfahren
- Freihandverfahren

9.5 Finanzierung und Eigentum des Fernwärmenetzes

Bereits bei der Planung eines Verbundes muss sich der Versorger die Frage stellen, mit welchem möglichen Versorgungsmodell und möglichen Betreibermodell er den Verbund erstellen und betreiben möchte und welches Modell gegenüber den Kunden zur Anwendung kommen soll. In diesem Fall muss zwischen folgenden Bereichen unterschieden werden:

- der Erzeugung (zentral in einem eigenen Heizwerk oder aus Abwärmequellen oder dezentral bei den Kunden aus einer Heizentrale)
- dem Netz von der Erzeugungsanlage bis zu den Kunden
- den Kundenanlagen

Autonomes Modell oder Betreibermodell

Das autonome Modell beruht auf der Eigenverantwortung des Betreibers einer Heizentrale, d.h. der Versorger ist selbst verantwortlich für die Investitionen in die Energieerzeugungsanlagen und das Netz, und für den wirtschaftlichen Betrieb der Wärmeerzeugung und des Netzes.

Vorteile

- definierte Energiegestehungskosten
- keine Finanzierung des Risikos bzw. Gewinns eines Dritten

Nachteile

- Entsprechend geschultes Personal muss für die Wartung und den Betrieb der Anlagen eingestellt werden.

Energie-Contracting

Unter Energie-Contracting versteht man die Auslagerung der Planung, Finanzierung, des Baus und der Wartung einer Energieversorgungsanlage und des Netzes an einen Contractor.

Durch den Abschluss eines solchen Vertrages würden die Baufelder zum Contracting-Nehmer übergehen und der Contractor würde auf Basis der bezogenen Energiemenge in Form eines Gestehungspreises pro kWh entschädigt. Im Falle eines 100-%-Anschlusses an die Fernwärme wäre der Versorger faktisch der Contractor. Im Rahmen eines Contracting müssen insbesondere folgende Punkte definiert werden:

- Energiemenge
- Energieform
- Schnittstelle
- Vertragslaufzeit

Vorteile

- kalkulierbare Jahreskosten bei der Energieerzeugung und des Netz
- keine eigenen Investitionen nötig
- ein Ansprechpartner resp. Verantwortlicher für die Energielieferung
- kein Betriebsunterhalt durch Nutzer (Unterhalt im Contracting enthalten)
- tiefer Personalaufwand

Nachteile

- Abhängigkeit vom Contractor (speziell auch bei Netzerweiterungen)
- höherer Energiepreis als beim Eigenbetrieb (Abdeckung Investition, Risiko Contractor resp. Gewinn des Contractors)
- kein grosser Einfluss auf den Betrieb und die Betriebsoptimierung

Betriebs-Contracting

Unter Betriebs-Contracting versteht man die Auslagerung des Betriebs einer Energieversorgungsanlage und des Netzes an einen Contractor, jedoch nicht die Planung, Finanzierung und Bau der Anlagen, d.h. die Energiezentralen und das Netz sind im Besitz des Energiebezügers. Dieses Betriebsmodell liegt zwischen dem Energie-Contracting und autonomen Betreibermodell, so dass man die Vorteile einer Wärmeerzeugung nicht vollständig in die Hand des Contractors gibt, sondern den optimalen Betrieb einer kompetenten Firma überlässt.

Vorteile

- kalkulierbare Jahreskosten bei der Energieerzeugung und dem Netz
- tieferer Energiegestehungspreis als im Energiecontracting
- Sicherheit des ökologischen Nutzens bei der Anlage (Einsatz Energieträger)
- kein Betriebsunterhalt durch Nutzer (Unterhalt im Contracting enthalten)
- tiefer Personalaufwand

Nachteile

- Investitionen in Energieversorgung nötig
- höherer Energiepreis als beim Eigenbetrieb (Abdeckung Risiko Contractor resp. Gewinn Contractor)
- kein grosser Einfluss auf den Betrieb und die Betriebsoptimierung

9.6 Kundenvertragsverhältnis

Neben der Frage des möglichen Versorgungsmodells und auch des möglichen Betreibermodells stellt sich die Frage, welches Modell gegenüber den Kunden zur Anwendung kommen soll.

9.7 Verordnungen

Grössere Versorgungen können durch eine Fernwärmeverordnung erlassen werden. Diese Form des Vertrags-Verhältnisses wird nicht individuell gestaltet, sondern ist für alle Kunden identisch. Die Gebühren werden als Tarife gestaltet. Man unterscheidet zwischen einem Netzanschlussstarif, einem Grundtarif und einem Leistungstarif.

9.8 Dienstbarkeitsverträge

Bevor man sich mit den Vertragswerken auseinandersetzen kann, muss die sinnvolle und mögliche Trassierung der Fernwärmeleitung bestimmt werden.

Trassierung

Die Planung der Trasse beginnt mit der Bestimmung folgender Punkte:

- Lage (Strassen, Trottoir, private oder öffentliche Grundstücke etc.)
- zu definierende Abstände zu anderen Werksleitungen, Bauwerken und Bäumen
- Überdeckung: Optimierung von Sicherheit (Mindestüberdeckung) und Kosten

Aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen ist es sinnvoll, anfallende Arbeiten zusammenzufassen und mit anderen Arbeiten an den Ver- und Entsorgungsleitung zu koordinieren.

Weitere Aspekte, die bei der Trassenplanung berücksichtigt werden müssen, sind:

- Richtpläne
- Gefahrenzonenkarten, Bodenbeschaffenheit und -schutz
- Grundwasserspiegel
- bestehende oder geplante Bauten und Anlagen
- Wurzelwerke von Bäumen, Belange der Land- und Forstwirtschaft, des Heimat- und des Naturschutzes
- Naturgefahren (Erdbeben, Überschwemmungen etc.)

Absperrarmaturen, die der Absicherung gegen Schäden dienen, sind ausserhalb von besonders gefährdeten Gebieten einzubauen. Die Baumethode muss definiert werden (offener Graben, grabenlose Bauweise, Stollen, Microtunneling etc.).

Die statische Berechnung ist zu beachten. Die Länge und Verteilung der Dehnschenkel auf der Trasselänge werden der statischen Berechnung entnommen.

Fernwärmeleitungen auf fremdem Grund

Fernwärmeleitungen werden wenn immer möglich, durch öffentlichen Grund geführt. In vielen Fällen müssen Leitungen jedoch auch durch private Grundstücke verlegt werden. In urbanen Gebieten sind Querungen von Strassen- und Eisenbahntrassen nicht zu vermeiden. Grundsätzlich sind solche Leitungen zu deren Schutz (u.a. Investitionsschutz) mit Eintrag in das Grundbuch als Personaldienstbarkeit dinglich zu sichern. Seit der Einführung des Sachenrechtes (01.01.2012) müssen allerdings Dienstbarkeiten bei einem Notariat öffentlich beurkundet werden. Die dingliche Sicherung einer Leitung beginnt jedoch bereits mit der Wahl der Linienführung.

