

Nahwärmenetze und Bioenergieanlagen Ein Beitrag zur effizienten Wärmenutzung und zum Klimaschutz

Die Wärmeversorgung mehrerer Abnehmer mittels eines Nahwärmenetzes kann ökologisch und ökonomisch sinnvoll sein und nimmt im Bereich der modernen Energieversorgung einen immer wichtigeren Stellenwert ein. Der Ausbau ist politisches Ziel und das nicht ohne Grund:

- Aus dem Bereich der Stromerzeugung z. B. durch Biogasanlagen aber auch anderen technischen Prozessen steht Abwärme zur Verfügung, die zum Heizen von Gebäuden genutzt werden sollte.
- Eine Motivation für einen Wärmeverbund besteht auch darin, dass zentrale größere Biomasseanlagen in der Regel geringere Wärmegestehungskosten aufweisen und auch hinsichtlich der Emissionen gegenüber vielen einzelnen Feuerungsanlagen als positiv einzustufen sind. Gerade in Luftkurorten werden daher immer häufiger Biomasseheizwerke mit Nahwärmenetzen realisiert.
- Gleichzeitig bietet die Nahwärmeversorgung dem Abnehmer hohen Komfort, da er selbst keine Heizungsanlage mehr betreiben muss.

Wärmenetze sind in der Regel aber nur dann wirtschaftlich zu betreiben, wenn die Länge des Netzes in einem sinnvollen Verhältnis zur genutzten Wärmemenge steht. Ein Zusammenschluss ist daher nicht in jedem Fall sinnvoll und muss im Einzelfall geprüft werden. Welche Aspekte berücksichtigt werden müssen, soll hier kurz dargestellt werden.

Was ist ein Nahwärmenetz?

Bei einem Wärmenetz wird die Wärme über ein in einer Rohrleitung fließendes Medium – in der Regel Wasser – vom Wärmeerzeuger zum Verbraucher geleitet. Beim Verbraucher gibt das Wasser seine Wärmeenergie über eine Hausübergabestation, die den eigenen Wärmeerzeuger ersetzt, ab und wird dabei abgekühlt. Das abgekühlte Medium wird über eine zweite Leitung zum Wärmeerzeuger zurückgeführt und dort wieder erwärmt – der Kreislauf beginnt von vorne. Die Hinleitung zum Verbraucher wird Vorlauf, die Rückleitung Rücklauf genannt, wobei beide üblicherweise als sogenannte Trasse parallel zueinander verlaufen und, wie z. B. die Wasserver- oder Abwasserentsorgung auch, meist im Bereich öffentlicher Straßen unterirdisch verlegt werden.

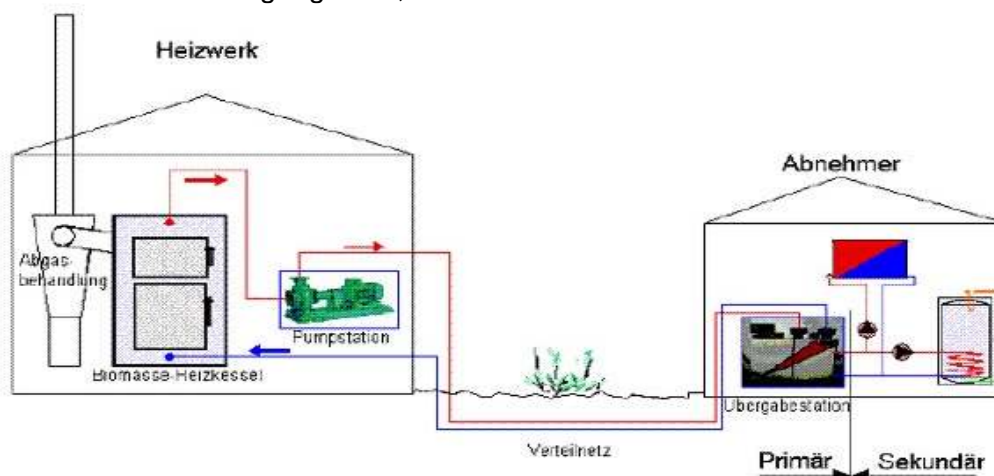


Abbildung 1: Komponenten (Quelle: C.A.R.M.E.N. e.V.)

