

h e a t _ p o r t f o l i o

Projekt heat_portfolio (FFG-Nr. 848849)

Deliverable D2.1 & D2.2

- Bericht zur typischen Strukturen und Größen von Fernwärmenetzen in Österreich
- Bericht zu typischen bzw. relevanten Industrien in Österreich mit Abwärmepotential

Roman Geyer

DOKUMENTHISTORIE

Autor	Roman Geyer
Bearbeitungsdatum	17.06.2018
Inhalt/Zweck	Literaturrecherche
Änderungen	

SYNOPSIS

Der vorliegende Bericht beinhaltet Grundlagen der Verallgemeinerungsfähigkeit und stellt die Deliverables D2.1 und D2.2 des Projektes heat_portfolio (FFG-Nr. 848849) dar. Die Daten und Informationen wurden mittels statistischer Auswertungen, Literaturrecherchen und Expert/inneninterviews ermittelt.

Es wurden typische Strukturen und Größen von Wärmenetzen in Österreich recherchiert und als Grundlage der Verallgemeinerungsfähigkeit für die entwickelten Maßnahmen auf andere Wärmenetze in Österreich aufbereitet. Das inkludiert die Aspekte a) Struktur und Eigenschaften typischer Nah- und Fernwärmenetze, b) Prognostizierte Stadtentwicklung und c) Ökonomische und rechtliche Randbedingungen.

Als Ergänzung wurden typische Geschäftsmodelle städtischer und ländlicher Wärmenetzbetreiber vorgestellt sowie mögliche neue innovative Ansätze diskutiert.

Darüber hinaus wurden typische bzw. relevante Industrien in Österreich mit Abwärmepotential und die üblicherweise eingesetzten Prozesse anhand frei verfügbarer Statistiken und vorhandener Erhebungen identifiziert.

Inhalt

1	Einleitung	5
2	AP2 – Grundlagen.....	6
2.1	Status quo Fernwärme	6
2.2	Versorgungsstruktur der Wärmenetze	9
2.2.1	Nutzung industrieller Abwärme.....	10
2.2.2	Geothermie	10
2.2.3	Solarthermie.....	10
2.3	Charakteristika von Wärmenetzen.....	11
2.3.1	qm heizwerke	11
2.3.2	Struktur und Verortung der Wärmenetze	11
2.3.3	Temperaturniveaus in österreichischen Wärmenetzen	12
2.3.4	Einteilung und Clusterung der Wärmenetze auf Basis der qm heizwerke-Datenbank.....	13
2.3.5	Kennzahlen von Wärmenetzen	14
2.3.6	Ermittlung der Wärmebedarfsdichte	18
2.4	Bestimmung von Netzkennwerten auf Makro-Ebene	19
2.4.1	Klassifizierung der Bebauungsdichte.....	20
2.4.2	Zusammenhang zwischen Bebauungsdichte und Trassenlänge	20
2.4.3	Ermittlung der linearen Wärmedichte	21
2.4.4	Ermittlung des Rohrdurchmessers	21
2.4.5	Abschätzung der Wärmekapazität.....	23
2.4.6	Abschätzung der Investitionskosten	24
2.4.7	Ermittlung der Solltemperaturen eines Wärmeabgabesystems	24
2.5	Aufbau einer Datenbank zu österreichischen Wärmenetzen	25
2.5.1	Datenbankauswertung	29
2.5.2	Spezifische Betrachtungen.....	33
2.6	Typische Geschäftsmodelle von städtischen und ländlichen Wärmenetzen	38
2.6.1	Geschäftsmodelle Status quo.....	38
2.6.2	Ansätze neuer Geschäftsmodelle.....	41
2.7	Rechtsformen der Wärmenetzbetreiber	48

2.8	Neu- und Ausbauförderung von Wärmenetzen.....	48
2.9	Prognostizierter Bevölkerungszuwachs	49
3	Abwärmepotential und -charakteristik relevanter Branchen	51
3.1	Potentialabschätzung, Charakteristik und Erschließung von Abwärme	51
3.1.1	Ermittlung des Abwärmepotenzials relevanter Branchen.....	52
3.1.2	Temperaturniveaus unterschiedlicher Industrieprozesse.....	52
3.2	Abwärmennutzung in Österreich (ausgewählte Beispiele).....	54
3.3	Technische Lösungsmöglichkeiten zur Nutzung von Abwärme in Wärmenetzen...	55
3.4	Voraussetzungen und Hemmnisse von Abwärmeeinspeisung	56
3.5	Identifikation von Abwärmepotenzialen in Österreich	57
3.5.1	Abwärmepotentiale in Österreich	58
3.5.2	Abwärmepotentiale in Wien.....	62
3.5.3	Ausblick / Erweiterte Methodenentwicklung (Projekt MEMPHIS).....	67
4	Literaturverzeichnis	69