Öffentlicher Grund einer Gemeinde

Beim öffentlichen Grund handelt es sich unter anderem um Grundstücke im Eigentum einer Gemeinde, wobei der Begriff des öffentlichen Grundes in Bezug auf die Durchleitungsrechte näher spezifiziert werden muss. Es wird hier grundsätzlich zwischen Grundstücken im Verwaltungsvermögen (diese werden meist über eine Sondernutzungskonzession für die Durchleitung von Fernwärmeleitungen genutzt) und im Finanzvermögen (dingliche Sicherung mit Eintrag ins Grundbuch) einer Gemeinde unterschieden.

Privater Grund

Leitungen auf privaten Grundstücken sind vorzugsweise mit Abschluss eines Dienstbarkeitsvertrages dinglich zu sichern und im Grundbuch einzutragen. Hausanschlussleitungen liegen im Regelfall im Eigentum des Grundeigentümers. Daher werden solche Leitungen nicht dinglich gesichert. Spezielle Aufmerksamkeit gilt jedoch den Hausanschlussleitungen, welche in ihrer Fortsetzung der Erschliessung weiterer Liegenschaften auf Grundstücken Dritter dienen.

Nationalstrassengrundstücke

Jede Inanspruchnahme von Flächen von Nationalstrassen (im Eigentum der Schweizerischen Eidgenossenschaft mit Anmerkung Nationalstrassen) bedarf zwingend der vorgängigen Genehmigung durch das Bundesamt für Strassen (ASTRA). Unter Voraussetzung des tatsächlichen Erfordernisses bewilligt das Bundesamt solche Querungen. Die Notwendigkeit der dinglichen Sicherung wird fallweise vom ASTRA beurteilt. Für Parallelführungen ausserhalb der Nationalstrassenbaulinien gelten die üblichen, nachbarrechtlichen Bestimmungen

Grundstücke im Eigentum von Bahnbetreibern

Muss eine Eisenbahn- oder Strassenbahntrasse gequert werden, so ist vorgängig bei der Bahnbetreiberin zwingend eine Bewilligung einzuholen.

Linienführung als Grundlage für die dingliche Sicherung

Oftmals sind Grundstücke mit einem selbständigen Baurecht belastet (Dauer maximal 100 Jahre). Hier gilt es zu prüfen, wie lange das Baurecht noch dauert. Zudem ist die dingliche Sicherung auf Grundstücken oder Baurechten im Eigentum von mehreren Stockwerkeigentümern im Regelfall sehr aufwendig und langwierig.

Es empfiehlt sich zudem, die Linienführung über Grundstücke so zu wählen, dass im Falle einer Überbauung keine Beeinträchtigungen für den Grundeigentümer entstehen.

Gestaltung von Dienstbarkeitsverträgen

Der Abschluss eines Dienstbarkeitsvertrages setzt einen Konsens zwischen den Vertragsparteien voraus. Für die Gestaltung eines Dienstbarkeitsvertrages sind nebst den formellen Bestimmungen unter anderem die folgenden Aspekte zu beachten:

- *Dauer der Dienstbarkeit: im Regelfall auf unbestimmte Zeit (bei Baurechten bis Ende Baurecht)*
- *Regelung des Zutrittsrechtes*
- *Definition der Entschädigung für die Einräumung der Dienstbarkeit*
- *ausdrückliche Erklärung der Übertragbarkeit in Stichworten*
- *Definition von Mindestabständen zu Bäumen, Fundamenten und Werkleitungen*
- *Kostenregelung im Falle einer Verlegung*

Die Entschädigungen für die Einräumung von Dienstbarkeiten von Leitungen durch Kulturland richten sich nach den Entschädigungsansätzen für Schächte und erdverlegte Leitungen in landwirtschaftlichem Kulturland als gemeinsame Empfehlung unter anderem des Schweizerischen Bauernverbandes (SBV) und des Schweizerischen Vereins des Gas- und Wasserfaches (SVGW).

10. Praxisbeispiele

Resümee

Aus Praxisbeispielen können Empfehlungen zur Vermeidung von Fehlern abgeleitet werden. Die Praxisbeispiele sind teils anonymisiert dargestellt.

In Kapitel 10.1 sind Beispiele aufgeführt, die aufgrund ihrer Konzeption als Leuchtturmprojekte bezeichnet werden können. Es wurden hier entweder neuartige Ideen umgesetzt, oder es wurden konsequent konzeptionelle Besonderheiten verfolgt, die dem Projekt zum Erfolg verhalfen.

In Kapitel 10.2 sind Beispiele aufgeführt, bei denen die gewählte Projektstrategie und das gewählte Konzept zu positiven Resultaten führten, d.h. Beispiele, aus denen bei vergleichbaren Situationen die Vorgehensweisen übernommen werden können, um ein gutes Resultat zu erzielen (Best Practice).

In Kapitel 10.3 sind Beispiele aufgeführt, bei denen typische Entscheide in der Projektierung oder Konzeptionierung zu nachteiligen Effekten für Betrieb und Wirtschaftlichkeit führten. Es werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie bei ähnlichen Situationen alternative Lösungen zu besseren Ergebnissen führen können.

In Kapitel 10.4 sind Gemeinsamkeiten aus den Beispielen zu sich ergebenden typischen Fragestellungen bei Fernwärmeprojekten zusammengefasst.

Aus Praxisbeispielen können Empfehlungen zur Vermeidung von Fehlern abgeleitet werden.

Anonymisierte Darstellung von Beispielen aus der Branche

10.1 Leuchtturm-Projekte

Beispiel 1: Nutzung dezentraler Anlagen

Eine bereits fertiggestellte KVA bildet die Wärmequelle für ein Fernwärmenetz mit mehreren Netzweigen. Ein Netzweig musste über eine grössere Distanz zu den Schlüsselkunden und den grösseren Verbrauchern verlegt werden. Schlüsselkunden und grössere Verbraucher sind Einkaufszentren, Gewerbe, Industrie und Gewächshäuser. Um die Investitionskosten gering zu halten, wurden die Leitungsquerschnitte des Zweiges gering gehalten und die Spitzendeckung durch dezentrale Insel-Kessel bewerkstelligt. Ausserdem werden dezentrale Speicher bei den Bezüglern zum Ausgleich des Tagesgangs verwendet.

Netz für grosse Distanzen

Das Netz ist bestimmend für Investitionen.

