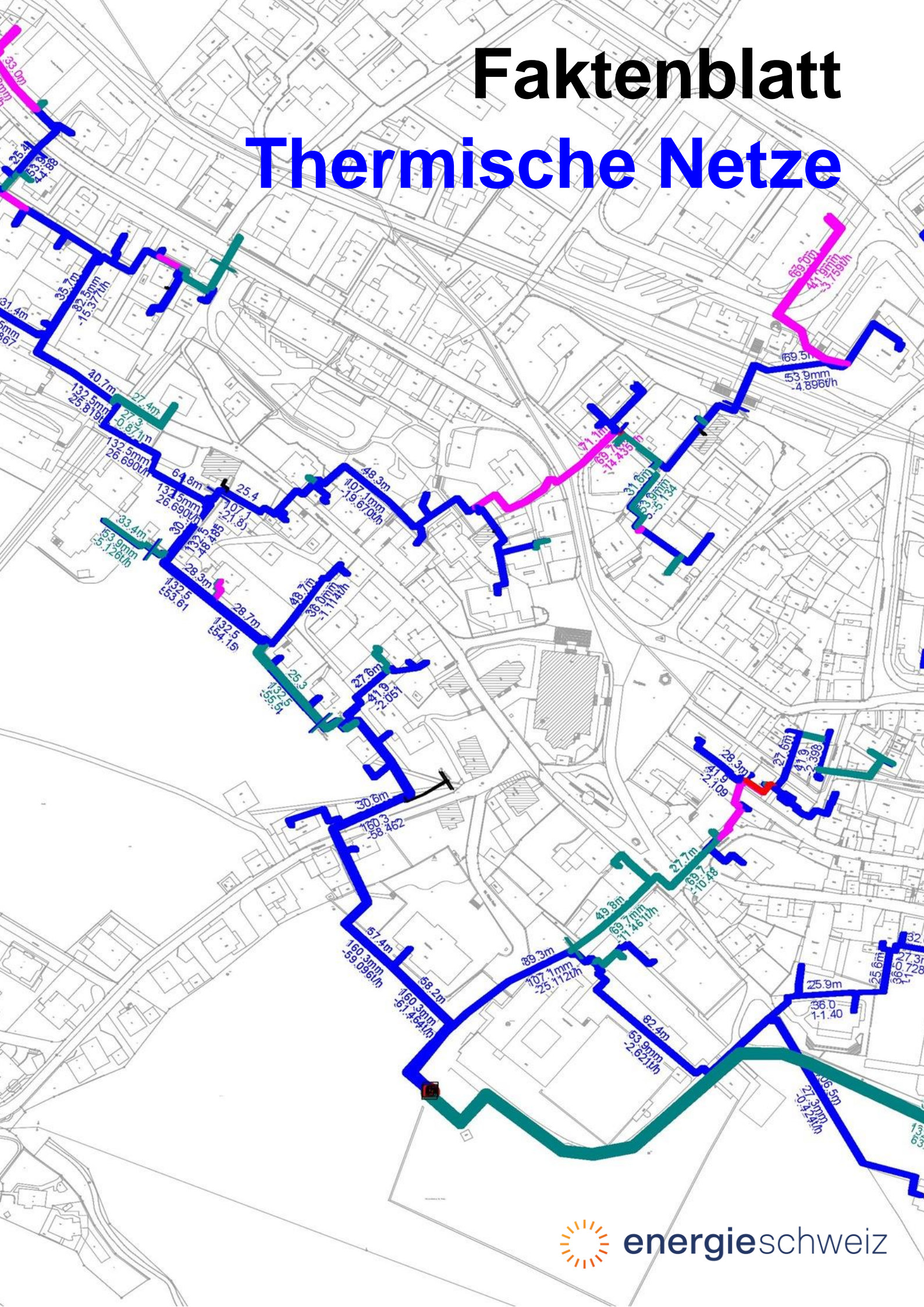


Faktenblatt Thermische Netze



Inhalt

1	Einleitung	3
2	Grundlagen	3
2.1	Was ist Fernwärme und Fernkälte	3
2.2	Thermische Netze in der Schweiz	4
2.3	Potenzial	5
2.4	Standorte	7
3	Technik und Kosten	7
4	Projektbeteiligte und Umfeld	9
4.1	Projektbeteiligte	9
4.2	Räumliche Energieplanung	9
4.3	Fördermöglichkeiten für thermische Netze	10
5	Stärken und Schwächen	11
6	Quellen	12

Zielpublikum:

Entscheidungstragende zu Energiefragen und Raumplanung aus Politik, Verwaltung und Wirtschaft
Investorinnen und Investoren
Hauseigentümerinnen und Hauseigentümer sowie Wärmeverbrauchende

Impressum

Herausgeber: EnergieSchweiz

Ausgabe: Version 1.0 vom 10. Februar 2021

Auftragnehmer: Verenum AG

Autoren:

Thomas Nussbaumer, Verenum AG

Stefan Thalmann, Verenum AG

Andreas Hurni, Verband Fernwärme Schweiz

Stefan Mennel, Hochschule Luzern – Technik & Architektur

Begleitung: Daniel Binggeli, Bundesamt für Energie

**Das Faktenblatt wurde im Auftrag von EnergieSchweiz erstellt.
Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich.**

Adresse

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE

Pulverstrasse 13, CH-3063 Ittigen. Postadresse: Bundesamt für Energie BFE, CH-3003 Bern

Infoline 0848 444 444, www.infoline.energieschweiz.ch

energieschweiz@bfe.admin.ch, www.energieschweiz.ch, twitter.com/energieschweiz

1 Einleitung

Die Bereitstellung von Wärme verursacht in der Schweiz einen Energieverbrauch von rund 100 TWh pro Jahr und ist damit für etwa die Hälfte des Endenergieverbrauchs verantwortlich. Knapp 60 % davon oder 60 TWh/a werden heute fossil erzeugt [1]. Da die fossilen Energien zur Erreichung der Klimaziele bis 2050 auf null reduziert werden müssen, setzt der Bund in seiner «Wärmestrategie» auf eine Erhöhung der Effizienz und einen umfassenden Ausbau der erneuerbaren Energien [2], [3]. Trotz dieser Massnahmen wird der Wärmebedarf im Jahr 2050 immer noch rund 74 TWh betragen, nämlich rund 45 TWh für Raumwärme, 10.5 TWh für Warmwasser und 18.5 TWh für Prozesswärme (gemäss [3] Basisvariante Szenario Netto-Null). Um die fossile Wärme zu ersetzen, ist der Ausbau von mit Abwärme und erneuerbaren Energien versorgten thermischen Netzen geplant, die Wärme oder Kälte auf verschiedenen Temperaturniveaus verteilen [4].