Wärmenetze können in unterschiedlichen Formen angelegt werden, wobei das Strahlennetz mit baumförmiger Struktur, die sich von der Wärmequelle zu den Verbrauchern hin aufzweigt, die am einfachsten umzusetzende und in der Regel kostengünstigste Lösung darstellt (siehe Abbildung 2). Von der Hauptleitung mit großem Querschnitt zweigen hier Neben- und zuletzt Hausanschlussleitungen mit entsprechend der jeweiligen Leistungsanforderung immer geringeren Querschnitten ab. Ringstrukturen erleichtern Einbindung weiterer Abnehmer und erhöhen die Versorgungssicherheit, erfordern aber in Summe größere Leitungsquerschnitte und längere Leitungen.

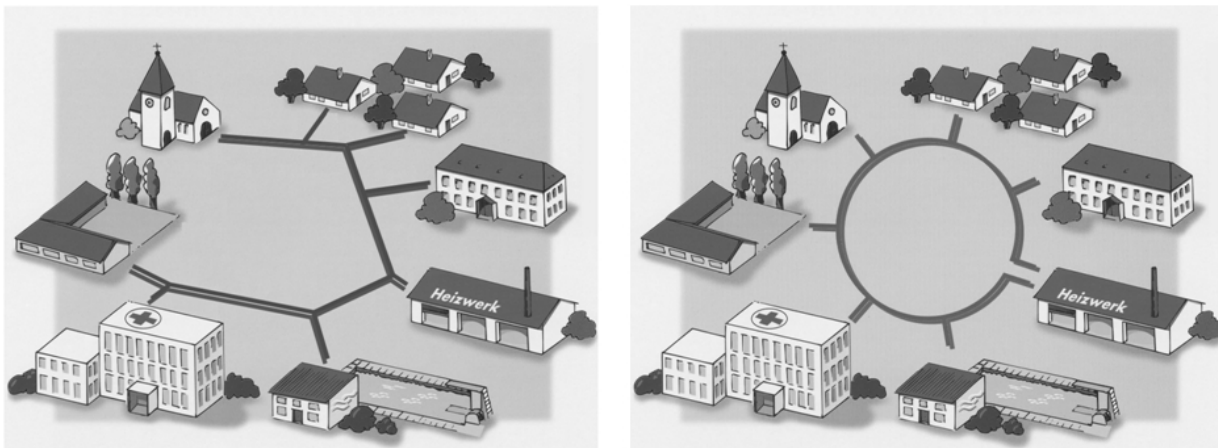


Abbildung 2: Strahlennetz und Ringstruktur als mögliche Formen von Wärmenetzen (Quelle: C.A.R.M.E.N. e.V.)