Vermeidung von Spitzenleistung durch das Netz

Die Randbedingungen des Netzweiges sind:

- Die Stammlleitung des Zweiges hat einen Querschnitt DN 150 und eine Vorlauftemperatur von 105 °C, geeignet für eine Leistung bis 10 MW.
- Die im Jahr 2015 angeschlossene, abonnierte Leistung des Zweiges beträgt 16 MW. Weitere zukünftige Bezüglern sind in Abklärung.
- Zwei bestehende Heizzentralen mit 5 MW und 6 MW als Insel-Zentralen können die Spitzendeckung des gesamten Netzweiges sicherstellen.
- Ein Speicher mit einem Volumen von 500 m³ trägt zum Ausgleich des Tagesgangs des Wärmebedarfs im Netzweig bei.
- Ein Gewächshaus ist mit einer zweistufigen Übergabestation versehen. Damit kann der Netzweig-Rücklauf massgeblich auf ca. 45 °C gesenkt werden.



Abbildung 10-1 Skizze Netzweig mit dezentralen Spitzenkesseln und Wärmespeichern

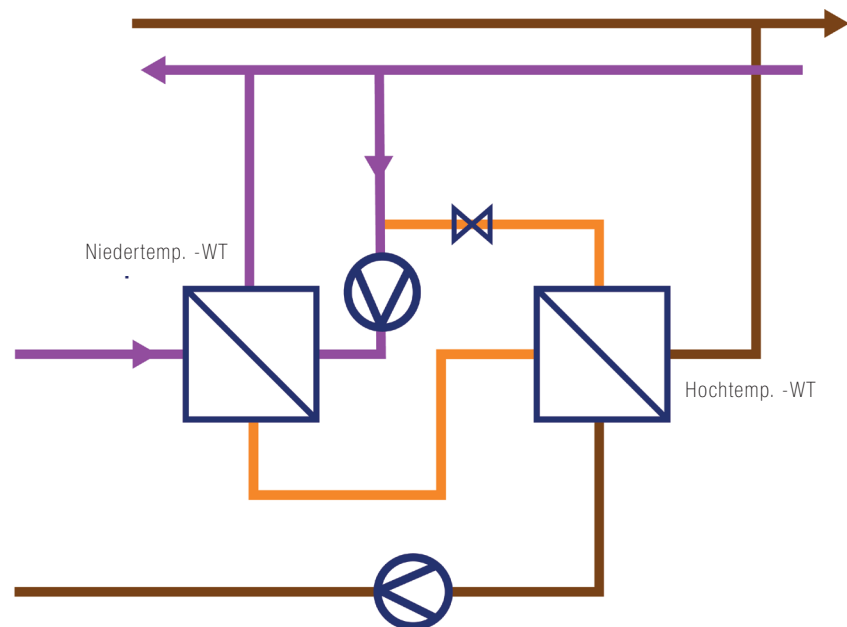


Abbildung 10-2 Skizze zweistufige Übergabestation

Grosse Temperaturspreizung zur Erhöhung der Netzleistung

Ein NT-Wärmetauscher nutzt die Wärme aus dem Rücklauf. Ein HT-Wärmetauscher heizt bedarfsweise mit dem heissen Vorlauf nach. Die Station eignet sich z.B. für Gewächshäuser.

Fazit

- Durch die dezentrale Positionierung der Spitzenkessel und Wärmespeicher werden die Investitionen in das Netz gering gehalten.
- Durch den dezentral positionierten und für den Inselbetrieb konzipierten Speicher kann die KVA-Abwärme optimal genutzt werden.
- Massnahmen zur Erzielung einer grossen Temperaturspreizung tragen zur Wirtschaftlichkeit von Fernwärmeanlagen bei.

Beispiel 2: Wärmeerzeugung aus Abwärme

Ein industrieller Prozess beinhaltet eine Soleneindampfung. 3 MW Abwärme fallen dabei an in Form von Kondensat mit einer Temperatur von $> 40\text{ °C}$. Eine erste Konzeptidee war, das temperierte Kondensat als Quelle für eine Wärmepumpe zu nutzen und daraus Fernwärme zu erzeugen.

Eine Untersuchung des Prozesses der Soleneindampfung mit Hilfe der sog. Pinchsystematik zeigte, dass Wärme auch in Form von heisser Mutterlauge (80 °C), heissem Kondensat (100 °C) und Überschussdampf (145 °C) aus dem Prozess entnommen werden kann, ohne den Prozess nachteilig zu beeinflussen.

Aus den identifizierten Abwärmeströmen konnte ein Prozess zur Wärmenutzung entwickelt werden, der das Fernwärmewasser gestuft aufwärmt. Die Aufwärmung erfolgt dabei weitgehend über Wärmetauscher, die den Abwärmeströmen die Wärme entziehen. Die Besonderheit der Prozessintegration mittels Pinchsystematik liegt hierbei darin, dass Fernwärmewasser aus dem kalten Rücklauf zuerst mit der niederwertigsten Energie (Mutterlauge und kaltes Kondensat) vorgewärmt und mit der höherwertigen Wärme (heisses Kondensat, Dampf) nachgeheizt wird. Damit wird niederwertige Wärme mit Priorität eingesetzt.

Durch den entwickelten Wärmenutzungsprozess konnte die Installation einer leistungsstarken Wärmepumpe (3 MW) vermieden werden. Der grosse Anteil der Heizleistung kann somit hauptsächlich durch Prozessintegration mit Wärmetauschern und ohne den hohen elektrischen Energiebedarf von Wärmepumpen erbracht werden.

Die produzierte Wärme ist damit ca. 2 Rp./kWh günstiger als im Falle einer Wärmepumpenzentrale.

Betrachtung der Abwärmequelle

Prozessentwicklung zur Wärmeerzeugung nach der Quellenanalyse

Berücksichtigung der Wertigkeit der Wärme

Einsparpotenzial durch Pinchsystematik

Direktnutzung mit Wärmetauschern vor Wärmepumpen, Prozessintegration

10.2 Best-Practice-Beispiele

Beispiel 3: Langfristiges Marketing

Bereits Ende der 80er-Jahre entschied sich die Gemeinde Riehen zur Trendwende in der Energieversorgung, weg von fossiler Wärme, hin zu erneuerbarer Wärme. Aufgrund der geologischen Situation wurde eine hydrothermale Geothermieanlage errichtet, die nach entsprechender Aufbereitung die Wärme über ein Fernwärmenetz verteilte.

Das Projekt wurde in der Gemeinde Riehen publiziert und somit wurde ein sehr positives Image für Fernwärme aus Geothermie geschaffen. Heute zeigt sich in der Gemeinde ein nach wie vor grosses Interesse für Fernwärme aus erneuerbarer Energie. Das Anschlussinteresse ist sehr gross. Es besteht eine sehr positive Wahrnehmung der zentralen Wärmeversorgung.

Das Projekt Wärmeverbund Riehen ist als detailliertes Fallbeispiel ab Juni 2017 auf der Homepage des Bundesamtes für Energie unter der Rubrik „Thermische Netze“ aufgeschaltet.