Thermische Netze im urbanen Umfeld: Praktisch alle grossen Städte in der Schweiz haben bereits seit Jahrzehnten ein oder mehrere thermische Netze in Betrieb. Diese grossen urbanen Netze wurden anfänglich vor allem mit Abwärme von Kehrlichtverbrennungsanlagen (KVA) versorgt, später kamen Holzheizwerke und meist von Gewässern oder Abwärme versorgten Wärmepumpen dazu. Der CO₂-neutrale Anteil der Wärmeerzeugung dieser Netze beträgt zwischen gut 60 % in Lausanne und Zürich und rund 80 % in Basel oder Bern [5]. Fossile Brennstoffe werden vielfach für die Spitzenlastdeckung eingesetzt und dienen teilweise auch als Sicherheitsreserve, was auch als Redundanz bezeichnet wird.

Thermische Netze im ländlichen Raum: Viele Gemeinden in ländlichen Gebieten und auch in Agglomerationen verfügen über Biomasse-Ressourcen in Form von Energieholz und vergärbare Biomasse aus Abwasserreinigungsanlagen (ARA) und betreiben damit eigene Wärmeverbände. Traditionell wurden viele Heizzentralen so dimensioniert, dass Biomasse gut 80 % der Wärme erzeugt, während Spitzenlast und vereinzelt auch der Sommerbedarf oft noch fossil gedeckt werden. Um thermische Netze künftig 100 % erneuerbar zu versorgen, werden jedoch seit einigen Jahren auch Lösungen ohne fossile Zusatzheizung entwickelt. Dazu kommen unter anderem Wärmespeicher und Mehrkesselanlagen sowie Konzepte mit Holzkessel und Wärmepumpen zum Einsatz.

2 Grundlagen

2.1 Was ist Fernwärme und Fernkälte

Fernwärmenetze übertragen Wärme von der Quelle mit hoher Temperatur (Wärmeerzeuger) zur Senke mit niedrigerer Temperatur (Wärmebezüger) [6]. Wärme auf einer Temperatur unter der Umgebungstemperatur wird als Kälte bezeichnet. Ein thermisches Netz kann Fernkälte bereitstellen, wenn ein Bezüger seinen Kältebedarf deckt, indem er Wärme ins Netz abgibt und die Temperatur des Netzes damit erhöht.

Klassische Fernwärmenetze werden nach Bild 1 auch als «Hochtemperaturnetze» bezeichnet und dienen zur Versorgung von Gebäuden mit Raumwärme und Warmwasser sowie von Prozessen. Dazu kommen Vorlauftemperaturen von mindestens 60 °C und teilweise bis über 150 °C zum Einsatz. Die Wärme wird meist von einem zentralen Standort an die zu versorgenden Verbraucher geleitet. Dazu ist ein leitungsgebundenes Wärmeverteilungssystem mit wärmegeprägten und vielfach erdverlegten Rohren notwendig.

Niedertemperaturnetze bezeichnen Netze zum Austausch von Wärme, die bei Temperaturen unter 60 °C betrieben werden. Die Niedertemperaturwärme kann als Raumwärme (ab 30 °C) oder zur Versorgung von dezentralen Wärmepumpen (auch unter 30 °C) dienen (siehe Bild 1). Bei Temperaturen unter 20 °C kann das Netz auch als Wärmesenke und somit zur Versorgung mit Kälte dienen. Im letzten Fall wird die Anwendung auch als Fernkälte bezeichnet. Anwendungen zur Wärmeverteilung bei unter 30°C werden zum Teil auch als «Anergienetz» bezeichnet. Da dies physikalisch unpräzise ist, wird dieser Begriff im vorliegenden Dokument nicht weiter verwendet.

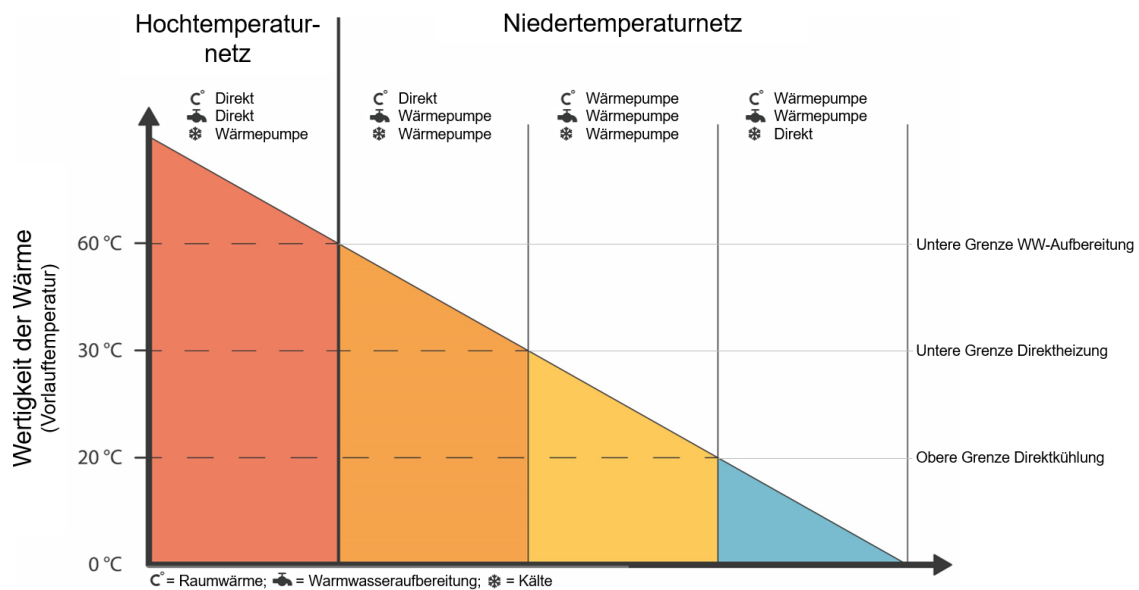


Bild 1 Einteilung thermischer Netze in Funktion der Vorlauftemperatur (nach [7] mit Ergänzungen).

Thermische Netze dienen als Oberbegriff für Netze zur Übertragung von Wärme auf allen Temperaturniveaus. Sie werden wie oben beschrieben anhand der **Betriebstemperatur** unterschieden. Daneben existieren auch verschiedene **Betriebsarten** in Bezug auf die Fließrichtung des Wassers (gerichtet oder ungerichtet) und den Energiefluss im System (unidirektional oder bidirektional) [7].

Zur Versorgung thermischer Netze kommen in der Schweiz vor allem folgende **Energieträger** zum Einsatz:

- Siedlungsabfall und deren Abwärme aus KVA (in der Regel WKK-Anlagen in KVA).
- Energieholz in Form von Waldhackschnitzeln, Restholz, Altholz und vereinzelt auch Holzpellets.
- Vergärbare Biomasse in Biogasanlagen zur Wärme-Kraft-Kopplung (in ARA und regionalen Biogasanlagen)
- Umweltwärme als Wärmequelle für zentrale und dezentrale Wärmepumpen zum Heizen oder als Wärmesenke für passive Kühlung von Gebäuden (Free cooling) mit Nutzung von
 - Oberflächenwasser (Seen und Flüsse)
 - Grundwasser (verschiedene Tiefen)
 - Erdwärme (vor allem Erdwärmesonden).
- Von verschiedenen Energieträgern stammende Abwärme, darunter von mit Uran betriebenen Kernkraftwerken, von fossil oder elektrisch betriebenen industriellen Prozessen sowie Abwärme von Kälteanlagen, Gebäuden und Abwasser und in Zukunft eventuell auch von Geothermiekraftwerken.
- Fossile Energieträger (für Spitzenlast und Redundanz, künftig begrenzt).

