

Räumliche Energieplanung, November 2024

Modul 7: Grundsätze thermische Netze Eignung und Wirtschaftlichkeit

Werkzeuge für eine zukunftstaugliche Wärme- und Kälteversorgung
Information für kommunale Behörden und Fachpersonen

Impressum

Herausgeber: EnergieSchweiz für Gemeinden

Erstdruck: Februar 2011; Revision Februar 2019; Revision 2024

Auftragnehmer: PLANAR AG für Raumentwicklung, 8055 Zürich;

Unterstützung: Brandes Energie AG, econcept AG; Planair

Begleitgruppe Revision 2024: Kantone Aargau, Kanton Bern, Kanton Zürich, Stadt Schaffhausen, Stadt Biel, Stadt Zürich, Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), Bundesamt für Energie (BFE), Thermische Netze Schweiz

Diese Studie wurde im Auftrag von EnergieSchweiz erstellt.

Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich.

Modul 7 in Kürze

Überblick thermische Netze

Die räumliche Energieplanung ist eine wichtige Voraussetzung für die Realisierung von thermischen Netzen (wie Wärme-/Kälteverbunde oder Anergienetze). Diese eignen sich für die Versorgung von Siedlungsgebieten mit Wärme im Hoch- und im Niedertemperaturbereich bzw. mit Kälte aus Abwärme und ortsgebundenen erneuerbaren Energien.

Wirtschaftlicher Betrieb thermischer Netze

Um den wirtschaftlichen Betrieb eines thermischen Netzes zu prüfen, sind Abklärungen zu den Gestehungskosten bei der Energieerzeugung, zur Wärme- und Kältebedarfsdichte, zu den Anforderungen des Gebäudebestandes sowie den Kosten für die Energieverteilung im Versorgungsgebiet erforderlich. Zwingend ist auch die Koordination mit einer allfälligen bestehenden Gasversorgung.

Weiterführende Informationen und Links

- Organisation und Finanzierung von thermischen Netzen, Modul 8
- Separates Beiblatt zu den Modulen 1 bis 10

Inhaltsverzeichnis

1.	Überblick thermische Netze.....	4
1.1	Bedeutung der thermischen Netze für die Wärmetransformation	4
1.2	Verständnis thermischer Netze.....	4
1.3	Zweck von thermischen Netzen.....	5
1.4	Eignungsbeurteilung	5
1.4.1	Kombination von Wärme- und Kältelieferungen	6
1.5	Dekarbonisierung von thermischen Netzen.....	7
2.	Standorte von Energiezentralen und -speicher	9
3.	Wirtschaftlichkeit thermischer Netze.....	10
3.1	Schlüsselparameter für die Wirtschaftlichkeit thermischer Netze.....	10
3.2	Ermittlung der ungefähren Energiegestehungskosten	11
3.3	Risiken und weiterführende Überlegungen.....	11
4.	Quellen	13

1. Überblick thermische Netze

Wo ist der Aufbau von thermischen Netzen zweckmässig? Welche Faktoren beeinflussen die Eignung für einen thermischen Verbund? Neben den technischen und räumlichen Voraussetzungen sind dafür auch die Wirtschaftlichkeit und die Koordination mit bereits bestehenden Versorgungsnetzen zu beachten.

1.1 Bedeutung der thermischen Netze für die Wärmetransformation

Bis 2050 müssen fossile Heizungen durch CO₂-freie Heizsysteme ersetzt werden. Thermische Netze sind dabei von zentraler Bedeutung für die CO₂-freie Wärmeversorgung von Gebäuden und teilweise auch von Industriebetrieben in Gebieten mit grosser Energiebezugsdichte. Sie ermöglichen die Nutzung von standortgebundener Abwärme sowie von Wärme aus erneuerbaren Quellen wie Kehrichtverwertungsanlage, ober- und unterirdischen Gewässern, Abwasser, Geothermie und Biomasse.

Fast 40 % des Endenergiebedarfs für Raumheizung und Warmwasser könnten bis 2050 durch thermische Netze gedeckt werden. Dadurch würden rund 700'000 Haushalte über thermische Netze versorgt und im Durchschnitt 2'500 Liter Öl je Haushalt ersetzt. Insgesamt könnten auf diese Weise die CO₂-Emissionen um 5 Millionen Tonnen reduziert werden (BFE 2023a; EnDK 2019). Thermische Netze stellen somit eine Alternative zum Gasnetz dar. In den nächsten Jahren werden viele fossile Heizungen durch erneuerbare ersetzt. In einigen Kantonen ist dies gesetzlich vorgegeben. Der Aufbau eines thermischen Netzes muss demnach in den nächsten zehn bis fünfzehn Jahren erfolgen, um nicht zu viele potenzielle Kunden an individuelle Lösungen zu verlieren.