An besonderen Merkmalen, die zum Erfolg des Projektes führten, sind darin genannt:

- hohe Akzeptanz in der Bevölkerung und der Politik
- viele Neuanschlüsse durch Mund-zu-Mund-Propaganda
- die Nutzung des geothermalen Aquifers als Erfolgsgeschichte
- eine tiefe Netz-Rücklaufftemperatur ist wichtig für den Gesamtwirkungsgrad der Anlage
- thermische Speicher mit grosser Kapazität

Erfolgsfaktoren:
Gutes Image
Positive Wahrnehmung
Öffentlichkeitsarbeit
Akzeptanz in der Politik und Bevölkerung

Beispiel 4: Absenkung Netztemperatur

Eine grosse Stadt hat bereits seit den 40er-Jahren Fernheizung. Historisch bedingt hat das Fernwärmenetz eine hohe Vorlauftemperatur von 170 °C.

Um vermehrt Abwärme für Fernwärme nutzen zu können, und um WKK-Prozesse zur Wärmeversorgung effizienter gestalten zu können, wird seit ca. 10 Jahren eine partielle Temperaturabsenkung im Fernwärmenetz angestrebt. Dabei wird in einzelnen Quartieren untersucht, inwieweit mit den bestehenden Einrichtungen der Verteilung und Übergabe die Wärmeversorgung auch mit tieferen Vorlauftemperaturen sichergestellt werden kann.

Aufgrund zahlreicher Gebäudesanierungen in der jüngsten Vergangenheit und aufgrund moderner Gebäudegestaltung bei Neubauten zeigte sich, dass mit den bestehenden, auf 170 °C ausgelegten Installationen ein grosser Teil der Bezüger ohne nennenswerte Modifikationen versorgt werden kann.

Hohe Netztemperaturen verteilen das Netz (> 140 °C)

Gebäudesanierungen führen zu geringerem Verbrauch und zu tieferen Netzparametern.

Fazit

Eine Netzabsenkung kann sich wirtschaftlich lohnen.

Eine Netztemperaturabsenkung muss nicht zu erheblichen Aufwendungen führen, da Gebäudesanierungen in den letzten Jahren spürbare Wärmebedarfssenkungen erwirkt haben. Dadurch können bestehende, auf hohe Temperaturen ausgelegte, Installationen teilweise ohne Änderungen weiter verwendet werden.

Beispiel 5: Finanzierung

Hohe Rentabilitätsanforderungen können eine Projektumsetzung verunmöglichen.

An einem Standort mit bereits vorhandenem Fernwärmenetz wird die Nutzung von 40 GWh/a an hochwertiger industrieller Abwärme untersucht. Es zeigt sich, dass die Abwärmenutzung mit hohen Investitionen für den Industriebetrieb verbunden ist. Aufgrund interner Vorgaben des Industriebetriebes können Investitionen hierzu nur bei Unterschreitung einer Kostenrücklaufzeit von 8 Jahren getätigt werden. Eine Investition durch den Industriebetrieb wäre damit nicht möglich.

Es werden einige Investitionsmodelle zwischen den Partnern Betriebsgesellschaft Fernwärme, Industrie und Kommune geprüft. Diese scheitern anfangs daran, dass keiner der Partner die Projektrisiken im Falle eines geringeren Wärmeabsatzes und bei Nichteinhalten der Lieferverpflichtungen übernehmen kann.

Möglicher Lösungsansatz

Risikodeckung bedeutet Umlagerung oder Verteilung des Risikos.

Im Falle erhöhter Projektrisiken, wie im vorliegenden Fall, wäre die Übernahme einer Risikobürgschaft, z.B. durch die öffentliche Hand oder durch ein Konsortium der Projektteilhaber, hilfreich.

Contractinglösung mit Vereinbarungen zur Risikodeckung als Alternative

Für die Realisation eines derartigen Projektes könnte eine Contractinglösung in Frage kommen, um enge Rentabilitätskriterien abzuwenden. Durch Contracting, z.B. Energieeinsparcontracting oder Anlagencontracting, kann zwar das Projektrisiko nicht vermieden werden, der Industriebetrieb kann sich aber von intern nicht vertretbaren Finanzierungskonditionen distanzieren.

Für die Risikoübernahme muss in jedem Fall eine Lösung (öffentliche Hand, Projektbeteiligte, Konsortium) gefunden und vereinbart werden.

Beispiel 6: Realisierung durch Contracting

Eine Dampfentnahme aus einem Heizkraftwerk liefert Dampf für eine Fernwärmanlage, welche ein grösseres Wohn- und Gewerbegebiet mit Wärme versorgt. Die Zentrale beinhaltet einen Dampfheizler für die gesamte Netzleistung. Ausbauten der Fernwärme führten seit längerer Zeit zu einem wachsenden Wärmebedarf bis zu einer abonnierten Leistung von 10 MW. Als Reservekessel stand dem Netz nur ein Industriekessel von 4 MW im Inselbetrieb zur Verfügung.

Während einer kalten Winterperiode erlitt der Dampfheizler einen erheblichen Schaden. Durch mobile Zentralen konnte der Reservebetrieb nach einigen Tagen wieder aufgenommen werden.

Der Fernwärmebetreiber erkannte zwar den Mangel an Reservekapazitäten. Es war ihm jedoch aus wirtschaftlichen und organisatorischen Gründen nicht möglich, selbst ein Reservekonzept für die Zukunft zu realisieren und zu betreiben.

Eine Contracting-Unternehmung übernahm schliesslich das Netz und die Infrastruktur und errichtete eine Zentrale mit 2 Reservekesseln mit genügender Leistung und Rückspeisemöglichkeit in das gesamte Netz.

Damit konnte ein bestehender Wärmeverbund durch eine Contracting-Lösung in eine Versorgungsstruktur mit der erforderlichen Betriebssicherheit überführt werden.

Fazit

Contractinglösungen bieten sich insbesondere in Fällen an:

- bei denen grössere Investitionen getätigt werden müssen, die von einer anderen Unternehmensform nicht getätigt werden können und
- bei denen geschultes und erfahrenes Betriebspersonal für den Anlagenunterhalt benötigt wird.

Verzicht auf Reserveanlagen aus finanziellen Gründen

Contracting-Modelle zeigen alternative Finanzierungsmöglichkeiten.

10.3 Beispiele vermeidbare Fehler

Beispiel 7: Netzentwicklung und Bedarfsermittlung

Bedarfsermittlung zu Beginn des Projektes

Bei einem geplanten Wärmeverbund für ein Wohngebiet wurde zum Projektstart im Rahmen einer groben Vorstudie ein Wärmebedarf von 55'000 MWh geschätzt. Die Schätzung stützte sich ab auf eine vorhandene Wärmebedarfsstatistik innerhalb des vorgesehenen Perimeters, hochgerechnet mit einem angenommenen Anschlussgrad.