Daneben stehen auch Umgebungsluft und Solarstrahlung als Wärmequellen zur Verfügung, kommen aber zur Versorgung thermischer Netze nur vereinzelt zum Einsatz. Für Wärmepumpen sind andere Wärmequellen als Luft (zum Beispiel Seewasser oder Erdwärme) für die erforderlichen Temperaturen und Leistungen effizienter. Solarwärme ist dagegen in erster Linie als Ergänzung geeignet, um einen beschränkten Teil des Wärmebedarfs (meist weniger als 20 %) zu decken [8].

2.2 Thermische Netze in der Schweiz

Da in der Schweiz – abgesehen von industriellen Eigenbedarfsanlagen – keine fossil-thermischen Kraftwerke betrieben werden, sind thermische Netze im Vergleich zu Ländern in Osteuropa und Skandinavien [6] bis anhin weniger stark verbreitet. Vor allem im städtischen Raum stehen aber dennoch seit mehreren Jahrzehnten gut

funktionierende thermische Netze im Einsatz, die im Verbund mit KVA, Holzfeuerungen oder Wärmepumpen realisiert wurden. Heute verfügt die Schweiz über rund 1'000 thermische Netze, die nach unterschiedlichen Angaben zwischen 6 TWh und 8 TWh Wärme pro Jahr bereitstellen und damit rund 6 % bis 8 % des Wärmebedarfs abdecken [3], [4], [10]. Die Versorgung der thermischen Netze erfolgt zu rund 36 % aus KVA-Abwärme, 27 % aus erneuerbaren Energien (aus Biomasse oder mittels Wärmepumpen), 19 % aus Abwärme von Kernkraftwerken, anderen Abwärmequellen und sonstigen erneuerbaren Energien, 17 % aus Erdgas sowie 2 % aus Geothermie (Bild 2, Jahr 2019). Bei einem durchschnittlichen Wärmepreis von 15 Rp./kWh [9] entspricht die verkaufte Wärme einem Umsatz von rund 1.2 Mia. Franken pro Jahr.

Zur Analyse der aktuellen Situation wurden im Programm «Thermische Netze» von EnergieSchweiz rund 1'000 Netze erfasst ([Link](#), [11]). Mit durchschnittlich über 50 MW Anschlussleistung versorgen die 30 Netze der KVA jeweils grosse Gebiete, während die mit Holz betriebenen Netze mit rund 600 Anlagen eine mittlere Leistung von etwa 1.5 MW aufweisen. Die meisten Netze versorgen ein Gebiet mit 100 kW bis 5 MW Anschlussleistung. Nebst klassischen Fernwärmenetzen werden in der Analyse auch sieben Beispiele von thermischen Netzen mit Vorlauf-temperaturen unter 40 °C beschrieben ([Download](#), [12]).

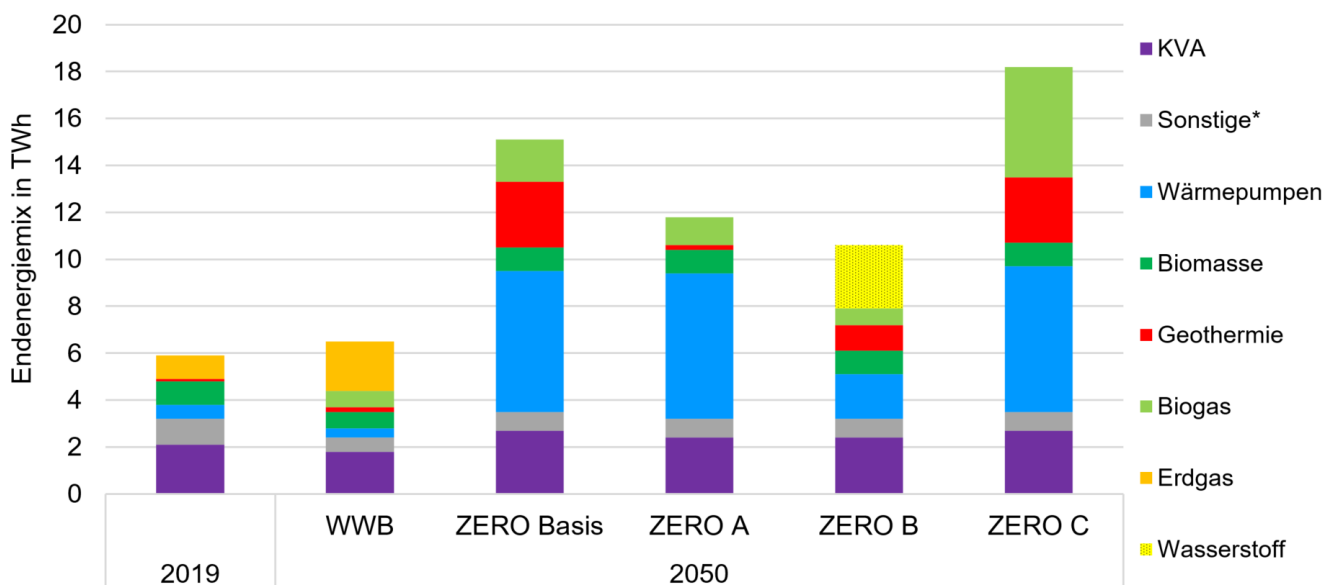


Bild 2 Endenergiemix zur Versorgung thermischer Netze im Jahr 2019 sowie im Jahr 2050 (inklusive Prozesswärme für CO₂-Sequestrierung) für das Szenario «Weiter wie bisher» (WWB) und die vier Szenarien Zero Basis, Zero A, Zero B und Zero C nach [3].

*Sonstige: Abwärme von Kernkraftwerken, anderen Abwärmequellen und sonstigen erneuerbaren Energien.

2.3 Potenzial

Das Bild 2 zeigt das Potenzial der thermischen Netze im Jahr 2050 bei unterschiedlichen Szenarien gemäss [3]. Es werden das Szenario «Weiter wie bisher» (WWB) und verschiedene Szenarien zu «Netto-Null» (Zero) definiert. Im Szenario WWB gelten alle bis Ende 2018 in Kraft gesetzten Massnahmen und Instrumente der Energie- und Klimapolitik. Das totalrevidierte CO₂-Gesetz sowie neue Instrumente aus der bevorstehenden Revision des Stromversorgungs- und des Energiegesetzes sind dabei nicht berücksichtigt. In der Basisvariante des Netto-Null-Szenarios (Zero Basis) werden die Energieeffizienz rasch und umfassend gesteigert, das Energiesystem stark elektrifiziert und die erneuerbaren Energien stark ausgebaut. Die Stromproduktion aus inländischen erneuerbaren Energien wird so ausgebaut, dass die Schweiz bis 2050 ihren Stromverbrauch als Jahresbilanz mit der inländischen Stromproduktion decken kann. Die Variante Zero A weist gegenüber der Basisvariante eine stärkere Elektrifizierung aus, die Variante Zero B eine schwächere mit stattdessen stärkerer Bedeutung von Biogas, syntheti-

schen Gasen und Wasserstoff. Die Variante Zero C weist eine schwächere Elektrifizierung aus, während Wärmenetze sowie flüssige biogene und synthetische Brenn- und Treibstoffe eine stärkere Rolle spielen [3].