1 Einleitung

Um die aktuellen Wärmenetzsysteme für die Zukunft zu rüsten, sind substantielle Veränderungen erforderlich. Die bestehenden Wärmenetze Österreichs haben sich unsicheren Marktsituationen und neuen Anforderungen zu stellen. Die Herausforderungen lauten: Sicherstellung des wirtschaftlichen Betriebs, Steigerung der Energieeffizienz sowie Dekarbonisierung bei sich gleichzeitig ändernden Rahmenbedingungen wie Energiepreisen. Wärmeverversorger müssen daher ihre bestehenden Geschäftsmodelle überdenken bzw. anpassen und völlig neue Aspekte berücksichtigen um zukünftigen Anforderungen zu entsprechen.

Fern- bzw. Nahwärmenetze sind ein wichtiger Bestandteil des österreichischen Energiesystems. Zurzeit bestehen über 2.400 Wärmenetze in Österreich, jede vierte Wohneinheit in Österreich wird mit Fernwärme beheizt (Raumwärme und Großteils auch Warmwasserbereitung) – mit steigender Tendenz insbesondere in Ballungsräumen. Österreich liegt damit im internationalen Mittelfeld, vor Ländern wie Deutschland (12 %) und der Schweiz (4 %), aber hinter Ländern wie Tschechien (38 %) oder Dänemark (63 %) [1]. Neben einigen größeren Netzen in Stadtgebieten sind die meisten – kleinen, Biomasse-basierten – Wärmenetze in ländlichen Regionen zu finden. Ungefähr die Hälfte der gesamten (Fern-)Wärmeaufbringung wird durch fossile Brennstoffe erzeugt. Der restliche Anteil wird durch Müllverbrennung, biogene Brennstoffe und sonstige bereitgestellt. Der Anteil der Wärmeerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung beträgt rund zwei Drittel [1]. Einige der bestehenden Wärmenetze sind gegenwärtig zunehmend unwirtschaftlich. Ursachen dafür sind unsichere Preisentwicklungen, sinkende Erlöse durch Stromverkauf aus KWK-Anlagen sowie abnehmende Nachfragedichten aufgrund Sanierungsmaßnahmen bzw. hoher Neubaustandards [2]. Dadurch wird die bisherige langfristige Perspektive dieser Systeme zunehmend unsicher und schwer planbar. Die Integration von alternativen Wärmequellen, wie Solar- und Geothermie sowie Ab- oder Umgebungswärme über Wärmepumpen, kann Investitionsrisiken minimieren, die Versorgungssicherheit erhöhen und CO₂-Emissionen reduzieren. Allerdings sind nicht viele bestehende Systeme in Österreich für einen erheblichen Anteil an alternativen Wärmequellen ausgelegt, die fluktuierend und/oder dezentral sind und/oder ein niedriges Temperaturniveau aufweisen.

2 Grundlagen der Verallgemeinerungsfähigkeit

2.1 Status quo Fernwärme

In Österreich wurden im Jahr 2016 ein Viertel aller Wohnungen mit Nah-/Fernwärme beheizt. Bei Gebäuden mit 10 bis 19 Wohnungen liegt der Nah-/Fernwärmeanteil bei 42 % und bei Gebäuden mit 20 und mehr Wohnungen immerhin bei 52 %. Vor allem in Ballungszentren, welche hohe Wärmebedarfsdichten aufweisen, kommt diese Art der Wärmeversorgung häufig zur Anwendung. Anhand von Abbildung 1 ist zu erkennen, dass die Anzahl der fernwärmeversorgten Wohnungen, jedes Jahr kontinuierlich ansteigt [1] & [3].