Rohrleitungen

Der Aufbau von Wärmeleitungsrohren ist fast immer identisch: Das innere Rohr, in dem das Medium fließt, wird von einer Isolationsschicht umgeben. Zum Schutz der Isolation vor Beschädigungen und Wassereintritt von Außen umgibt diese eine weitere Hülle. Das am häufigsten eingesetzte Kunststoffmantelrohr (KMR) besteht aus einem inneren Medienrohr aus Stahl, einer Isolation aus PU-Schaum und einem Kunststoffrohr als Ummantelung der Isolation. Daneben gibt es auch Wärmeleitungsrohre mit Medienrohren aus Kunststoff oder flexible Rohrsysteme, die eine einfache Verlegung in schwieriger Umgebung ermöglichen. Während Kunststoffmediumrohre die zwangsläufige Wärmedehnung selbst kompensieren können, erfordern Stahlrohre aufwändigere Verlegemethoden zur Kompensation der Längenausdehnung. Die Rohrsysteme sind genormt und in unterschiedlichen Durchmessern und Isolationsstärken je nach Leistungsbedarf und notwendiger Dämmung zu erhalten. Darüber hinaus unterscheidet man zwischen Einzelrohr- und Doppelrohrsystemen. Letztere reduzieren die Verlegekosten und haben geringere spezifische Wärmeverluste. Die Wärmeleitungen werden unterhalb der Frostgrenze in 80 bis 170 Zentimeter Tiefe verlegt. Hindernisse wie Straßen, Gewässer und Bahntrassen können mittels Bohrungen unterquert werden. Größere Wärmenetze werden mit einem Leckagewarnsystem ausgerüstet, so dass Undichtigkeiten schnell geortet werden können.



Abbildung 3: Kunststoffmantelrohre
(Quelle: C.A.R.M.E.N. e.V.)

Wärmeverteilungsverluste nicht unterschätzen

Die Wärmeverteilung über Wärmenetze induziert Verluste. Die Verluste sind abhängig vom benötigten Temperaturniveau, der jährlichen Betriebsdauer und der Dämmungsstärke des Rohrleitungssystems. Je höher die Temperaturdifferenz des Wärmeträgermediums gegenüber der Temperatur des Erdreichs ist, desto größer sind die Verluste. Aus diesem Grunde sind die Temperaturen sowohl des Vorlaufs als auch des Rücklaufs möglichst niedrig zu halten. Die Temperatur des Vorlaufs richtet sich nach dem Bedarf der Verbraucher und bewegt sich meist zwischen 70 und 95 °C. Hochzuhalten sind sie insbesondere auch dann, wenn Brauchwarmwasser erzeugt werden muss. Moderne Bauten mit guter Wärmedämmung und großen Heizflächen kommen auch mit deutlich niedrigeren Vorlauftemperaturen für die Beheizung aus und können teilweise den Rücklauf anderer Abnehmer noch weiter nutzen. Die Spreizung zwischen Vorlauf- und Rücklauftemperatur bestimmt dabei die Wärmeübertragungskapazität des Netzes und gibt an, wie effizient die angebotene Wärme bei den Verbrauchern genutzt wird. Sie sollte möglichst groß sein (mindestens 30 K), um die Wasserumwälzmenge und dadurch den Aufwand an Strom für die Pumpen gering zu halten.

Die Wärmeverluste des Netzes werden zwar über Dämmung der Wärmeleitung so weit wie möglich reduziert, allerdings müssen der Dämmaufwand und die dadurch entstehenden Kosten in einem vernünftigen Verhältnis zum erreichbaren Nutzen stehen.

Bei neuen erdverlegten Wärmenetzen und moderaten Vor- und Rücklauftemperaturen kann man von einer spezifischen Verlustleistung je Meter Wärmetrasse von ca. 25 Watt ausgehen. Wird das Netz das ganze Jahr über betrieben, errechnen sich hieraus Verluste von ($25 \text{ W/m} \cdot 8760 \text{ Stunden/a} =$) $219 \text{ kWh}/(\text{m} \cdot \text{a})$, was dem Energieinhalt von ca. 22 Litern Heizöl entspricht. Spezifisch fallen diese Verluste umso stärker ins Gewicht, je weniger Wärme über das Netz genutzt wird, das heißt je niedriger die Wärmebedarfsdichte ist, die die durchschnittliche jährliche Wärmeabnahme zur Länge der Wärmetrasse ins Verhältnis setzt [$\text{MWh}/(\text{m} \cdot \text{a})$].