Bei einem für 2050 prognostizierten Endenergiebedarf für Wärme für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme von 74 TWh/a [3], liegen die Potenziale für thermische Netze bei gut 10 TWh/a (Zero B) und 18 TWh/a (Zero C) und decken dabei rund 14 % bis 24 % ab (Bild 3). Das Weissbuch Fernwärme [13] prognostizierte bereits im Jahr 2014 für 2050 ein wirtschaftliches Potenzial der thermischen Netze von 17 TWh/a, was zwischen den 2020 prognostizierten Szenarien Zero Basis und Zero C liegt.

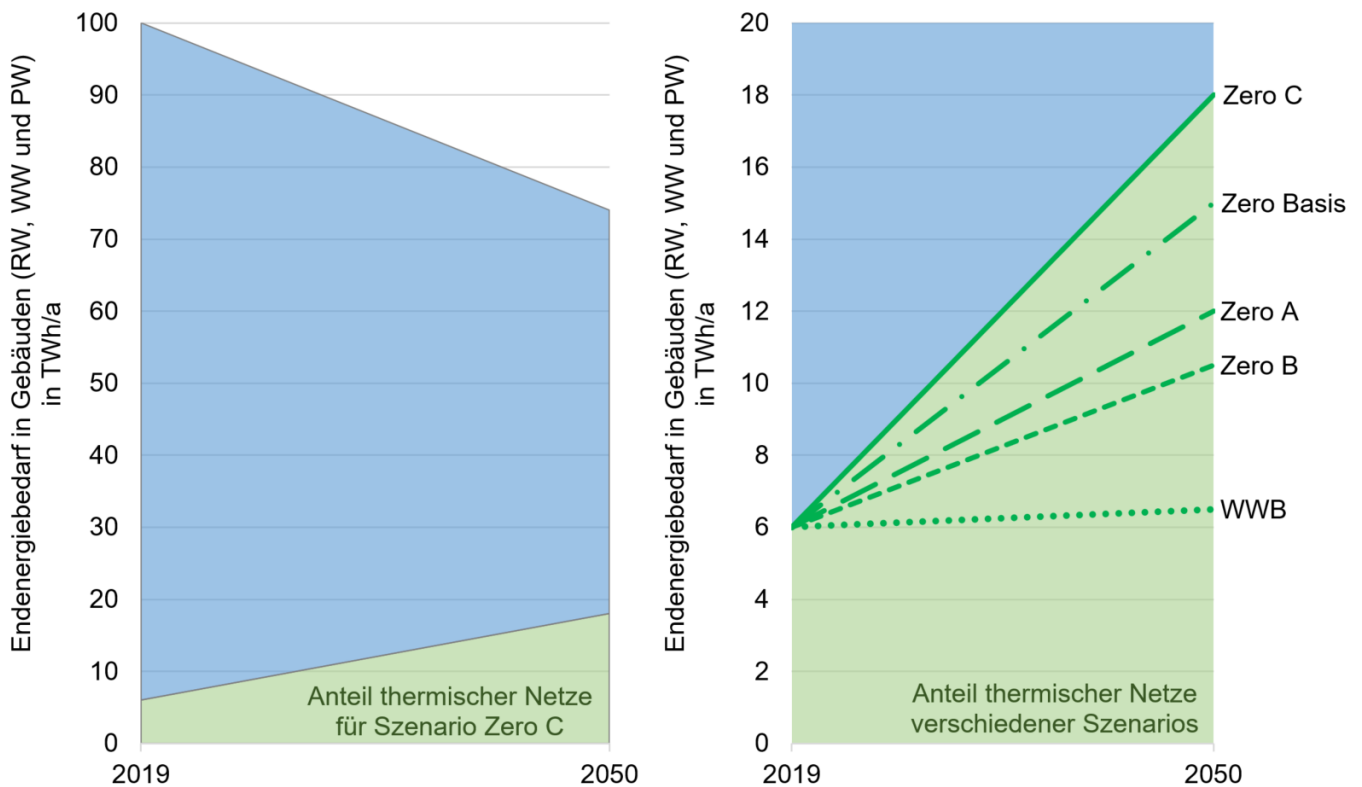


Bild 3 Links: Anteil thermischer Netze zur Deckung des Endenergieverbrauchs in Gebäuden für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme von 2019 bis 2050 für Szenario Zero C.

Rechts: Ausschnitt aus Bild links bis 20 TWh/a mit Anteil thermischer Netze von 2019 bis 2050 nach Szenario WWB, Zero Basis, Zero A, Zero B und Zero C. Eigene Grafik nach Daten in [3].

Die zunehmende städtische Verdichtung und eine künftig steigende Nachfrage nach Kälte erhöhen das Potenzial für thermische Netze zusätzlich. Eine Studie der Empa, ETHZ und HSLU kommt zum Schluss, dass in den Städten für 50 % bis 80 % und in dichter besiedelten bzw. industrialisierten Agglomerationen für bis zu 50 % der Quartiere eine Versorgung mit thermischen Netzen energetisch und ökonomisch sinnvoll ist. Die Investitionskosten solcher Quartierslösungen sind zwischen 20 % und 25 % niedriger als eigenständige Gebäudelösungen [14]. Um das Netto-Null Ziel bis 2050 zu erreichen, sind die annualisierten Investitionen für den Umbau des Energiesystems im Szenario Zero Basis gegenüber den «Sowieso-Kosten» im Szenario WWB um insgesamt 109 Milliarden Franken oder rund 8 % höher [3].

Mit dem Szenario Zero Basis können die Treibhausgasemissionen aus der Wärme- und Kältebereitstellung von rund 46 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente im Jahr 2018 auf rund 12 Mio. Tonnen im Jahr 2050 reduziert werden. Die verbleibenden Emissionen fallen hauptsächlich in den Bereichen Landwirtschaft, industrielle Prozesse und KVA an und müssen durch CO₂-Sequestrierung und Negativemissionstechnologien kompensiert werden [3].

2.4 Standorte

Für thermische Netze geeignete Standorte zeichnen sich durch eine grosse Nachfrage nach Wärme- und/oder Kälte und einer lokal erschliessbaren Wärmequelle aus. Besonders gute Voraussetzungen bieten Gebiete mit hohem spezifischen Wärme- und Kältebedarf pro Flächeneinheit und der Möglichkeit, diese mit geringer Leitungslänge zu erschliessen. Entsprechende Kennzahlen sind im blauen Kasten unter dem Stichwort «Energiebezugsdichte» beschrieben und dienen in der Planung zur Bestimmung von Gebieten, die für ein thermisches Netz geeignet sind. Zur Identifikation von potenziellen Wärmeversorgungsgebieten stehen spezifische Tools zur Verfügung, darunter [Hotmaps](#) für ganz Europa und [map.admin.ch](#) oder [webGIS](#) für die Schweiz.