Laut Abbildung 2 gehen in Österreich 42 % des Nah- und Fernwärmeverkaufs an Haushalte (einschließlich landwirtschaftlicher Betriebe). Etwas weniger als die Hälfte entfällt auf den Sektor öffentliche und private Dienstleistungen – Einrichtungen, die ganz besonderen Wert auf eine zuverlässige Wärmelieferung legen müssen, wie eben Kaufhäuser und Verwaltungen. Der restliche Nah- und Fernwärmeverkauf ist dem produzierenden Bereich (Industriekunden) zuzuschreiben [1] & [3].

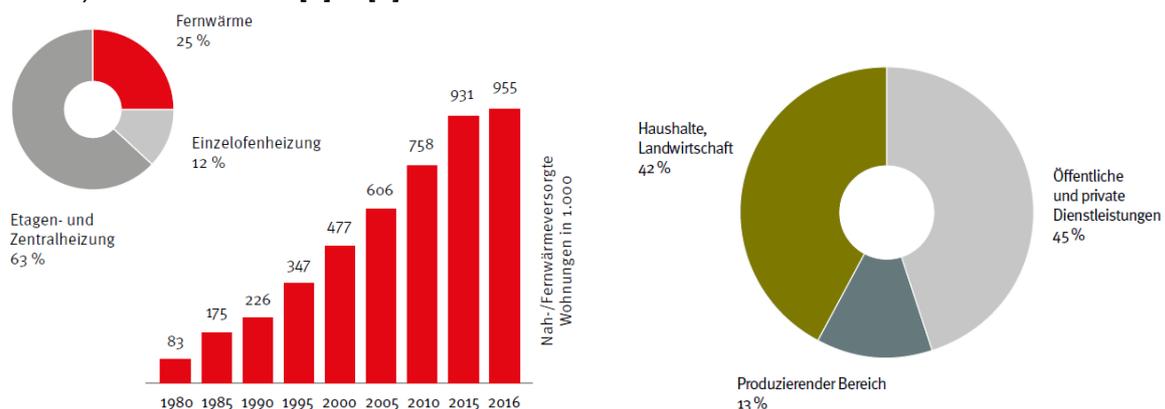
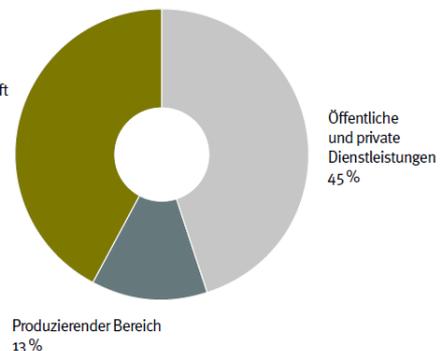


Abbildung 1: Wohnungen nach Art der Beheizung 2016 und Entwicklung nah-/fernwärmeversorgter Wohnungen [3]

Abbildung 2: Nah-/Fernwärmeverkauf nach Sektoren 2016 [3]



Die Wärmeerzeugung in den österreichischen Nah- und Fernwärmenetzen beruht fast zur Hälfte auf erneuerbaren Brennstoffen. Müll wird ebenso den erneuerbaren Brennstoffen zugeordnet und trägt gemäß Abbildung 3 mit 23 % am meisten in dieser Kategorie bei. Im Jahr 2016 wurden, inkl. Berücksichtigung des Erdgaseinsatzes zur Wärmeerzeugung, fast 90 % der Nah- und Fernwärme mittels CO₂-neutraler bzw. CO₂-armer Primärenergieträger erzeugt. Jedoch ist die weitere Entwicklung ungewiss. Grund dafür ist der Wandel auf den internationalen Energiemärkten, wodurch vor allem gasbefeuerte KWK-Anlagen wegen geringer Strompreise und höheren Gaspreisen teilweise nicht rentabel betrieben werden können. Durch die schwierigeren wirtschaftlichen Bedingungen der KWK-Anlagen, verlagerte sich in den letzten Jahren die Fernwärmeaufbringung von den hocheffizienten KWK-Anlagen zunehmend auf reine Heizkessel. Dieser Trend ist in Abbildung 4 grafisch dargestellt. Während der

KWK-Anteil an der gesamten Nah-/Fernwärmeerzeugung im Jahr 2008 einen historischen Höchstwert von 75 % erreichte, sank dieser Anteil auf bis zu 63 % im Jahr 2014 [4]. Allerdings stieg der Anteil der Wärmeerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung im Jahr 2015 wieder auf 68 % an. Grund dafür war vor allem der verstärkte Einsatz gasbefuerter KWK-Anlagen für Strom-Engpassmanagement wofür lukrative Vergütungen erzielt werden können. Während die KWK-Anlagen von der gesteigerten Fernwärmeauskopplung profitierten, ging die Erzeugung in Fern- und Blockheizwerken zurück [1].