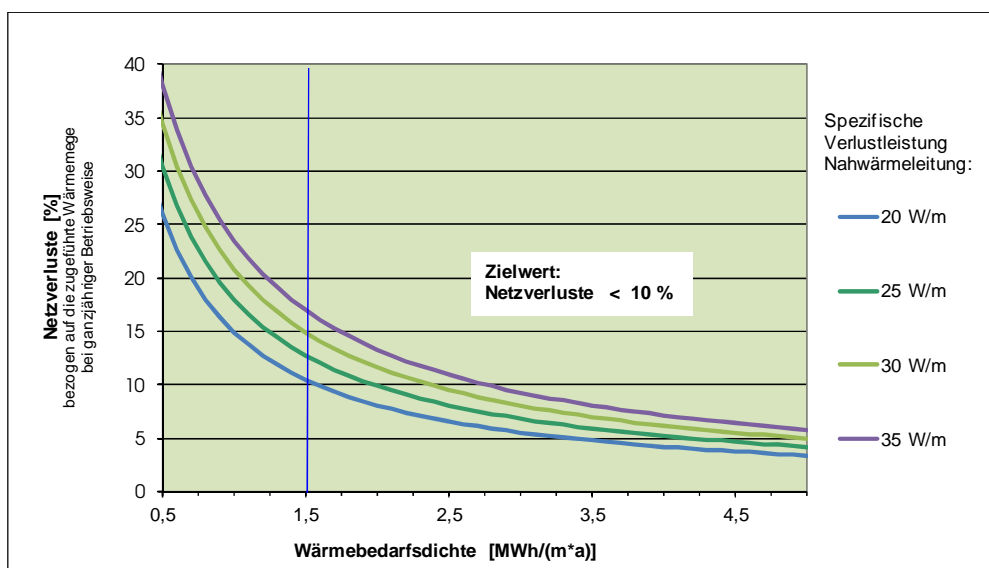


Abbildung 4: Netzverluste in Abhängigkeit von der Wärmebelegungsichte.

Bei Wärmebedarfsdichten unter $1,5 \text{ MWh}/(\text{m} \cdot \text{a})$, steigen die prozentualen Wärmeverluste stark an. Als Zielwert für ein Wärmenetz im Endausbau von effizienten Biomasseheizanlagen sind Netzverluste von unter 10 Prozent anzustreben. Dies ist insbesondere dann wichtig, wenn die Wärme nicht als Abwärme eines anderen Prozesses quasi kostenfrei zur Verfügung steht, sondern mittels Biomassebrennstoffen zusätzlich erzeugt werden muss. Besonders im Sommerbetrieb von Wärmenetzen können die Netzverluste schnell den Nutzwärmeabsatz für Warmwasser übersteigen. Es sollte daher immer überprüft werden, ob es sinnvoll ist, das Netz oder Teilstränge davon außerhalb der Heizperiode abzuschalten und die Warmwasserbereitung dezentral beim Objekt z. B. über Solarkollektoren zu bewerkstelligen.