3 Technik und Kosten

Zur Charakterisierung und Beurteilung von thermischen Netzen dienen technische, ökologische und wirtschaftliche Kennwerte, die zum Teil gegenseitig voneinander abhängig sind. Um das Vorgehen zur Realisierung von thermischen Netzen zu unterstützen, werden von der Branche und vom Bund verschiedene Dokumente zur Verfügung gestellt. Als erster Schritt wird eine strategische Planung und Bedürfnisabklärung empfohlen, was im «Leitfaden Fernwärme / Fernkälte» des Verbands Fernwärme Schweiz beschrieben ist [15]. Als Basis für die räumliche Energieplanung stellt EnergieSchweiz über den Trägerverein Energiestadt ausführliche Unterlagen zur Verfügung [16]. Bild 4 zeigt daraus ein Diagramm zur Abschätzung der Wärmeverteilungskosten thermischer Netze. Für die Planung von thermischen Netzen steht das «Planungshandbuch Fernwärme» der Arbeitsgemeinschaft QM Fernwärme zur Verfügung [17]. Ziel der darin beschriebenen **Vorstudie**, **Entwurfsplanung** und **Planung** ist, verbindliche Aussagen zu Machbarkeit, Risiken und Nutzen zu erhalten und die Kosten von Varianten abzuschätzen. Dazu werden folgende Begriffe und Grundsätze eingeführt ([17] Seite 102ff blauer Kasten):

Schlüsselkunden zeichnen sich durch einen hohen Leistungs- und Energiebedarf aus (z. B. über 50 kW bei 2000 h/a).

Die **Energiebezugsdichte** (Wärmebezugsdichte) ist ein Mass für die Eignung eines Gebietes für den Anschluss an ein thermisches Netz und setzt den jährlichen Wärme- oder Kältebedarf aller Verbraucher ins Verhältnis zur Grundfläche eines Gebietes. Empfehlenswert sind Gebiete mit verdichteter Bauweise wie Dorf- oder Stadtkerne, Mehrfamilienhäuser und Schlüsselkunden. Als Richtlinie gilt ein Gebiet dann als interessant, wenn die Energiebezugsdichte 700 MWh pro Jahr und Hektare übersteigt und darin gleichzeitig Kunden mit hohem Wärmebedarf (sogenannte «Schlüsselkunden») vorhanden sind. Je nach Situation lassen sich Gebiete mit geringerer Energiebedarfsdichte wirtschaftlich erschliessen, wenn das Gebiet zeitnah und kostengünstig erschlossen werden kann.

In einem Gebiet werden selten alle Gebäude angeschlossen, daher wird der Jahreswärmebedarf in einem Gebiet mit dem sogenannten **Anschlussgrad** oder auch Erschliessungsgrad abgeschätzt, der oft 50 % bis 80 % beträgt.

Zur Dimensionierung des Wärmeverteilnetzes und zur Auslegung der Wärmeerzeuger muss zusätzlich ein **Gleichzeitigkeitsfaktor** bestimmt werden. Dieser entspricht dem Verhältnis zwischen dem maximalen gleichzeitigen Wärmeleistungsbedarf und dem gesamten Wärmeleistungsbedarf und er berücksichtigt den Effekt, dass bei einer Grosszahl von Wärmeabnehmern nie alle Verbraucher gleichzeitig die maximale Leistung beziehen. Zur Bestimmung der Gleichzeitigkeit ist die Art der Wärmeverbraucher zu berücksichtigen, da zum Beispiel der Wärmebedarf von industriellen Kunden, Hotelbetrieben und Wohnhäusern zu unterschiedlichen Zeiten anfällt.

Ein wichtiger Indikator zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit eines thermischen Netzes ist die **Anschlussdichte** (auch Liniendichte). Die Anschlussdichte ist das Verhältnis zwischen der jährlich abgesetzten Wärmemenge in MWh/a und der gesamten Trassenlänge von Haupt-, Zweig- und Hausanschlussleitungen in Metern. Für eine Grobbeurteilung ohne genauere Kenntnis der Randbedingungen gelten Gebiete mit einer Anschlussdichte von über 2 MWh/(a m) im Endausbau als attraktiv. Bei günstigen Rahmenbedingungen in Bezug auf Wärmepreis, Brennstoffpreis, Baubedingungen, Investitionshilfen und anderen Faktoren ist auch mit geringeren Anschlussdichten ein wirtschaftlicher Betrieb möglich.

Die **Auslegung des Wärmenetzes** umfasst Aspekte wie die Wahl des Rohrsystems und des Dämmstandards, die Beachtung der Verlegesituation und die Wahl der Datenübertragung und Anlagenüberwachung. Da ein thermisches Netz hohe Investitionskosten verursacht und eine lange Lebensdauer aufweist, ist eine sorgfältige Planung wichtig. Eine entscheidende Grösse ist die **Dimensionierung der Rohrdurchmesser**. Für eine wirtschaftlich optimale Auslegung müssen die Rohre so

klein wie technisch zulässig ausgeführt werden, aber gross genug, dass die maximal zulässigen Strömungsgeschwindigkeiten und Druckverluste nicht überschritten werden. Dazu liegen Erfahrungen vor, die in der Planung zu beachten sind, um einen sicheren und kostengünstigen Betrieb der Netze zu erzielen.

Daneben sind bei der Planung eines thermischen Netzes weitere Faktoren zu berücksichtigen und abzuklären, ob aufgrund von Gebäudesanierungen mit einem künftig sinkenden Wärmebedarf zu rechnen oder aufgrund der Verbraucherstruktur ein zunehmender Kältebedarf zu erwarten ist.

Das Bild 4 dient zur Grobabschätzung der **Wirtschaftlichkeit** eines thermischen Netzes für Zonen mit unterschiedlicher Bebauungsdichte und unterschiedlichen Leitungskosten. Für einen Variantenvergleich in der Vorstudie oder in der Entwurfsplanung sind **spezifische Wärmegestehungskosten** nützlich. Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit und Liquiditätssituation wird die Erstellung eines **Businessplans mit Planbilanz und Planerfolgsrechnung** empfohlen. Dazu ist eine Analyse der Entwicklung des jährlichen Wärme- und Leistungsbedarfs sowie des betriebswirtschaftlichen Ertrages und Aufwandes für die ersten 20 bis 30 Betriebsjahre erforderlich.