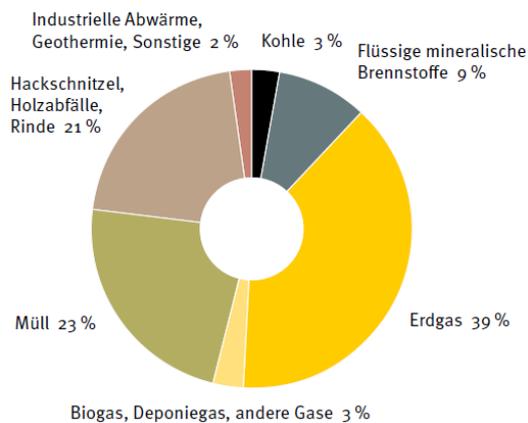


Abbildung 3: Brennstoffeinsatz für Wärmeerzeugung 2016 [3]

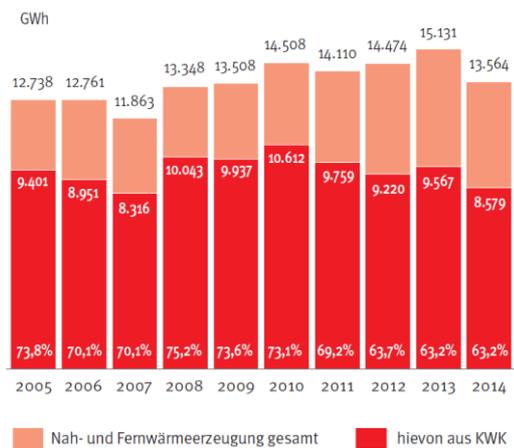


Abbildung 4: Wärmeerzeugung aus der Kraft-Wärme-Kopplung [4]

Die kumulierte Länge der Wärmenetze, welche durch Versorgungsunternehmen betrieben werden, beträgt laut Abbildung 5 rund 5.000 km. Der Fachverband der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen (FGW) gibt an, dass auch in Zukunft die Unternehmen in die Verdichtung und den weiteren Ausbau ihrer Netze investieren werden. Überdies wird im Zahlen Spiegel 2017 angeführt, dass die Unternehmen zwischen 2017 und 2026 einen jährlichen Zubau an Fernwärmeleitungen zwischen 21 und 58 km planen – die durchschnittliche jährliche Ausbaurrate wird in diesem Zeitraum mit 37 km prognostiziert [3]. Prognosen aus dem Jahr 2014 gingen noch von einer jährlichen Fernwärme Ausbaurrate von 92 km aus. Als Gründe für den reduzierten Ausbau werden die Anschlussverdichtung im mehrgeschossigen Wohnbau sowie schwierigere Rahmenbedingungen genannt, wodurch die Erschließung von neuen Bauten an Dynamik verlor [5] & [6].

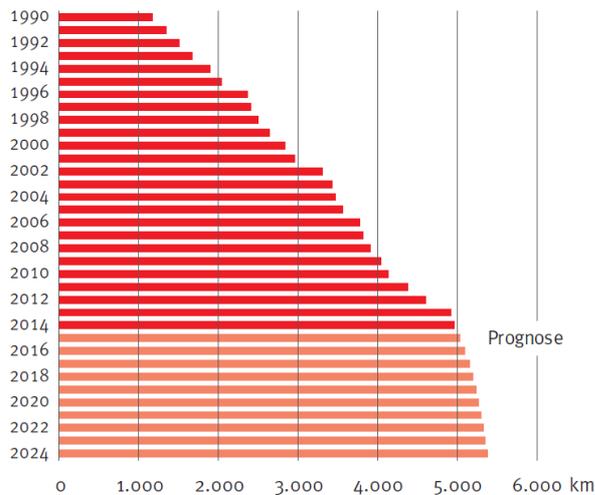


Abbildung 5: Fernwärme-Netzlängenentwicklung [4]

In Österreich erfolgt die Fernwärmeversorgung durch verschiedene Akteure. Dies sind zu- meist kommunale Unternehmen. Der Schwerpunkt der Versorgungsgebiete liegt bei den grö- ßeren Städten wie Wien, Graz, Linz, Salzburg, Klagenfurt, St. Pölten und Wels. Jedoch spielt die Fernwärmeversorgung auch in kleineren Gemeinden eine zunehmende Rolle [5].