Anhand des ermittelten Wärmebedarfs wurde ein Versorgungskonzept, bestehend aus Netz und Zentrale, konzipiert.

Frühzeitige Bedarfsabschätzung

Im Rahmen des Vorprojektes zeigte sich der geschätzte Wärmeabsatz als zu hoch. Eine präziserte Einschätzung nach Kontaktierung von Schlüsselkunden ergab ein Wärmeabsatzpotenzial von 25'000 MWh/a. Mit diesem aktualisierten Bedarfswert wurde die Projektierung fortgesetzt. Zwar konnte dem Abschluss des Vorprojektes ein angepasster und eher realistischer Wärmebedarf zugrunde gelegt werden. Es resultierte für die Vorprojektphase jedoch ein relativ grosser Projektierungsaufwand.

Fazit

- Bereits während der ersten Schritte einer Vorstudie muss mit hoher Sorgfalt das Wärmeabsatzpotenzial und die Erreichbarkeit von Schlüsselkunden im Auge behalten werden.
- Wärmebedarfsstatistiken in einem Verbundperimeter sind zwar als Orientierungshilfe für eine Bedarfsermittlung geeignet. Die Bedarfsermittlung muss aber in einer möglichst frühen Projektphase auf Schlüsselkunden und auf begründbare Anschlussgrade abgestützt werden.
- Ein Versorgungskonzept soll erst nach Vorliegen einer gründlichen Bedarfsanalyse erstellt werden. Ein zu früh festgelegtes Konzept kann zu Lösungsvorstellungen führen, die später nur schwer rückgängig gemacht werden können.

Versorgungskonzept als Ergebnis einer Bedarfsanalyse

Beispiel 8: Netzauslegung und Projektstrategie

Im Jahr 2006 wurde für eine KVA ein Projekt gestartet, um die Wärme der KVA ausser zur Stromproduktion auch zur Wärmeversorgung eines Gebietes mit 2 grossen Gemeinden zu nutzen. Der anfangs ermittelte hohe Wärmebedarf an Niedertemperaturwärme für Gewächshäuser und neue Wohngebiete führte zur Konzipierung eines Versorgungsnetzes mit niedriger Vorlauftemperatur von 70 °C bei einer Leistung von 30 MW. Mit der niedrigen Fernwärmetemperatur war beabsichtigt, die Stromverlustkennziffer (Verlust an produzierter elektrischer Energie im Verhältnis zur ausgekoppelten Wärme) gering zu halten.

Im Auftrag der Bauherrschaft wurden weitere Bedarfsanalysen durchgeführt, die ein zukünftiges Wärmeabsatzpotenzial von 100 GWh/Jahr auswiesen bei einer maximalen abonnierten Leistung von 60 MW. Das Versorgungskonzept sah daraufhin vor, alle Reserve- und Spitzenkapazitäten zentral bei der KVA zu positionieren und das Netz auf eine Betriebstemperatur von 85 °C bei einer Temperaturspreizung von 20 K (Rücklauf 65 °C) auszulegen. Die Niedertemperatur-Verbraucher waren zu diesem Zeitpunkt nicht mehr bedeutend. Es konnten mit der neuen Auslegung beliebige Verbraucher angeschlossen werden. Dies hatte zur Konsequenz, dass die Fernwärmeleitungen mit sehr grossen Querschnitten dimensioniert wurden.

Die Stammeleitung erhielt einen Querschnitt DN 350. Das Netz mit einer gesamten Trasslänge von heute > 30 km führte zu spezifisch sehr hohen Investitionen.

Für das Konzept ergäbe sich folgendes Optimierungspotenzial:

1. Erhöhung der Temperaturspreizung
2. Spitzen- und Reservekapazitäten dezentral

Zu 1.: Eine Erhöhung der Temperaturspreizung auf 30 K würde bereits den Volumenstrom im Netz auf 67 % reduzieren. Ggf. wären kundenseitige Massnahmen zur Senkung der Rücklauftemperatur auf < 65 °C notwendig.

Zu 2.: Um den Querschnitt der Haupttrasse im Netz gering zu halten, würde sich die dezentrale Einspeisung von Spitzen- und Reserveleistung anbieten. Die maximale Leistung von 30 MW (Zukunft evtl. bis 60 MW) wird nur für wenige Stunden im Jahr erreicht.

Durch die beiden Massnahmen könnten die Investitionskosten massiv reduziert werden. Darüber hinaus könnten die Wärmeverluste des Netzes und die Pumpleistung geringer gehalten werden.

Sehr frühe Entscheide können sich als unpässlich erweisen.

Festlegung des Versorgungskonzeptes nach den Resultaten der Bedarfsanalyse

Ein Verbundnetz ist kostenintensiv.

Massnahmen zur Netzkostensenkung verbessern die Wirtschaftlichkeit.

Jahresdauerlinie Fernwärme-Stammeleitung für 30 MW, Spreizung 30 K

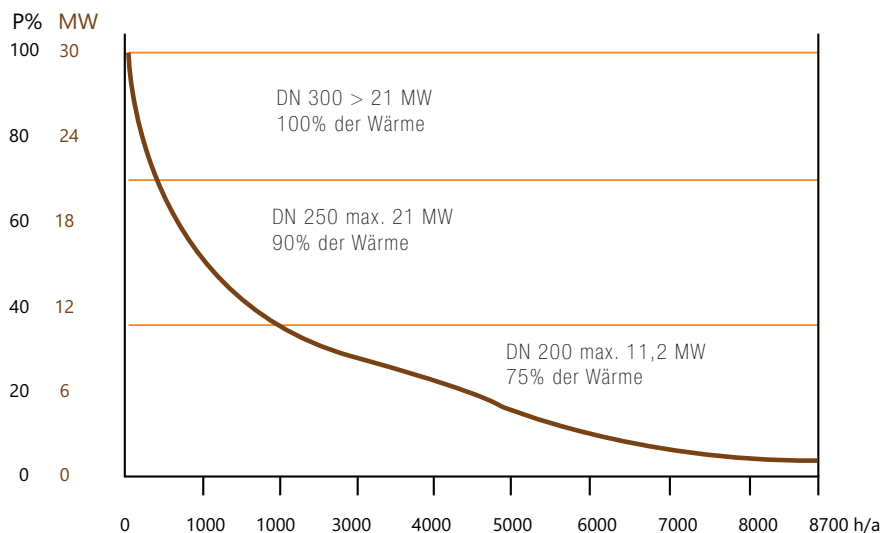


Abbildung 10-4 Grenzbelastung einer Trasse bei einer Spreizung von 30 K Jahresdauerlinie mit typischem Verlauf für ein Wohngebiet. Eine DN-200-Trasse kann zum Beispiel 75 % der Wärme übertragen. 25 % müssten dann über dezentrale Spitzenanlagen abgedeckt werden.