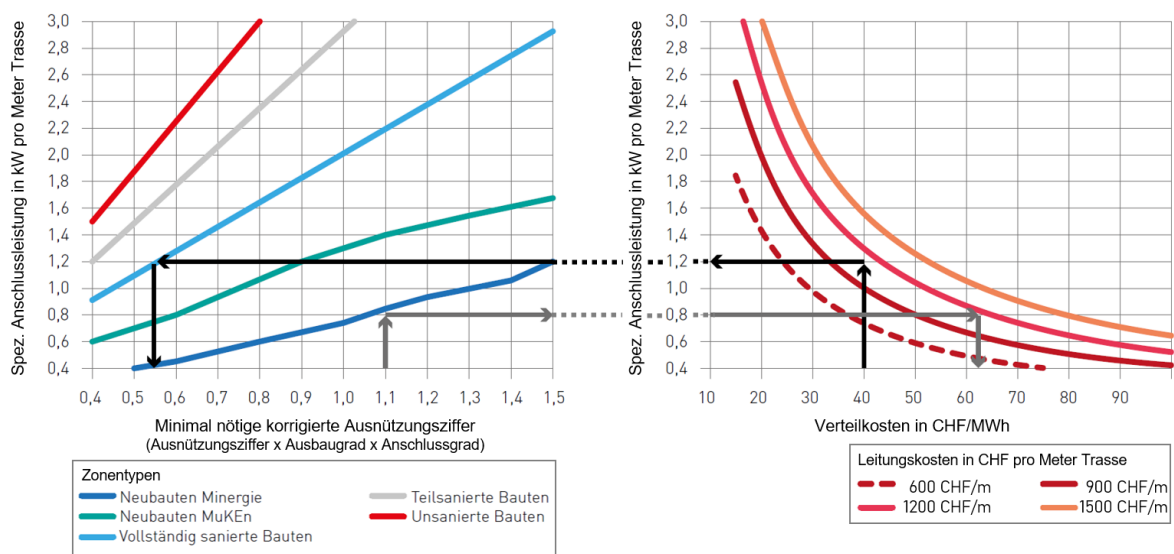


Bild 4 Diagramm zur Abschätzung der Wärmeverteilkosten thermischer Netze ([16] Modul 6). Diese enthalten die Kapitalkosten und die Betriebskosten für Tief- und Leitungsbau des Wärmeverteilnetzes sowie für die Primärseite des Hausanschlusses.

Links: Spezifische Anschlussleistung in Funktion der korrigierten Ausnützungsziffer für verschiedene Zonen.

Rechts: Resultierende Wärmeverteilkosten für unterschiedliche Leitungskosten.

Ausbaugrad: Verhältnis gebauter zur im Zonenplan erlaubten Gebäudesubstanz.

Anschlussgrad: Verhältnis zwischen angeschlossener zu potenziell bezogener Wärmemenge.

Ausnützungsziffer: Verhältnis zwischen der anrechenbaren Bruttogeschossfläche der Gebäude und der anrechenbaren Landfläche.

Erläuterungen zu Bild 4:

Schwarze Pfeile: Ausgehend von den für einen wirtschaftlichen Betrieb zulässigen durchschnittlichen Wärmeverteilkosten kann die minimale Wärmedichte des zu versorgenden Gebietes bestimmt werden. Bei maximal zulässigen Verteilkosten von 40 CHF/MWh und Leitungskosten von 1200 CHF/m ergibt sich eine minimale spezifische Anschlussleistung von 1.2 kW/m (was bei 2000 jährlichen Vollbetriebsstunden einer minimalen Anschlussdichte von 2.4 MWh/(a m) entspricht). Daraus folgt eine minimale korrigierte Ausnützungsziffer von rund 0.55 bei vollständig sanierten Gebäuden. Bei einem Anschlussgrad von 70 % und einem Ausbaugrad von 1 entspricht dies einem überbauten Siedlungsgebiet mit minimaler Ausnützungsziffer von knapp 0.8.

Graue Pfeile: Ausgehend von der Ausnützungsziffer lassen sich die Wärmeverteilkosten bestimmen. Bei korrigierter Ausnützungsziffer von 1.1 – was einer Ausnützungsziffer von etwa 1.6 bei einem Anschlussgrad von 70 % und dem Ausbaugrad von 1 entspricht – resultiert eine spezifische Anschlussleistung von 0.8 kW/m (oder einer Anschlussdichte von ungefähr 1.6 MWh/(a m)) bei Minergie-Neubauten. Daraus resultieren Wärmeverteilkosten von rund 60 CHF/MWh bei Leitungskosten von 1200 CHF/m.

4 Projektbeteiligte und Umfeld

4.1 Projektbeteiligte

Relevante Akteurinnen und Akteure bei thermischen Netzen sind Bauherrschaft (Projekteigentümerschaft), Standortgemeinde, Standortkanton, Betreiberfirmen (z. B. Contractor), Wärmekundinnen und -kunden, Brennstoff- und Energielieferanten, Beratende für Kundinnen und Kunden und indirekt Beteiligte wie Anwohnerinnen und Hauseigentümer, Mietenden-Organisationen, Vereine und Wirtschaftsverbände. Detailliert beschrieben sind die relevanten Projektbeteiligten in den Berichten «Risiken bei thermischen Netzen» [18] und «Sozioökonomische Aspekte thermischer Netze» [19].

Von den über 1'000 Wärmeverbänden in der Schweiz [11] werden schätzungsweise 40 % von einem Contractor betrieben. Contractor sind oft eine Abteilung oder eine Tochterfirma eines Energieversorgungsunternehmens. Ein Contractor übernimmt in der Regel die Funktion als Bauherr, Projektentwickler (oft mit Unterstützung eines Planers), Investor und Betreiber. Die restlichen Wärmeverbände befinden sich zu einem grossen Teil in der Hand von lokal verankerten Betreibern wie Gemeinden, städtischen Werken oder privaten Investoren wie zum Beispiel Sägereien. Bei dieser Gruppe werden vielfach externe Partner für die Projektentwicklung und zum Teil auch für den Betrieb beigezogen.

Holzwärmeverbände werden oft von Einwohner- oder Burgergemeinden initiiert, die selbst Wald besitzen und mit der Nutzung des Holzes auch eine lokale Wertschöpfung anstreben. Bei der Nutzung von standortgebundenen Abwärmequellen spielen Betreiber von KVA und Kläranlagen sowie Industriebetriebe eine wichtige Rolle. Da der Unterhalt eines thermischen Netzes für diese Akteure keine Kernaufgabe ist, wird die Wärmeversorgung in diesen Fällen meist durch einen Contractor koordiniert. Einwohnergemeinden betreuen oft die lokale Energieplanung und spielen eine entscheidende Rolle zur Initiierung und Entwicklung von Projekten. Daneben sind die Kantone und Gemeinden für Konzessionen zuständig, verfügen teilweise selbst über grössere Wärmeverbraucher und beteiligen sich zum Teil an den Investitionen und am Betrieb.