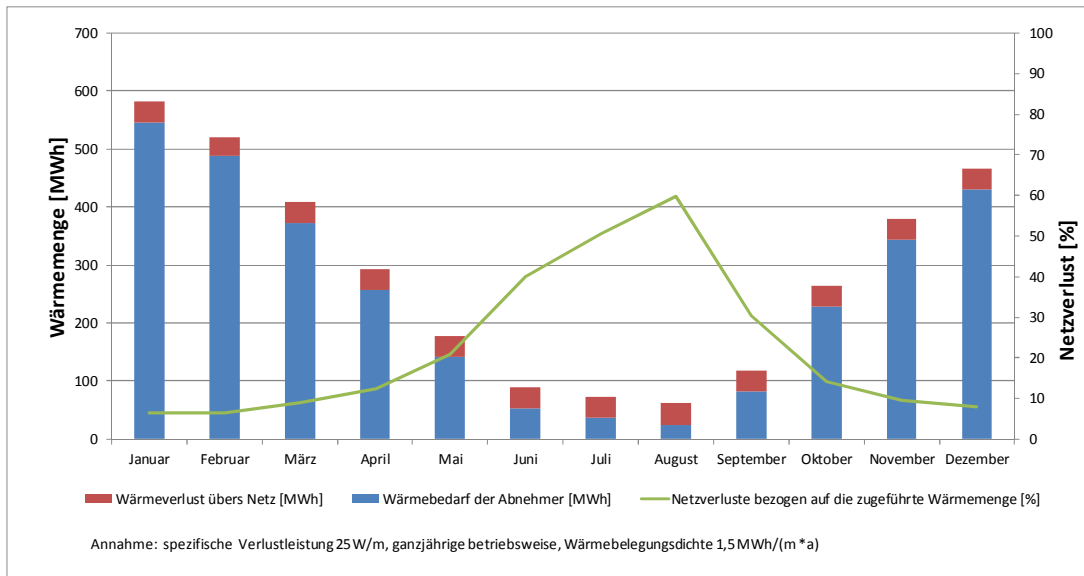


Abbildung 5: Verlauf des Wärmebedarfs und der Netzverluste

Kosten der Wärmeverteilung

Ein Wärmenetz verursacht wegen des relativ hohen Materialeinsatzes, aber auch wegen der je nach Umgebung mehr oder weniger aufwändigen Verlegung hohe Investitions- und damit kapitalgebundene Kosten. In der Regel ist eine Verlegung in einem bereits erschlossenen Gebiet teurer als bei einer Ersterschließung. Erfahrungsgemäß muss bei mittleren Wärmenetzen mit Kosten zwischen 200 und 400 € je verlegtem Trassenmeter gerechnet werden. Diese Kosten müssen in einem vernünftigen Verhältnis zur genutzten Wärmemenge stehen, damit die über das Netz verteilte Wärme konkurrenzfähig gegenüber anderen Wärmeerzeugungsarten bleibt. Zur Abschätzung der Kosten, die durch die Nutzung eines Wärmenetzes entstehen, wurde eine Beispielsrechnung durchgeführt. Für die Berechnung wurde das Planungsprogramm WDesign eingesetzt, das zur Ermittlung von Investitionskosten auf eine Datenbank zurückgreift, die reale Kosten bereits umgesetzter Projekte beinhaltet.

	Investitions- kosten €	Nutzungsdauer (VDI 2067 Tab. 5) a	Kapital- zinssatz %	Annuität %	Instandsetzg VDI 2067 Tab.5 %	Kapital- kosten €/a	Instandsetzg- kosten €/a	Kapitalgebundene Kosten €/a
Netzleitung inkl. Montage	110.200	40	6,0	6,65	1,0	7.324	1.102	8.426
HÜS inkl. Montage	21.100	15	6,0	10,30	1,5	2.173	317	2.490
Grabungskosten	82.900	40	6,0	6,65	0,0	5.510	0	5.510
Netz-Pumpen	6.500	15	6,0	10,30	1,5	669	98	767
Visualisierung Nahwärmenetz	3.200	15	6,0	10,30	1,0	329	32	361
Netzregelung über SPS	6.500	15	6,0	10,30	1,0	669	65	734
Planung 5 %	11.500	40	6,0	6,65	0,0	764	0	764
Summen	241.900					17.438	1.614	19.052

Tabelle 2: Beispielhafte Berechnung der kapitalgebundenen und betriebsgebundenen Kosten eines Wärmenetzes mit fünf Anschlüssen mit einer gemeinsamen Anschlussleistung von 1.000 kW, einem Jahresenergiebedarf von 1.800 MWh/a und einer Länge des Wärmenetzes von 1.200 m, was der empfohlenen Mindest-Wärmebelegungsichte von 1,5 MWh/(m*a) entspricht.