1.2 Verständnis thermischer Netze

Ein thermisches Netz ist die leitungsgebundene Verteilung von Wärme und/oder Kälte aus einer gemeinsamen Energiequelle. Innerhalb der thermischen Netze wird zwischen Hoch- und Niedertemperaturnetzen unterschieden (vgl. Abb. 1).

- Hochtemperaturnetze weisen eine Vorlauftemperatur von mehr als 60 °C auf.
- Niedertemperaturnetze eine Vorlauftemperatur von weniger als 60 °C auf. Die neueste Generation von thermischen Netzen sind die Anergienetze. Sie verteilen Energie, welche auf einem niedrigen Temperaturniveau (<30 °C), aus Abwärme oder Umweltwärme (Erdwärme, Grund- und Oberflächenwasser, Luft) produziert wurde. Der Temperaturhub auf das benötigte Temperaturniveau erfolgt dabei nicht zentral, sondern beim jeweiligen Nutzer. Mit Anergienetzen kann sowohl geheizt als auch gekühlt werden und auch niederwertige Abwärme aus Industrie und Gewerbe andernorts genutzt werden.

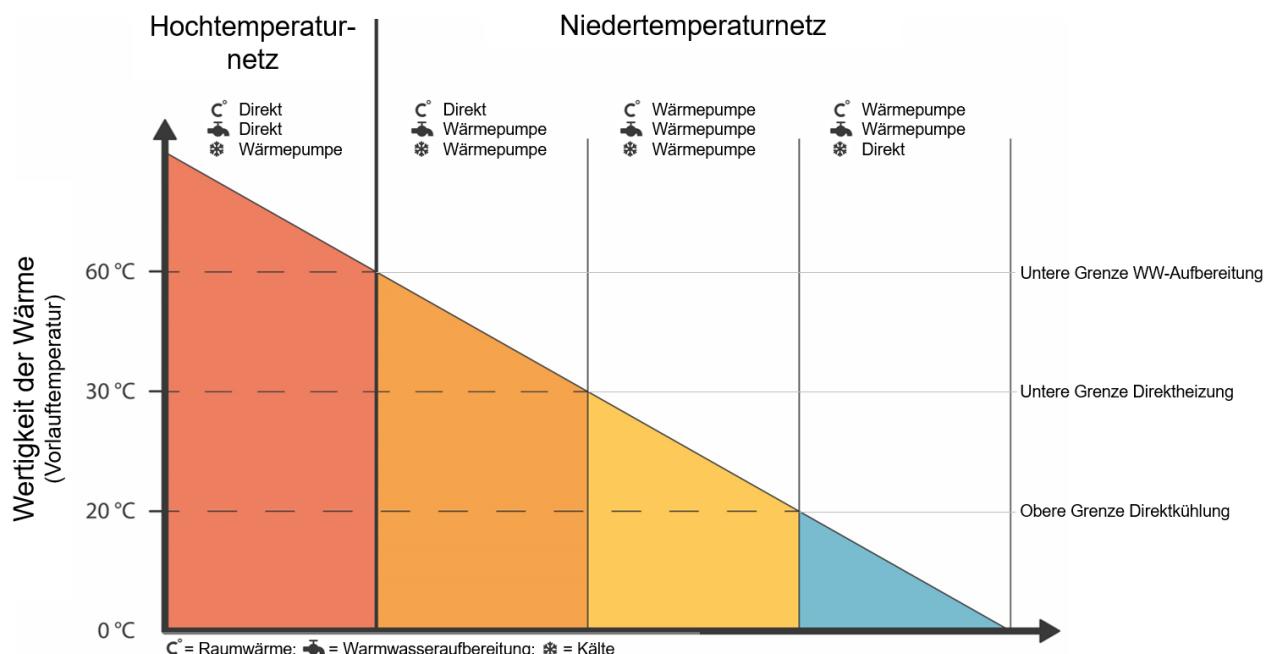


Abbildung 1: Übersicht über die Arten der thermischen Netze, ihre Vorlauftemperatur und ihre Nutzung. Aus Seminar Thermische Netze Schweiz

1.3 Zweck von thermischen Netzen

Thermische Netze ermöglichen, die Wärme- und Kälteversorgung übergeordnet zu organisieren. Die Planung der thermischen Netze hat jedoch umsichtig zu erfolgen, weil der Aufbau und Betrieb durch hohe Investitionen und lange Nutzungs- und Amortisationszeiten bestimmt sind. Thermische Netze werden mit folgenden Zwecken erstellt:

- Nutzung standortgebundener Abwärme aus KVA, Industrie und Gewerbe, ARA, WKK-Anlagen
- Nutzung von ortsgebundenen, erneuerbaren Wärme- und Kältequellen
- Versorgung mit Wärme und Kälte und gleichzeitige Nutzung der Abwärme aus Kälteanlagen
- Betrieb von (kombinierten) Energieerzeugungstechnologien wie Wärmepumpen, Holzfeuerungen, Geothermie und WKK-Anlagen
- Versorgung in Gebieten, wo Einzellösungen nicht oder nur eingeschränkt möglich sind

1.4 Eignungsbeurteilung

Zur Bestimmung einer zweckmässigen Energieversorgung sind diverse planerische Aspekte zu berücksichtigen (Abb. 2). Das wichtigste Kriterium für ein thermisches Netz ist der zukünftige durch das Netz zu deckende Wärme- und Kältebedarf im Versorgungsgebiet (abzüglich bereits bestehender erneuerbarer Einzellösungen). Nur bei entsprechender Wärme- und Kältebedarfsdichte ist die Voraussetzung für eine Versorgung durch thermische Netze gegeben. Daneben können auch bauliche Voraussetzungen (z. B. mögliche Integration einer Energiezentrale in ein Bauprojekt oder Erschliessung eines Areals im Zuge eines Bauprojekts), sowie lokale Energiequellen den Aufbau eines thermischen Netzes begünstigen. Ist dies nicht der Fall, ist eine dezentrale Nutzung von Abwärme und erneuerbaren Energien anzustreben. Wenn sich ein Gebiet für ein thermisches Netz eignet, ist abzuklären, ob und welche Abwärmequellen vorhanden sind. Beim Vorhandensein von hochwertiger Abwärme (z. B. Abwärme KVA) mit einem direkt nutzbaren Temperaturniveau, kann ein Verbund mit hoher Vorlauftemperatur angestrebt werden. Bei niedriger Ab- oder Umweltwärme, welche nicht direkt nutzbar ist, kann ein thermisches Netz mit niedriger Vorlauftemperatur als Versorgungsart anvisiert werden, sofern die Bedürfnisse auf der Kundenseite befriedigt werden können.

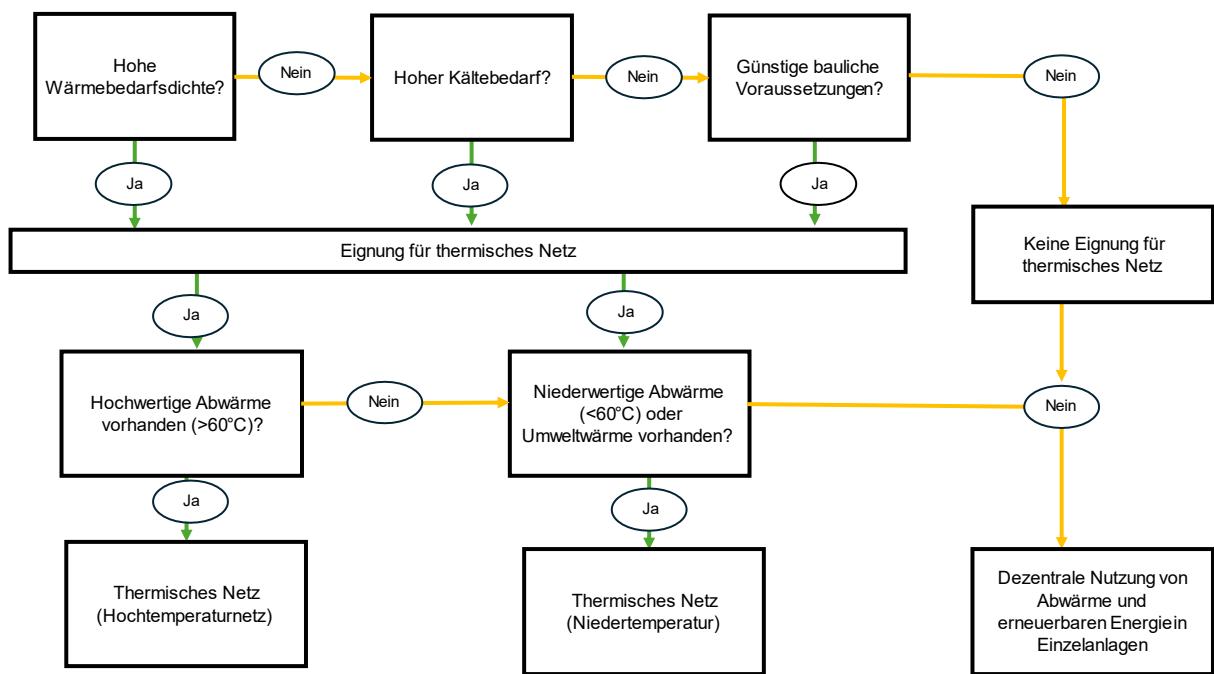


Abbildung 2: Entscheidungsverfahren für den Aufbau eines thermischen Netzes

Folgende weitere Voraussetzungen begünstigen den Aufbau eines thermischen Netzes:

- Grossverbraucher mit ganzjährigem Wärmebedarf (Schlüsselkunden wie Schulen, Spitäler, Altersheime, Wäschereien)
- Grossverbraucher mit ganzjährigem Kältebedarf (Schlüsselkunden wie Rechenzentren)
- Wohngebiete: Eine hohe Wärmebedarfsdichte weisen ältere, dicht bebaute Wohngebiete auf; Transformations- und Neubaugebiete mit geringerer Wärmedichte lassen sich oft auch mit Niedertemperaturnetzen versorgen, bei denen die Wärmeerzeugung mit Wärmepumpen dezentral in den Gebäuden erfolgt.
- Betriebsdauer: Bei der Eignungsabklärung von Gebieten ist auf den künftigen Wärmebedarf (unter Beachtung von Gebäudesanierungen, Ersatzbauten) sowie die zeitliche Verfügbarkeit der Energiequellen zu achten.
- Steigende Kältenachfrage: Aufgrund der klimatischen Veränderung wird die Kältenachfrage steigen. Dies ist bei der Planung abzuschätzen und zu beachten. So kann z. B. ein flexibles System im Winter Wärme und im Sommer Kälte verteilen.
- Zonen mit einem hohen Anteil an Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen: Die Erschliessung von Industrie- und Gewerbegebieten mit Wärme- oder kombinierten Kältenetzen ist detailliert und im Einzelfall zu prüfen.

1.4.1 Kombination von Wärme- und Kältelieferungen

Die Nachfrage nach Kälte zur Klimatisierung von Dienstleistungsgebäuden, Serveranlagen und Rechenzentren nimmt deutlich zu (Klimaerwärmung, Hitzeinseln in Innenstädten, Abwärme EDV sowie steigende Komfortansprüche). Die konventionelle Kälteproduktion – mit Strom angetriebene Kältemaschinen – verursacht Abwärme, die in Hitzeperioden das Mikroklima in Innenstädten zusätzlich aufheizt.

Die Versorgung mit Wärme und Kälte kann in thermischen Netzen sinnvoll kombiniert werden. Dabei gibt es verschiedenen Arten von möglichen Kombinationen, welche je nach Nachfrage gewählt werden sollen:

- Anergienetz: Dieses Zweileitersystem ist auf niedrige Temperaturen ausgelegt. Im Idealfall kann das Anergienetz direkt, ohne zusätzliche Wärmepumpe zum Kühlen genutzt werden. Dies ist thermodynamisch äusserst effizient. Die Leitungen eines Anergienetzes haben einen verhältnismässig grossen Durchmesser, da nur ein geringer Temperaturunterschied zwischen vor und Rücklauf (bzw. warmer und kalter Seite) besteht. Dafür ist keine Dämmung der Rohrleitungen nötig. Vierleiter-System: In diesem

System wird neben Wärme auch Kälte geliefert, die je einen Vor- und einen Rücklauf benötigt, also vier Leitungen. Mit zentralen Wärme- und Kältemaschinen werden Wärme und Kälte erzeugt, welche in je einem separaten Netz zur Verfügung gestellt werden können. Ein grosser Vorteil dieses Systems ist, dass die Abwärme der Kälteerzeugung direkt in die Wärmeverteilung eingespeist werden kann. Das System kann daher besonders effizient sein. Da die Baukosten mit der Anzahl der Leiter steigen sind solche Netze meist räumlich stark begrenzt.

- Change-Over-System (Zweileiter-System): Bei diesem Zweileiter-System wechselt halbjährlich der Betriebsmodus: im Winter ist die Vorlauftemperatur auf direktem Nutziveau ($> 60^{\circ}\text{C}$), im Sommer beträgt die Vorlauftemperatur weniger als 20°C , sodass direkt gekühlt werden kann. Dieses System lohnt sich jedoch nur, wenn im Winter kein Kühlbedarf besteht und im Sommer der Kühlbedarf höher ist als der Heizbedarf. Dies ist insbesondere dann interessant, wenn das Brauchwarmwasser lokal erzeugt wird (Wärmepumpenboiler). Zudem muss die Alterung der Rohrleitungen genau betrachtet werden, da diese durch grosse Temperaturschwankungen beschleunigt werden kann.