4.2 Räumliche Energieplanung

Je nach Kanton liegt die Hauptverantwortung für die räumliche Energieplanung beim Kanton oder, was häufiger der Fall ist, bei einzelnen Gemeinden. Die räumliche Energieplanung hat für den Ausbau der thermischen Netze eine grosse Bedeutung. Dabei ist wichtig, dass erneuerbare Energien und Abwärme so genutzt werden, dass sie sich optimal ergänzen. Durch ein geeignetes Zusammenspiel der verschiedenen Wärmequellen können eine gegenseitige Konkurrenzierung vermieden und der Anteil fossiler Energien und deren CO₂-Emissionen rasch reduziert werden. Besonders zu beachten ist dabei die Unterscheidung zwischen standortgebundenen Wärmequellen (zum Beispiel Abwärme und Seewasser) und solchen, die nicht standortgebunden sind. Nicht standortgebundene Wärmequellen wie insbesondere Holz sollten in erster Linie für Anwendungen eingesetzt werden, wo keine Alternativen zur Verfügung stehen.

Da auf Gemeindeebene teilweise Interessenkonflikte zur Nutzung der Wärmequellen möglich sind, kann eine übergeordnete Koordination der Energieplanung durch den Kanton vorteilhaft sein, welche zum Beispiel Gebiete zur Nutzung standortgebundener Wärmequellen definiert. Sowohl die Bundesverfassung als auch das eidgenössische Raumplanungsgesetz, das Energiegesetz und die energiepolitischen Leitlinien der Energiedirektorenkonferenz (EnDK) streben eine optimale Nutzung der erneuerbaren Energien an. Da die räumliche Energieplanung bis anhin jedoch lediglich in einem freiwilligen Modul der Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE) aufgeführt ist, fehlen in den kantonalen Energiegesetzen zum Teil entsprechende Vorgaben.

4.3 Fördermöglichkeiten für thermische Netze

Die Mittel zur Förderung thermischer Netze stammen aus der CO₂-Abgabe, die als Globalbeiträge an das Gebäudeprogramm der Kantone verteilt werden. Die Kantone können im Rahmen des Gebäudeprogramms sowohl den Neubau als auch die Erweiterung von thermischen Netzen fördern und an Gebäudeeigentümer Beiträge zum Anschluss an ein thermisches Netz entrichten. Voraussetzung zur Förderung ist die Nutzung von mehrheitlich erneuerbaren Energien oder Abwärme.

Die CO₂-Reduktionsleistungen können zudem im Rahmen der CO₂-Gesetzgebung beim Bund (Bundesamt für Umwelt und Bundesamt für Energie) als Kompensationsprojekte nach Artikel 5 der CO₂-Verordnung ([SR 641.711](#)) angemeldet werden. In diesem Fall wird eine Wirkungsabgrenzung zu den kantonalen Förderprogrammen vorgenommen. Die Mittel stammen von Geldern zur Erfüllung der CO₂-Kompensationspflicht auf Treibstoffimporten ([SR 641.71](#)).

Im Rahmen der Beratung der Totalrevision des CO₂-Gesetzes hat der Ständerat 2019 die Schaffung eines Klimafonds eingebracht. Dieser ist Bestandteil des vom Parlament im September 2020 verabschiedeten CO₂-Gesetzes. Mit einem Teil dieser Gelder sollen Absicherungen von Risiken für Investitionen in den Neu- und Ausbau thermischer Netze und der dazugehörigen Anlagen zur Wärmeerzeugung mittels erneuerbarer Energien oder Abwärme finanziert werden. Wichtig für die Förderung thermischer Netze sind langfristig stabile Rahmenbedingungen, welche zum Beispiel in regionalen oder kommunalen Energierichtplänen definiert werden ([16] Modul 2). Zusätzlich zu den Massnahmen im CO₂-Gesetz werden als Unterstützung für thermische Netze vorteilhafte Darlehen (Vorzugszinsen oder zinslose Bürgschaften), Beiträge aus lokalen Fonds (z. B. Ökofonds aus Abgaben auf Strom oder Gas) sowie die Möglichkeit einer zeitlich begrenzten Ausnahmegewilligung, sofern die Energieplanung mittelfristig eine dem CO₂-Gesetz entsprechende Lösung vorsieht.

Um eine rasche Absenkung der fossilen CO₂-Emissionen zu erzielen, ist ein effektiver Einsatz der Fördermittel sicher zu stellen. Für die Projektabwicklung wird dazu eine Qualitätssicherung mit Einhaltung anerkannter Qualitätsstandards empfohlen. Unterstützung bieten dabei unter anderem folgende Verbände und Plattformen an:

Verbände:

- **Verband Fernwärme Schweiz (VFS):** www.fernwaerme-schweiz.ch
- **Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches (SVGW):** www.svgw.ch
- **DIE PLANER** bzw. **Schweizerische Verein von Gebäudetechnik-Ingenieuren (SWKI):** www.die-planer.ch
- **Schweizerisch-Liechtensteinischer Gebäudetechnikverband (suissetec):** www.suissetec.ch
- **Städteverband:** www.staedteverband.ch
- **Schweizerischer Verband Kommunale Infrastruktur SVKI:** www.svki.ch

Von EnergieSchweiz unterstützte Plattformen und Programme:

- **QM Fernwärme** bietet Planungshilfen, Beratung sowie Aus- und Weiterbildung an: www.qmfernwaerme.ch
- Das **Programm Thermische Netze** stellt Erfahrungen und Informationen zur Verfügung: www.energieschweiz.ch/thermische-netze und www.hslu.ch/thermische-netze
- **QM Holzheizwerke®** bietet Qualitätssicherung für Holzheizwerke, die auch thermische Netze versorgen: www.qmholzheizwerke.ch

5 Stärken und Schwächen

Die folgende Tabelle beschreibt «Stärken» und «Schwächen» sowie «Chancen» und «Gefahren» thermischer Netze im Sinne einer SWOT-Analyse (**Strengths/Weaknesses** und **Opportunities/Threats**) und fasst zusätzlich die Vorteile für Kundinnen und Kunden zusammen.