Für das beispielhafte Wärmenetz mit einer Länge von 1.200 m lassen sich Investitionskosten unter den angenommenen Rahmenbedingungen einschließlich der Übergabestationen für fünf Anschließer und der notwendigen Peripherie von 241.900 € herleiten. Aus diesen errechnen sich kapitalgebundene Kosten von 19.052 €/a. Es entsteht ein Pumpstrombedarf von 14.000 kWh/a, der bei einem Strompreis von 0,15 €/kWh Stromkosten in Höhe von 2.100 €/a verursacht. Damit generiert alleine das Wärmenetz Kosten in Höhe von 21.152 €/a. Bezieht man diese auf die bei den Anschließern genutzte Energiemenge von 1.800 MWh/a, lassen sich Kosten in Höhe von 11,51 €/MWh errechnen, um die sich jede über das Wärmenetz genutzte Megawattstunde Wärme verteuert. Dieser prinzipielle Kostennachteil muss ausgeglichen werden, wenn sich das Wärmenetz wirtschaftlich günstiger darstellen soll als eine dezentrale Erzeugung in Einzelanlagen. Dies kann über die Nutzung einer weitgehend kostenfreien Wärmequelle wie z. B. eine Abwärmenutzung erfolgen oder über den Einsatz günstigerer Energieträger wie Biomasse gegeben sein. Wird weniger Wärme genutzt und sinkt damit die Wärmebelegungsichte, erhöhen sich die spezifischen Kosten entsprechend und die Wettbewerbsfähigkeit der Wärme aus dem Wärmenetz sinkt. Nicht berücksichtigt sind bei der Beispielsrechnung die im Netz auftretenden Wärmeverluste. Bei Nutzung von Abwärme (z. B. bei der Erzeugung von elektrischer Energie in Biogasanlagen) spielen sie kaum eine Rolle – wird die Wärme vor der Einspeisung in das Netz teuer erzeugt, ist der Mehreinsatz zusätzlich zu bewerten.

Von der Idee zum Verbund

Die Ausgangssituation für den Einsatz eines Nahwärmenetzes kann sehr unterschiedlicher Natur sein: In einem Fall steht lokal Abwärme zur Verfügung, weshalb die nähere Umgebung nach möglichen Wärmesenken sondiert werden muss. Unter Umständen steht die Entscheidung an, ob eine Wärmeleitung oder eine Biogasleitung mit einem Satelliten-BHKW direkt beim Wärmeabnehmer sinnvoller ist. In einem anderen Fall stehen ein oder mehrere Projekte mit hohem Wärmebedarf im Vordergrund. Sie können als Hauptabnehmer einen Wärmeverbund tragen und dessen Ausrichtung wesentlich bestimmen. Kleinere Abnehmer werden nur dann mit angeschlossen, wenn sie direkt am Rohrleitungsnetz liegen.

Allgemein gilt: Gebiete, die ökonomisch sinnvoll mit einem Wärmenetz erschlossen werden können, weisen einen hohen Wärmebedarf je Flächeneinheit, also eine hohe Wärmebezugsdichte auf. Sie sollte mindestens 50, besser 70 kWh/m² betragen. Einfamilienhaus-Bebauungen, die eine Wärmebezugsdichte von unter 30 kWh/m² aufweisen, sind weniger geeignet.

Optimale Wärmeversorgungsgebiete mit hohen Wärmebezugsdichten

- Gebiete mit Geschosswohnungsbauten,
- Gebiete mit verdichteter Bebauung wie z. B. Ortskerne
- räumlich eng zueinander angeordnete öffentliche Gebäude wie Schulzentren, Krankenhäuser, Sportzentren, Schwimmbäder etc.
- Gewerbe- und Industriebetriebe mit hohem Wärmebedarf auf relativ niedrigem Temperaturniveau wie Schlachthöfe, Molkereien, Brauereien u. Ä.