Fazit

Möglichst geringe Netzdimension zur Senkung der Kosten

- Grosse Netzdimensionierungen sollten möglichst vermieden werden.
- Es sollte eine grosse Temperaturspreizung angestrebt und die Spitzenleistung möglichst nicht über lange Distanzen transportiert werden.

Dezentrale Massnahmen zur Kostensenkung sind Speicher und dezentrale Spitzenanlagen.

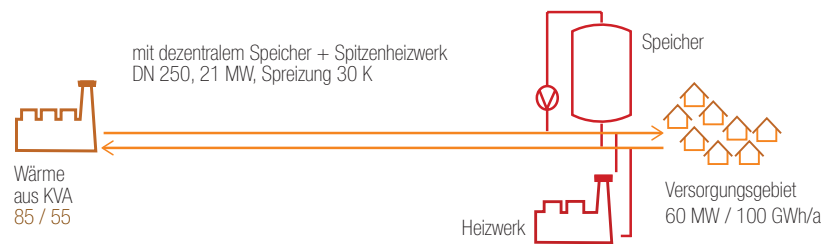


Abbildung 10-5 Einsatz Heizwerk und Wärmespeicher dezentral

Beispiel 9: Verbund aus Industrieabwärme

Optimistische Ausgangslagen zur Netzparametrierung bei Projektstart

Ein Wärmeverbund mit einer Anschlussleistung von 7 MW und einem jährlichen Wärmeabsatz von 15'000 MWh wird in der Grundlast mit industrieller Abwärme versorgt. Die Vorlauftemperatur beträgt im Sommer 75 °C, im Winter 85 °C.

Die industrielle Abwärme wird durch eine stufenweise Auskopplung aus dem Prozess gewonnen. Da die niederwertigste nutzbare Energie der industriellen Prozessabwärme auch die niedrigste Temperatur hat, ist eine tiefe Rücklauftemperatur im Wärmeverbund sehr bedeutend für die Projektwirtschaftlichkeit.

Zum Projektstart konnte mit der Erhebung der Bedarfssituation der Wärmekunden die Fernwärme-Rücklauftemperatur auf 45 °C festgelegt werden. Alle Schlüsselkunden erwiesen sich prinzipiell als geeignet für die Erreichung dieser Rücklauftemperatur.

Mit der Akquisition der Wärmekunden zum Projektbeginn wurde seitens des Marketings zwar die geplante Vorlauftemperatur des Netzes (85 °C, 75 °C) als bedeutende Voraussetzung für den Anschluss vereinbart. Die Rücklauftemperatur von 45 °C wurde jedoch nicht als zwingende Bedingung festgelegt.

Nach Inbetriebnahme des Wärmeverbundes zeigte sich, dass bei mehreren Schlüsselkunden die Rücklauftemperatur nicht erreicht wird. Sie lag mit bis zu 55 °C deutlich über den vorgesehenen 45 °C. Dadurch konnte der Wärmeverbund die industrielle Abwärme nicht im vorgesehenen Mass nutzen. Es musste für den Wärmeverbund mehr als vorgesehen fossil nachgeheizt werden.

In darauf folgenden zahlreichen Gesprächen mit den Wärmebezügern konnten nur teilweise Verbesserungen bei der Senkung der Rücklaufemperatur erzielt werden. Ein grosser Teil der Wärmebezüger hätte Modifikationen der Hausinstallationen zur Senkung der Rücklaufemperatur realisieren müssen, was mit Kosten verbunden gewesen wäre. Insbesondere wären Modifikationen bei der Brauchwarmwasser (BWW)-Aufbereitung betroffen gewesen.

Fazit

- Eine einmal mit Vertragslegung des Wärmebezuges getroffene Vereinbarung kann im Nachhinein nur schlecht wieder zu Ungunsten des Bezügers korrigiert werden.
- Nachträgliche Korrekturmassnahmen zur Erreichbarkeit einer tiefen Rücklaufemperatur sind meist mit Kosten verbunden, welche zu Lasten des Wärmeversorgers gehen können. Eine Finanzierung von Massnahmen zur Senkung der Rücklaufemperatur bei den Verbrauchern kann aber für den Versorger wirtschaftlich vorteilhaft sein. So kann es sich für den Wärmeversorger als opportun erweisen, bei mehreren Bezügern Massnahmen zu finanzieren, die den gesamten Netzzücklauf absenken.
- Vor der Vertragsvereinbarung muss mit Sorgfalt und Nachdruck auf die Erreichbarkeit der Rücklaufemperatur geachtet werden. Gegebenenfalls muss ein Massnahmenplan vereinbart werden zur Zielerreichung.

Einmal getroffene Vereinbarungen können nur schwer modifiziert werden.

Die Erreichbarkeit einer Rücklaufemperatur muss frühzeitig präzise geprüft werden.

Beispiel 10: Langfristentwicklung und Netzbelastung.

Die Wärmeauskopplung aus einer KVA wurde in den 90er-Jahren für eine Wärmeleistung aus dem Dampf der KVA von 22 MW realisiert. Zwei heizölbetriebene Kessel von jeweils 10 MW am Standort der KVA dienen der Reserve- und Spitzenstellung. Das Wärmeversorgungsnetz besteht aus dem Nordstrang (ca. 16 MW) und dem Südstrang (ca. 6 MW). Es wird so betrieben, dass es im Winter eine Vorlaufemperatur von 110 °C und im Sommer von 75 °C aufweist. Der Wärmeabsatz für das gesamte Netz liegt bei mittlerweile knapp 40 GWh/a.

Ein neuer Zweig am Nordstrang mit einer Leistung von 7 MW und einem Wärmeabsatz von 15 GWh ist in Diskussion. Im neuen Zweig sind bereits 2 erdgasbetriebene Kessel mit jeweils 10 MW vorhanden. Durch den zusätzlichen Zweig würde der Nordstrang erheblich stärker ausgelastet. Der Nordstrang des Fernwärmenetzes hat einen Leitungsquerschnitt von DN 200 am Hauptstrang. Um die bestehenden Kapazitäten der Wärmeerzeugung am Standort der KVA optimal nutzen zu können, wird erwogen, die ersten 1000 Trassemeter des Nordstranges von DN 200 auf DN 250 zu erweitern. Damit könnte die übertragbare Leistung der Trasse von derzeit 20,5 MW auf > 30 MW erhöht werden.

Ein Netz soll mit grösserer Leistung betrieben werden.

Die Kosten für die Querschnittsvergrösserung der 1'000 Trassemeter betragen ca. 2,5 Mio. CHF.