<p>Stärken (Strengths)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ermöglicht eine CO₂-freie Wärmeversorgung mit Biomasse, Umweltwärme und Abwärme. • Teilweise sind gleichzeitig die Deckung des Kältebedarfs oder Synergienutzungen wie parzellenübergreifender Wärmeaustausch möglich. • Die Infrastrukturen sind technisch erprobt und ausbaufähig. • Hoher Wirkungsgrad der Energieerzeugung mit geringer Umweltbelastung (Skaleneffekt durch grössere Anlagen). • Wertschöpfung im Inland. • Die Erschliessungskosten für Wärmequellen kann prozentual zur geförderten Wärmemenge reduziert werden. • Mit einem thermischen Netz, kann eine Wärmequelle wie z. B. See- oder Grundwasser optimal genutzt werden. Allfällige gegenseitige Auswirkungen werden reduziert. • Wärmequellen wie z. B. KVA- und ARA-Abwärme oder hydrothermale Geothermie liefern so viel Energie, dass die Erschliessung nur mit einem thermischen Netz in Frage kommt. • Eine Kooperative oder genossenschaftliche Gesellschaftsform steigert die Motivation potenzieller Wärmekunden und -kundinnen im Versorgungsgebiet. <p>Vorteile für Kundinnen und Kunden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hoher Komfort mit minimalem Unterhaltsaufwand • Einfache Bedienung (benutzerfreundlich) • Hohe Zuverlässigkeit (sichere Versorgung) • Geringer Raumbedarf im Gebäude • Planungssicherheit mit langfristig stabilen Kosten. 	<p>Schwächen (Weaknesses)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nicht überall verfügbar und geeignet (Energiebezugsdichte). • Zusätzliche Wärmeverluste der Wärmeverteilung. • Langer Umsetzungshorizont und langfristige Investitionen (hohe Anforderungen an die Liquidität in den Anfangsjahren). • Verbesserung der Energieeffizienz bestehender Gebäude reduziert das Wärmeabsatzpotenzial. • Konkurrenz durch dezentrale Energieträger und Technologien. • Nutzung des Untergrunds führt zu Dichtestress (v. a. im urbanen Raum). • Investitionsentscheid für Heizsystem erfolgt meist nicht auf Basis der Vollkosten (z. B. Vergleich Brennstoffpreis mit Energiepreis). • Geringer Bekanntheitsgrad. • Langfristige Bindung an Netzbetreiber (Abhängigkeit).
<p>Chancen (Opportunities)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zunehmende Relevanz der Energie- und Klimathematik. • Beitrag zur Energiestrategie 2050 und dem Netto-Null Ziel für CO₂-Emissionen. • Notwendigkeit CO₂-freier Wärmeversorgung (Ersatz bestehender fossiler Wärmeerzeuger, künftige Einschränkungen fossiler Heizungen). • Reduktion der Abhängigkeit von Energielieferanten ausserhalb der Schweiz (fossile Energieträger). • Zunehmender Kühlbedarf bietet Chancen für Fernkälte und Sektorkopplung. • Weiterentwicklung von saisonalen Wärmespeichern im Untergrund. • Potenzial an Biomasse und Abwärme ist noch nicht ausgeschöpft. • Bestehende und künftige Subventionen und Lenkungsabgaben. • Bonus für thermische Netze bei ökologischer Bewertung von Gebäuden. • Nach Atomausstieg werden WKK-Anlagen mit Holz und Biogas für Winterstromproduktion wichtig. Thermische Netze tragen im Winter zu deren Abwärmenutzung bei. 	<p>Gefahren (Threats)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Umwelt- und Klimaanstrengungen werden nicht rasch genug umgesetzt. • Mangelnde politische Umsetzung • Unsicherheiten oder Verzögerungen beim Netzausbau gefährden die Wirtschaftlichkeit. • Einsprachen gegenüber zentralen Anlagen und Netzausbauten. • Widerstand von Kunden gegenüber Abhängigkeit von einem Versorger. • Abhängigkeit von Schlüsselkunden (grosse Einzelverbraucher) und von Schlüssellieferanten (bei Abwärmenutzung). • Konkurrenz durch dezentrale erneuerbare Heizsysteme. • Zeitliche Planung beim Anschluss von Wärmekunden (Ersatz bestehender Heizungen durch dezentrale Energieträger und Technologien).

6 Quellen

- [1] Kemmler, A.; Spillmann, T.: Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000–2019 nach Verwendungszwecken, Prognos AG, INFRAS AG und TEP Energy i.A. des Bundesamts für Energie BFE, Zürich und Bern 2020. [Download](#)
- [2] Büchel, D.: Energiestrategie 2050. 16. Holzenergie-Symposium, ETH Zürich 11.09.2020, 25–29. [Download](#)
- [3] Kirchner, A. et al: Energieperspektiven 2050+ - Kurzbericht, Prognos AG, INFRAS AG, TEP Energy GmbH und Ecoplan AG i.A. des Bundesamts für Energie BFE, Zürich und Bern 2020. [Link](#)
- [4] Jakob, M. et al: Erneuerbare- und CO₂-freie Wärmeversorgung Schweiz, TEP Energy GmbH und ECOPLAN, Zürich und Bern 2020. [Download](#)
- [5] Information von Netzbetreibern Stand Oktober 2020: [Lausanne](#), [Zürich](#), [Bern](#), [Basel](#)
- [6] Frederiksen, S.; Werner, S.: District Heating and Cooling, Studentlitteratur AB, Lund (S) 2013, ISBN 978-91-44-08530-2
- [7] Hochschule Luzern – Technik & Architektur: Fernwärme in Kürze, Horw, März 2019. [Download](#)
- [8] Mojic, I.; Ruesch, F.; Haller, M.: Machbarkeit solarunterstützter Wärmenetze im Kanton St.Gallen, HSR, Rapperswil 2017. [Download](#)
- [9] Thalmann, S.; Nussbaumer, T.: Ist-Analyse von Fernwärmenetzen, 13. Holzenergie-Symposium, ETH Zürich 12.09.14, Verenum Zürich 2014. [Link](#)
- [10] Verband Fernwärme Schweiz: Jahresbericht 2019 & Ergänzungen von A. Hurni, Verband Fernwärme Schweiz VFS, Bern 2020. [Link](#)
- [11] Schweizerische Eidgenossenschaft: Geodaten Thermische Netze, geo.admin.ch, Bern 2019, 14.01.2020. [Link](#)
- [12] Hochschule Luzern – Technik & Architektur: Fallbeispiele Thermische Netze, Horw 2018. [Link](#)
- [13] Sres, A.: Weissbuch Fernwärme – VFS Strategie, Schlussbericht Phase 2, VFS, Bern 2014. [Download](#)
- [14] Sulzer, M. et al.: Konzepte für die nächste Generation von technischen Regulierungen im Bereich Gebäude und Energie - Energiewende und Technische Regulierung EnTeR – Schlussbericht Phase 1, Dübendorf, Zürich, Horw 2020. [Link](#)
- [15] Oppermann, G.; Arnold, O.; Ködel, J.; Büchler, M.; Jutzeler, M.: Leitfaden Fernwärme / Fernkälte, VFS, Bern 2018. [Link](#)
- [16] Trägerverein Energiestadt, Räumliche Energieplanung – Module 1 bis 10. [Link](#)
- [17] Nussbaumer, T.; Thalmann, S.; Jenni, A.; Ködel, J.: Planungshandbuch Fernwärme, ARGE QM Fernwärme, Version 1.2, Zürich 2018. [Link](#)
- [18] Küng, L.; Kräuchi, P.; Kayser, G.: Risiken bei thermischen Netzen, Programm Thermische Netze, Hochschule Luzern T&A, Horw 2018. [Link](#)
- [19] Meier, B. et al: Sozioökonomische Aspekte thermischer Netze, Programm Thermische Netze, Hochschule Luzern T&A, Horw 2019. [Link](#)



Lucerne University of
Applied Sciences and Arts

**HOCHSCHULE
LUZERN**



Schweizerischer Verband
Kommunale Infrastruktur | SVKI
Association suisse
Infrastructures communales | ASIC
Associazione svizzera
Infrastrutture comunali | ASIC

Schweizerischer Städteverband
Union des villes suisses
Unione delle città svizzere