Koordination mit der Gasversorgung

Die Koordination der Gasversorgung mit bestehenden und geplanten thermischen Netzen ist eine wesentliche Aufgabe der räumlichen Energieplanung. Entsprechende Erwägungen, Planungsgrundsätze und Massnahmen werden in Modul 6 «Gasnetz der Zukunft» beschrieben. Die wichtigsten Punkte sind dabei folgende:

- In Gebieten mit bestehenden oder geplanten thermischen Netzen, die bereits mit Gas versorgt sind, ist für die beteiligten Energie- und Gasversorgungsunternehmen das Vorgehen bei Interessenkonflikten festzulegen. Der direkte Umstieg von Gasversorgung auf ein thermisches Netz ist oft kostengünstiger, bedarf aber einer sehr guten Koordination mit allen Beteiligten.
- Sind keine thermischen Netze vorhanden, können die für das jeweilige Gebiet am besten geeigneten erneuerbaren Energieträger festgelegt werden.
- Um eine Koordination zwischen Gasversorgung und thermischen Netzen zu gewährleisten, sollte die Gasversorgung am besten im Vorfeld der räumlichen Energieplanung ihr Netz analysieren (Alter und Zustand der Leitungen) und im Idealfall bereits eine Zielnetzplanung vornehmen, die, wenn möglich, auch die regionale und überregionale Situation berücksichtigen. Dabei ist zu beachten, dass Erdgas und Wasserstoff zukünftig nicht für den Einsatz in der Raumwärme vorgesehen sind.

1.5 Dekarbonisierung von thermischen Netzen

Für die Erreichung von Netto-Null 2050 ist es von Bedeutung, dass die thermischen Netze ohne fossile Energien betrieben werden. Die Technologien zur Betreibung eines thermischen Netzes ohne fossile Energien in der Grundlast sind bereits verbreitet. Oft werden für die Spitzenlastdeckung noch Heizöl oder Gas eingesetzt. Für die Dekarbonisierung von thermischen Netzen gibt es gemäss dem Leitfaden für emissionsfreie thermische Netze (Planair SA & Verenum AG 2023) verschiedenen Möglichkeiten:

- Thermische Speicher: Für die Deckung oder Minimierung der Spitzenlast können Speicher (Langzeit- und saisonale Speicher) eingesetzt werden. Die Wahl der Art des Speichers ist abhängig von den örtlichen Begebenheiten.
- Betriebsoptimierung: Eine optimale Einstellung des Betriebs von der Erzeugung über die Verteilung bis zum Nutzer ermöglicht die Minimierung der Spitzendeckung z. B. durch erhöhte Effizienz und Verminderung der Gleichzeitigkeit des Bedarfs (Lastverschiebung).
- Erzeugungsseitige Optimierung: Die Regelung von thermischen Netzen funktioniert oft reaktiv, d. h. Betreiber reagieren auf Signale, indem der Wärmeerzeuger beeinflusst wird. Da erneuerbare Energie meist weniger flexibel auf Bedarfänderungen reagieren kann als fossile Energien, dienen Bedarfsprognosen dazu, das System zu optimieren.
- Alternative Energieträger (Grundlast): Anstelle von fossilen Energieträgern können erneuerbare Energiequellen in Kombination mit einer Nacherwärmung durch synthetische Brennstoffe oder Elektrodenkessel erfolgen.

- Alternative Energieträger (Spitzenlast): Heute bereits verfügbare erneuerbare Alternativen zur fossilen Spitzenlastabdeckung sind Biogas und Elektrodenkessel. Bei Biogas sollte die Verfügbarkeit im Voraus abgeklärt werden, da Biogas eine knappe Ressource ist (Planair SA & Verenum AG 2023). Zirka ab 2040 könnten auch synthetische Brennstoffe oder Wasserstoff eine Alternative darstellen (Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen 2022).

2. Standorte von Energiezentralen und -speicher

Für die Einrichtung eines thermischen Netzes ist der Bau einer Energiezentrale unverzichtbar. Oft werden weitere Infrastrukturen wie Wasserfassungen bei Seen oder Flüssen, Erdsondenbohrungen oder Pumpbrunnen bei Grundwassernutzung benötigt. Auch Energiespeicher werden in Zukunft eine wichtigere Rolle spielen. Angesichts der zunehmenden Verdichtung der Bebauung wird die Standortfindung jedoch zunehmend komplexer, weshalb eine frühzeitige Sicherung geeigneter Standorte essenziell ist. Verschiedene Faktoren sind dabei für die Auswahl eines Standorts für Energiezentralen und -speicher von Bedeutung:

- Nähe zu Versorgungsgebiet
- Verfügbarkeit Energiepotenziale und der Energieabnehmer
- Wirtschaftliche Faktoren (Bsp. Nähe zu Versorgungsgebiet)
- Anschluss an Infrastruktur
- Topographie des Standortes
- Gesetzliche Vorgaben (BNO/ BZO, Umwelt- und Naturschutzauflagen)
- Umwelt- und Naturschutzauflagen
- Grundeigentümerin/innen des Standortes

Die Bedeutung dieser Faktoren variiert je nach Standort und geplantem Energieträger für die notwendigen Infrastrukturen. Die Gemeinde verfügt über verschiedene Optionen zur Absicherung von Standorten für Infrastrukturanlagen. Dabei sind unterschiedliche Ausgangslagen zu berücksichtigen:

- Eigentumsverhältnisse des Standorts
- Gemeindeeigenes Land: Ist der Standort bereits im Besitz der Gemeinde, kann diese ohne zusätzliche Grundstücksverhandlungen über das Gebiet verfügen und die erforderlichen Genehmigungen erteilen. Das ermöglicht häufig eine schnellere und kostengünstigere Umsetzung des Projekts.
- Privateigentum: Befindet sich der Standort in Privatbesitz, muss die Gemeinde Verhandlungen führen und gegebenenfalls Pacht- oder Kaufvereinbarungen abschließen. Dies kann längere Verhandlungen und finanzielle Kompromisse erfordern.
- Zone des Standortes
- Standort innerhalb der Bauzone: Liegt der Standort innerhalb einer Bauzone, lässt sich die Entwicklung meist schneller realisieren, da in der Regel keine grundlegenden Änderungen am Zonenordnung notwendig sind. Besonders geeignet für den Bau einer Energiezentrale oder eines Speichers sind Industrie- oder Gewerbezonen oder Zonen für öffentliche Bauten; reine Wohngebiete eignen sich dafür hingegen weniger .
- Standort ausserhalb der Bauzone: Befindet sich das benötigte Land ausserhalb einer Bauzone, ist meistens eine Einzonung erforderlich. Dieser Prozess kann langwierig sein und erfordert eine enge Abstimmung mit den übergeordneten Behörden und der Öffentlichkeit.

Je nach Ausgangslage hat die Gemeinde verschiedene Handlungsmöglichkeiten, um geeignete Standorte für Energiezentralen oder Energiespeicher zu sichern. Sie kann beispielsweise eigene Grundstücke für diesen Zweck nutzen und damit eine direkte Umsetzung ohne zusätzliche Erwerbsprozesse ermöglichen. Alternativ besteht die Möglichkeit, Flächen von privaten Eigentümern und Eigentümerinnen zu erwerben, um notwendige Standorte zu sichern. Sollte das geplante Gebiet nicht in einer geeigneten Bauzone liegen, kann die Gemeinde zudem eine Einzonung anstreben, um den Bau einer Energiezentrale oder eines Speichers rechtlich zu ermöglichen. Bei Einzonungen ist ein Nachweis der Standortgebundenheit notwendig.

3. Wirtschaftlichkeit thermischer Netze

Die Wirtschaftlichkeit eines thermischen Netzes ist schwierig allgemein zu beurteilen, da sie von vielen Faktoren abhängt. Die Energiekosten und die Investitionskosten beeinflussen unter anderem den angebotenen Energietarif und damit die Konkurrenzfähigkeit gegenüber individuellen Heizungslösungen. Die Wirtschaftlichkeit muss deshalb im Rahmen einer Machbarkeitsstudie zwingend genauer untersucht werden. In diesem Kapitel werden einige begünstigende Bedingungen für den wirtschaftlichen Betrieb thermischer Netze aufgezeigt.

3.1 Schlüsselparameter für die Wirtschaftlichkeit thermischer Netze

Die Versorgung in thermischen Netzen erfolgt wirtschaftlich, wenn über den ganzen Lebenszyklus die Aufwendungen inkl. externer Kosten nicht höher sind als eine dezentrale Versorgung mit Wärme und Kälte (SIA 480). Folgende Faktoren beeinflussen die Wirtschaftlichkeit eines thermischen Netzes stark:

1. *Energiebedarfsdichte*: Die Energiebedarfsdichte ist der Energiebedarf pro Jahr aller Verbraucher im Verhältnis zur Grundfläche eines Versorgungsgebiets. Ab einer Energiebezugsdichte von rund 400 MWh pro Jahr und Hektare kann ein Gebiet interessant werden.
2. *Anschlussgrad*: Der Anschlussgrad gibt das Verhältnis angeschlossener zu potenziell möglicher Energiebezugsmenge an. Für einen wirtschaftlichen Betrieb sind oft Größenordnungen von 50 Prozent oder höher erforderlich.
3. *Anschlussdichte* (auch Liniendichte oder lineare Energiedichte): Die Anschlussdichte beschreibt das Verhältnis zwischen der an die Kunden gelieferten Energie pro Jahr und der gesamten Länge der Leitungen. Je höher der Energiebedarf pro Fläche und je geringer die Leitungslänge, umso wirtschaftlicher lässt sich ein thermisches Netz betreiben. Ab einer Leistungsdichte von mehr als 1 kW pro Transsemeter (Tm) bzw. mehr als 2 MWh/(Tm · a) bei Ganzjahresbetrieb kann ein Gebiet interessant werden. Da die Länge des Leitungsnetzes vor der Machbarkeitsstudie oftmals noch unbekannt ist, kann die Faustregel von ca. 200 bis 300 Tm Leitungsbedarf pro Hektare Siedlungsfläche für die Haupterschliessung verwendet werden.

Wärmedichte in Neubaugebieten

In Neubaugebieten ist aufgrund erhöhter Wärmedämmungsanforderungen mit einem geringeren Heizwärmebedarf zu rechnen; der Wärmebedarf für Brauchwarmwasser bleibt etwa konstant. Die Gebäude können auf niedrigem Temperaturniveau beheizt werden. Dies begünstigt die individuelle Versorgung pro Gebäude mit erneuerbaren Energiequellen (z. B. Erdwärme). Somit beschränkt sich die Eignung für thermische Netze auf Neubaugebiete mit sehr hoher baulicher Dichte, mit lokal verfügbarer Abwärme und Umweltwärme, mit hohem Kühlbedarf oder mit besonderen baulichen Voraussetzungen. Zur Deckung eines kombinierten Bedarfs von Wärme und Kälte können Anergienetze eine interessante Option darstellen.

Tabelle 1 liefert erste Anhaltspunkte dafür, in welchen Bereichen ein thermisches Netz wirtschaftlich betrieben werden kann und daher eine vertiefte Prüfung sinnvoll ist.

Ausnutzungsziffer	Bestehende Bauten		Neubauten	
	HT-Netze (≥ 60 °C)	NT-Netze (< 60 °C)	HT-Netze (> 60 °C, fossil max. 20 %)	NT-Netze (Abwärme oder erneuerbar)
< 0,5	wenig geeignet	wenig geeignet	wenig geeignet	wenig geeignet
< 0,5 bis 0,80	bedingt geeignet	bedingt geeignet	wenig geeignet	bedingt geeignet
0,80 bis 1,10	geeignet	geeignet	bedingt geeignet	bedingt geeignet
> 1,10	geeignet	geeignet	geeignet	geeignet

Tabelle 1: Nutzerseitige Eignung von Wohngebieten bzw. Zonen mit mehrheitlich Wohnbauten für Hoch (HT)- und Niedertemperatur (NT)-Netze. Annahmen: Anschlussdichte ca. 1 kW / Tm (ca. 2 MWh / a Trassenmeter (Tm)). Verteilkosten bei Neubauten: 800 Fr. / Tm; bestehende Gebäude: 1200 Fr. / Tm; Wirtschaftlichkeitsgrenze bei Verteilkosten von 40 Fr. / MWh)

Glossar

Ausbaugrad: Verhältnis gebauter zur im Zonenplan erlaubten Gebäudesubstanz (Tab. 1: Annahme 100 %).

Anschlussdichte: Verhältnis angeschlossener zu potenziell bezogener Energieemenge (Tab. 1: Annahme 75 %). Für Gebiete mit ähnlichen Verbrauchern entspricht dies auch dem anzahlmässigen Anteil der angeschlossenen Wärmeabnehmer.

Ausnutzungsziffer: Verhältnis zwischen der anrechenbaren Bruttogeschoßfläche des Gebäudes und der anrechenbaren Landfläche

3.2 Ermittlung der ungefähren Energiegestehungskosten

Die Energiegestehungskosten werden oftmals verwendet, um die Wirtschaftlichkeit einer Anlage zu bestimmen und die Kosten mit anderen Systemen zu vergleichen. Die Energiegestehungskosten geben an, wie viel es kostet, eine bestimmte Menge an Energie zu erzeugen. Sie werden berechnet, indem man alle Kosten, die für die Erzeugung dieser Energie anfallen, durch die erzeugte Energiemenge teilt:

Energiegestehungskosten = $\frac{\text{Gesamtkosten}}{\text{Erzeugte Energiemenge}}$. Zu den Gesamtkosten zählen Investitionskosten, Betriebskosten, Kapitalkosten und Entsorgungskosten. Berücksichtigt wird auch die finanzielle Unterstützung, beispielsweise aus Förderprogrammen oder Klimakompensationsprojekten. Die Gestehungskosten bei thermischen Netzen bewegen sich typischerweise zwischen 50 und 170 CHF/MWh. (Verband Fernwärme Schweiz 2022)

Grundsätzlich gilt: Je geringer die Energiegestehungskosten ausfallen, umso mehr Aufwand darf für die Verteilung im thermischen Netz eingesetzt werden. Die Verteilkosten werden entscheidend von der Wärme-/Kälteabgabe (MWh / a) pro Tm beeinflusst (Tabelle 1).