Alternativ zur Vergrößerung des Trassenquerschnitts könnten folgende Massnahmen geprüft werden:

**Die Erhöhung der Netzleistung kann durch verschiedene Methoden erreicht werden:
Dezentrale Einspeisung
Druckerhöhung
Wärmespeicher**

- Installation von dezentralen Speichern zur Verkleinerung der Leistungsspitzen in der Haupttrasse;
- stärkerer Einbezug der dezentralen Kessel des neuen Zweiges zur Entlastung des Netzes bei hohen Netzleistungen und
- die Installation von Druckerhöhungspumpen. Eine Trasse DN 200 aus Kunststoffmantelrohr kann im Spitzenfall bis min. 250 Pa/m betrieben werden. Dies entspricht 20,5 MW bei DN 200 und einer Temperaturspreizung von 55 °C.

Bewertung der Alternativen:

- Durch den Einbezug von dezentralen Speichern oder dezentralen Spitzenkesseln kann die Haupttrasse entlastet werden.
- Das Potenzial zur Entlastung der Haupttrassenleistung durch dezentrale Speicher liegt bei etwa 25 %.
- Durch die Nutzung dezentraler Spitzenkessel kann die Haupttrasse in der Leistung reduziert werden. Der neue Netzzweig (7 MW) kann durch eigene Heizkessel selbst versorgt werden. Die Haupttrasse wird damit um 7 MW entlastet.
- Auch unabhängig von dezentralen Speichern und Spitzenkesseln könnte mittels Druckerhöhungspumpen die Leistung durch die bestehende Haupttrasse deutlich vergrößert werden.

Fazit

Durch dezentrale Spitzenkessel kann im vorliegenden Fall auf die Erweiterung der Haupttrasse gänzlich verzichtet werden. Dezentrale Speicher würden die Haupttrasse weiter entlasten. Bereits eine höhere Trassenbelastung (bis 250 Pa/m) könnte den Engpass weitgehend beheben.

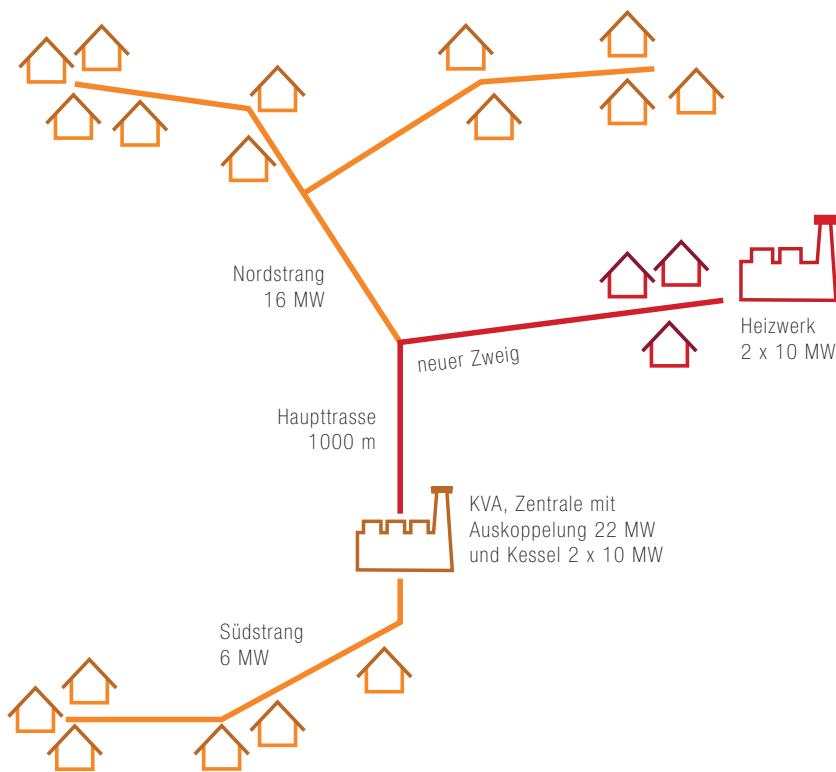


Abbildung 10-6 Haupttrasse, neuer Zweig, bestehende Stränge

Beispiel 11: Zentralenerweiterung und Betrieb

Eine mit Wärmerückgewinnung versehene Klärschlammverbrennung bildete die Grundlastquelle von 3 MW für einen Hochtemperatur-Wärmeverbund (120 °C). Der Wärmeverbund erhielt eine Spitzenlastdeckung durch einen Ölkessel. In den ersten Betriebsjahren des Wärmeverbundes konnte die Wärmeversorgung annähernd vollständig durch die Grundlastwärme aus der Klärschlammverbrennung abgedeckt werden.

Mit einem wachsenden Anschlussgrad im Wärmeverbund wurde der Bedarf an Spitzendeckung durch den Ölkessel höher. Dadurch stiegen die Wärmegestehungskosten deutlich an.

Zur Optimierung der Wärmeversorgung wäre die Installation eines Wärmespeichers zweckmässig. Damit wäre vor allem im Winter ein Ausgleich des Tagesganges des Verbundes möglich. Die kontinuierlich anfallende Abwärme der Klärschlammverbrennung könnte damit zur Deckung der morgentlichen Bedarfsspitzen des Verbundes genutzt werden.

Ein Wärmeversorgungskonzept soll nachträglich ergänzt werden.

Das ursprüngliche Konzept liess keinen Raum für Erweiterungen.

Ein Wärmespeicher war in der Konzeptphase der Wärmeversorgung nicht vorgesehen. Eine nachträgliche Nachrüstung der Wärmeerzeugung mit einem Wärmespeicher hätte zwar zu erheblichen Investitionen geführt, wäre jedoch über einen längeren Zeitraum durchaus rentabel. Ohne Speicher müsste die Wärmeerzeugung stets exakt die benötigte Wärme produzieren. Ein Speicher als hydraulische Entkopplung könnte den fluktuierenden Wärmebedarf ausgleichen (siehe Skizze).

Zentrale für Abwärmenutzung mit Spitzenkessel und (optional) Wärmespeicher

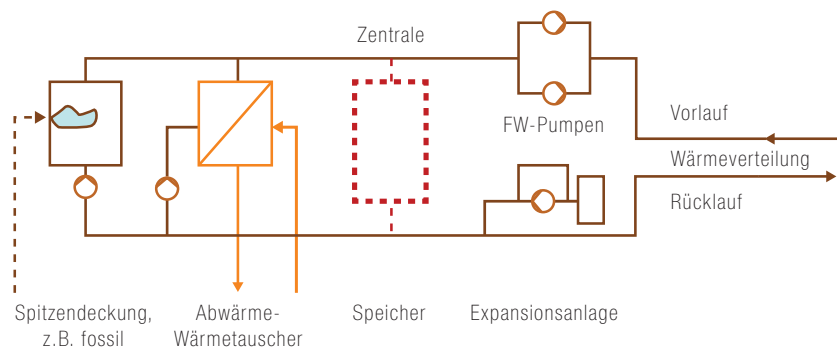


Abbildung 10-7 Zentrale für Abwärmenutzung mit Spitzenkessel und (optional) Wärmespeicher

Fazit

Entwicklungsmöglichkeiten beim Konzept zu Projektbeginn einplanen.