Ist ein geeignetes Gebiet identifiziert, müssen die Anschlussbereitschaft und auch der Anschlusszeitpunkt der potenziellen Wärmeabnehmer eruiert und ein möglicher Verlauf der Wärmetrasse festgelegt werden. Ziel muss dabei eine möglichst hohe jährliche Wärmenutzung bezogen auf die zu verlegende Länge der Trasse sein, um die durch die notwendige Investition induzierten Kapitalkosten auf die genutzte Wärmemenge zu verteilen und die Wärmeübertragungsverluste zu reduzieren.

Die Auslegung des Wärmenetzes erfolgt nach dem gesicherten Bedarf, der nur durch eine detaillierte und exakte Wärmebedarfserhebung für jedes einzelne Objekt festgelegt werden kann. Unter Berücksichtigung eines Gleichzeitigkeitsfaktors, der notwendigen Betriebstemperatur und des Betriebsdruckes wird die Dimensionierung und Auswahl des Rohrleitungssystems vorgenommen. Die Auslegung und die Trassenführung haben einen erheblichen Einfluss auf den Erfolg des Gesamtprojekts, weshalb es von einem möglichst erfahrenen Planer begleitet werden sollte.

Individuelle Versorgungsmodelle

Ein Nahwärmenetz kann, gespeist über eine Wärmezentrale, eine Vollversorgung der Objekte übernehmen. Es hält dann sowohl die maximale Leistung (Spitzenlast) vor, die an kalten Wintertagen benötigt wird, übernimmt aber ebenso im Sommer die Abdeckung der Schwachlast zur Warmwasserbereitung. Das einzelne Objekt braucht somit keinen eigenen Wärmeerzeuger. Nachteilig wirkt sich hier aus, dass auch außerhalb der Heizperiode die Netztemperatur voll aufrechterhalten werden muss, was hohe Netzverluste zur Folge hat. Bei flächendeckender Installation von Speichersystemen zur Brauchwasserbereitung und besonders einheitlicher Verbraucherstruktur kann unter Umständen auch ein stundenweises Betreiben des Netzes möglich sein.

Staat unterstützt Bau von Nahwärmenetzen

Der Staat steht hinter dem Ausbau von Nahwärmenetzstrukturen, denn er bietet die Möglichkeit, Wärme von KWK-Anlagen oder anderen Bioenergieanlagen optimal zu nutzen und dezentrale unabhängige Energieversorgungsstrukturen aufzubauen - sei es zur Versorgung ausgewählter Objekte oder ganzer Ortsstrukturen (Stichwort: Bioenergiedorf). Im in 2009 in Kraft getretenen Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) wurde festgelegt, dass Gemeinden und Gemeindeverbände aufgrund bestehender Ermächtigungsgrundlagen des Landesrechts auch aus klimapolitischen Gründen einen Anschluss- und Benutzungszwang an ein Nah- oder Fernwärmenetz vorschreiben können.

Durch direkte und indirekte Zuschüsse unterstützt der Gesetzgeber den Bau von Nahwärmenetzen z. B. im Rahmen des KfW-Programmes Erneuerbare Energien und des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes (KWKG).

Fazit:

Mit Bedacht umgesetzte Wärmenetze machen vor allem in Kommunen Sinn, in denen Gebiete oder einzelne Verbraucher mit hohem Wärmebedarf existieren und eine Wärmequelle besteht oder geschaffen werden kann, die Wärme günstiger bereitstellt, als das in der Regel fossil betriebene Vergleichsszenario. Dort können sie dazu beitragen, Energie effizienter zu nutzen, Emissionen einzusparen, Versorgungssicherheit zu gewährleisten und nicht zuletzt Kosten zu reduzieren. Eine professionelle Planung, die eine detaillierte Aufnahme der Rahmendaten voraussetzt, ist dafür Grundlage. Wichtigster Parameter zur Beurteilung der Sinnhaftigkeit von Wärmenetzen ist die Wärmebelegungsdichte, die einen Wert von 1,5 MWh/(m²a) nur in Ausnahmefällen unterschreiten sollte.