Investitionskosten

Die Investitionskosten umfassen sämtliche Kosten zur erstmaligen Erstellung des thermischen Netzes. Sie umfassen die Planungskosten, die Kosten für die Energieerzeugung, die Energieverteilung und die Übergabe an die Kundinnen und Kunden. Bei den Kosten für die Energieverteilung spielen insbesondere die Leitungskosten eine grosse Rolle, diese wiederum sind von folgenden Faktoren abhängig (nicht abschliessend):

- **Verlegungsort:** Innerstädtisch können Baukosten 1,5-mal bis 5-mal höher sein als im ländlichen Gebiet. Erfolgt die Erschliessung eines Gebiets gleichzeitig mit den übrigen Werkleitungen und Strassen, kann mit tieferen Kosten gerechnet werden.
- **Liniengführung:** Eine hohe Dichte an Werkleitungen, sowie Querungen von Gewässern, Bahnlinien oder Autobahnen sind besonders kostentreibend.
- **Temperaturniveau und Wärmemedium:** Niedertemperaturnetze ohne Isolation sind oft günstiger als Hochtemperaturnetze (Richtgrösse für kanalverlegte Dampfleitung mit DN 100: 4 000 CHF/Tm) (Verband Fernwärme Schweiz 2022).

3.3 Risiken und weiterführende Überlegungen

Der Bau von Energiezentralen und thermischen Netzen ist eine langfristige Investition. Die Amortisationszeit für Energieerzeuger beträgt zwischen 20 bis 25 Jahren und für thermische Netze rund 40 Jahre. Daher ist

es bei der Wirtschaftlichkeitsanalyse wichtig, auch eine Risikobewertung für Abweichungen von der geplanten Entwicklung vorzunehmen. Solche Abweichungen könnten zum Beispiel bedeuten, dass der geplante Ausbau nicht vollständig erreicht wird. Auch kann der Energieverkauf durch Renovierungen von Gebäuden oder durch neue wirtschaftliche und gesetzliche Vorgaben sinken. Zusätzlich könnten die Energiepreise ändern, die Investitionskosten steigen oder die Zinssätze ändern. (*Arbeitsgemeinschaft QM Fernwärme 2022*)

Weitere Schritte nach Bestätigung der Machbarkeit eines thermischen Netzes werden in Modul 8 aufgezeigt.

4. Quellen

- Bundesamt für Energie (BFE) (2023a). Wärmestrategie 2050. Bern, Schweiz. Verfügbar unter: <https://www.newsd.admin.ch/newsd/message/attachments/74920.pdf> (Zugriff am [17.07.2024]).
- Gnehm, Rita (2022): Guidance for cities developing H/C plans. Decarb City Pipes 2050.
- Hochschule Luzern (HSLU) (2024): Seminar thermische Netze Schweiz.
- Konferenz Kantonaler Energiedirektoren (EnDK) (2019): Merkblatt Fernwärme in Kürze. Verfügbar unter: https://www.endk.ch/de/ablage/energieberatung/Merkblatt%20Fernwaerme%20in%20Kuerze%2020190502_d.pdf (Zugriff am [17.07.2024]).
- PLANAR (2016): Rechte und Pflichten bei der Wärmeversorgung im Verbund. EnergieSchweiz, Kantone LU, SG, TG, SH, ZH. Bern, Schweiz.
- PLANAR (2017): Energievorschriften in der Nutzungs- und Sondernutzungsplanung. EnergieSchweiz. Bern, Schweiz.
- Planair SA & Verenum AG (2023): Leitfaden für emissionsfreie thermische Netze. RES DHC.
- SIA 480: Wirtschaftlichkeitsrechnung für Investitionen im Hochbau. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein. Zürich, Schweiz.
- Verband Fernwärme Schweiz (2022): Leitfaden Fernwärme / Fernkälte. EnergieSchweiz & fernwärme. Bern, Schweiz.
- Verbund Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE) (2022): Spotlight Wasserstoff. Energiezukunft 2050. Wege in die Energie und Klimazukunft der Schweiz.
- Arbeitsgemeinschaft QM Fernwärme (2022): Planungshandbuch Fernwärme. EnergieSchweiz & QM Fernwärme. Bern, Schweiz.