Bei der Konzipierung einer Wärmeversorgung empfiehlt sich eine weitsichtige Gestaltung zur ggf. einfachen Nachrüstung einer Zentrale mit dem Zweck:

- einer in Zukunft evtl. grösseren Leistung
- der Installation eines Wärmespeichers zur besseren Grundlastnutzung
- der Ausbaubarkeit der zentralen Infrastruktur auf höhere Förderleistung und Netzkapazität (Volumen-Expansion, Stammleitungen, Fernwärme-Pumpen)

Ausbaufähigkeit berücksichtigen.

Eine nachträgliche Vergrößerung oder Erweiterung einer Anlage ist während der Betriebsphase gewöhnlich schwieriger realisierbar als zu Beginn eines Projektes.

Beispiel 12: Holz-Wärmeverbund mit Engpässen

Ein im Jahr 2008 in Betrieb genommener Holz-Wärmeverbund ist mit zwei Holzkes-seln mit Rauchgaskondensation und mit fossil betriebenen Spitzenkesseln ausge-stattet. Der Wärmeverbund war anfangs ausgelegt auf eine Anschlussleitung von 2 MW für Fernwärme mit einem Vorlauf von 85 °C und einem Rücklauf von 50 °C. In den ersten Betriebsjahren wurde eine Rücklauf-temperatur von teilweise > 58 °C erreicht.

Im Jahr 2012 wurde der zusätzliche Anschluss eines neuen Gebietes mit einer Leistung von 500 kW erwogen. Eine Berechnung zeigte eine starke Überlastung des bestehenden Netzes an einer Stelle (Engpass), bedingt durch die relativ geringe Temperaturspreizung von teilweise < 27 °C. Die Anschlussleistung des neuen Ge-bietes hätte ohne die Umsetzung von geeigneten Massnahmen durch das Netz nicht bedient werden können.

Der Engpass im Netz resultierte aus der Rücklauf-temperatur, die deutlich höher lag als ursprünglich geplant. Es müssen somit Massnahmen umgesetzt werden, die eine Senkung der Rücklauf-temperatur bewirken.

Als Ursachen für die hohe Rücklauf-temperatur wurden durch eine Untersuchung ermittelt:

- Brauchwarmwassererwärmung (BWW) hauptsächlich mit Registerboilern, Register dabei teilweise unterdimensioniert
- Übergabestationen mit grosser Grädigkeit
- Hydraulik der Hausanlagen, teilweise Beimischschaltungen

Massnahmen zur Senkung der Rücklauf-temperatur wären Modifikationen der Über-gabestationen und Hausanlagen sowie Änderungen der BWW-Anlagen gewesen. Diese hätten an vielen Stellen bezügerseitige Aufwendungen ausgelöst. Als weitere Massnahme wurde die Installation einer dezentralen Wärmepumpe im Netz erwogen, die im Bereich des Netzengpasses eine erhöhte Temperaturspreizung erwirkt hätte.

Fazit

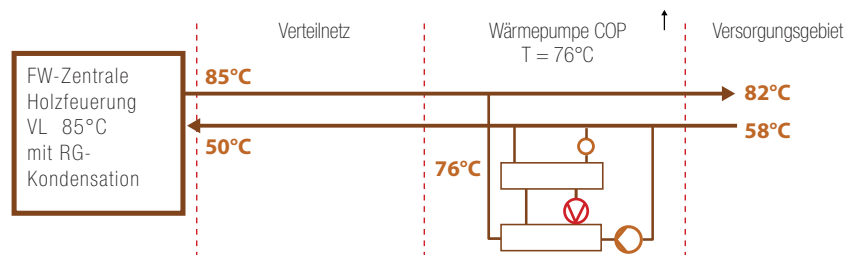
- Durch konsequente Einhaltung der technischen Anschlussbedingungen, hier Rücklauf-temperatur, bereits zu Beginn des Projektes hätten spätere Korrektur-massnahmen vermieden werden können.
- Insbesondere die Hydraulik der Hausanlagen und die BWW-Anlagen müssen für den Anschluss an einen Wärmeverbund gewissen minimalen Standards entspre-chen.
- Durch eine tiefere Rücklauf-temperatur liesse sich bei einem Holzverbund mit Rauchgaskondensation eine erhebliche Effizienzsteigerung erzielen.
- Eine dezentrale Rücklaufabsenkung mittels Wärmepumpe gilt als wirksame Me-thode zur Netzoptimierung (siehe folgende Skizze).

**Netzengpass wegen geringer
Temperatur-Spreizung**

**Der Netzurücklauf wirkt begren-
zend auf die Netzkapazität.**

Erwärmung Warmwasser

Hydraulik Hausanlagen



Beispiel: Die Wärmepumpe benötigt eine Austrittstemperatur von 76°C und erwirkt im Netz eine Erhöhung der Spreizung auf 35°C. Der Vorlauf im Versorgungsgebiet erreicht 82°C
COP = hoch, Temperaturhub = niedrig, Betriebszeiten WP nur bei Spitzenlast

Abbildung 10-8 Einbindung dezentraler Wärmepumpen

10.4 Zusammenfassung Fallbeispiele

Aus den Fazits der vorgestellten Beispiele resultierende Gemeinsamkeiten sind:

- Eine tiefe Rücklauftemperatur ist für Effizienz und Wirtschaftlichkeit äusserst wichtig.
- Zu gross dimensionierte Netze sind Störgrössen für die Wirtschaftlichkeit von Fernwärmeprojekten. Im Gegensatz dazu finden sich für spätere Netzausbauten auch alternative Technologien zur Vergrösserung der Netzleistung.
- Dezentrale Konzepte zur Spitzen- und Reservestellung zeigen ein grosses Potenzial zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit.
- Contracting gilt als wirksame Geschäftsform, gerade falls Hürden für die Realisierung durch die Finanzierung bestehen.

Die vorgestellten Beispiele sind aus der Sicht hauptsächlich von Planern und Betreibern zusammengetragen. Sie sind damit nicht repräsentativ für die gesamte Branche. Es können sich bei der Wiedergabe weiterer Fallbeispiele andere Paradigmen ergeben und andere Empfehlungen resultieren. Deswegen sind wir als Autoren des Leitfadens Fernwärme an weiteren Beispielen sehr interessiert, die in folgenden Leitfadensrevisionen ggf. abgebildet werden können.

Mit Unterstützung von



*Bundesamt für Energie (BFE)
Mühlestrasse 4
3063 Ittigen*

www.energieschweiz.ch

fernwärme
Die Komfort-Energie

*Verband Fernwärme Schweiz (VFS)
c/o Ryser Ingenieure AG
Engestrasse 9, Postfach
3001 Bern
info@fernwaerme-schweiz.ch
www.fernwaerme-schweiz.ch*