In Abbildung 6 ist die Fernwärme-Netzlänge und die -Netzdichte im internationalen Vergleich dargestellt. Bezogen auf die absolute Länge belegt Österreich, mit rund 5.000 km Fern- wärme-Netzlänge, den siebenten Platz im gezeigten Vergleich. Im Vergleich zum Zahlen- spiegel 2015 rückte Österreich um einen Platz vor und überholte die Slowakei. Basierend auf einer Netzdichte (Netzlänge je 1.000 Einwohner [km/1.000 EW]) von knapp 0,6 km/1.000 EW belegt Österreich den neunten Platz (unverändert gegenüber dem Zahlenspiegel 2015), wo- bei dieser Wert etwa dreimal so hoch wie im zentral-/westeuropäischen Raum (CWE: 0,2 km/1.000 EW) ist. Österreich belegt mit 24 % Fernwärme-Marktanteil (siehe auch Abbildung 1) den zehnten Platz im angeführten Ranking und liegt mit mehr als 10 %-Punkten vor Deutschland. Die höchste Marktdurchdringung von Fernwärme ist gemäß Abbildung 7 in den baltischen und nordischen Ländern zu finden [1] & [4].

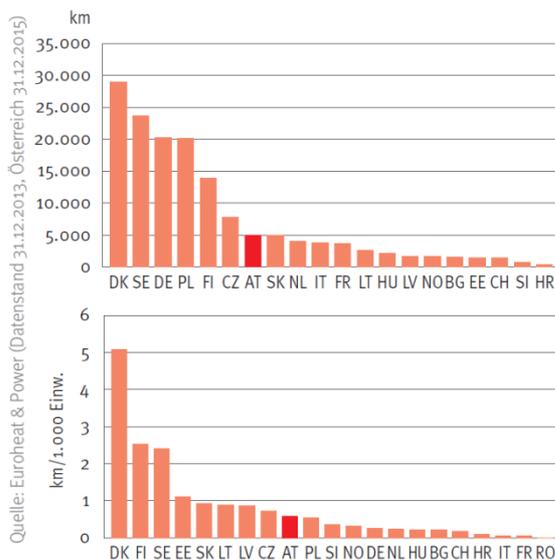


Abbildung 6: Fernwärme-Netzlänge und -Netzdichte im internationalen Vergleich [1]

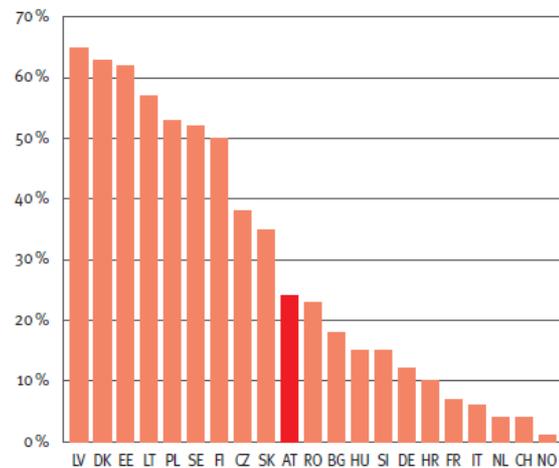


Abbildung 7: Marktanteile Fernwärme im internationalen Vergleich [4]

2.2 Versorgungsstruktur der Wärmenetze

Die Versorgung der österreichischen Wärmenetze wird durch verschiedenste Erzeuger bewerkstelligt. Die Erzeugeranlagen reichen von KWK-Anlagen und reinen Heizwerken bis hin zu Mischformen und in Kombination mit alternativen Wärmequellen. Dies sind unter anderem Solarthermie, Geothermie und Wärmepumpen sowie Nutzung von Abwärme aus industriellen Prozessen. Obwohl der Kombination aus verschiedensten Wärmequellen keine Grenzen gesetzt sind, lässt sich die Versorgungsstruktur in zwei Kategorien einteilen [7]:

- Große Städte: hier werden die Netze vermehrt mit Wärme aus großen Erzeugungseinheiten, welche meist im Besitz von Energieversorgern sind, gespeist. Vor allem die Müllverbrennung spielt hier eine große Rolle sowie zum Teil auch die Biomasse. Zusätzliche Heizkessel fungieren vor allem als Spitzenlast- und Ausfallsreserve.
- Kleine Städte und Gemeinden: diese Wärmenetze werden zumeist durch Energie aus dem Brennstoff Biomasse versorgt. Als Energieerzeuger dienen Heiz- bzw. Heizkraftwerke, wobei auch Öl- oder Gaskessel zur Deckung der Spitzenlast und als Ausfallsreserve in Einsatz kommen.

Abbildung 8 liefert einen österreichweiten Überblick über die bestehenden Biomasseheizwerke, KWK-Anlagen und Müllverbrennungsanlagen mit einem Brennstoffdurchsatz größer 2 t/h. In [7] werden die Anzahl der biogen versorgten Heizwerke, mit einer Wärmeleistung über 1 MW_{th}, auf 900 Anlagen mit einer Gesamtleistung von 2.600 MW_{th} abgeschätzt. In selbigen Bericht wird erwähnt, dass in Österreich für die Beseitigung von Abfall, 32 Verbrennungs- und Mitverbrennungsanlagen mit einer Kapazität über 2 t/h sowie 33 solcher Anlagen mit einer Kapazität unter 2 t/h, existieren.

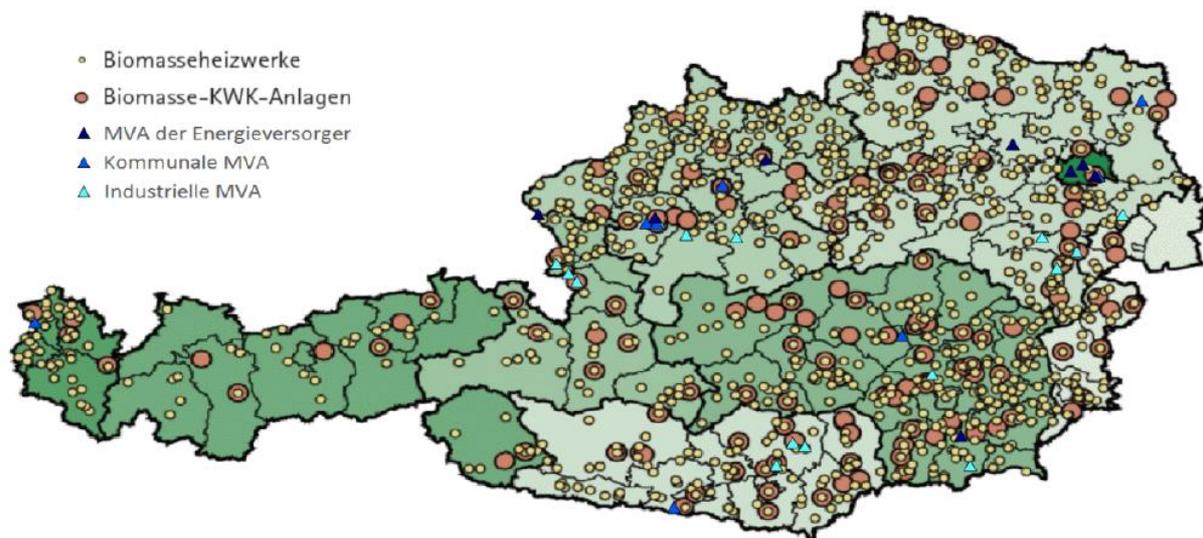


Abbildung 8: Biomasseheizwerke, KWK-Anlagen und Müllverbrennungsanlagen mit einer Kapazität über 2t/h in Österreich [7]

2.2.1 Nutzung industrieller Abwärme

In einigen Städten wird bereits Abwärme aus Industrieprozessen (Voraussetzung zur direkten Nutzung ist ein noch ausreichendes Temperaturniveau mit entsprechendem Wärmestrom nach der internen Verwertung) genutzt, um eine gewisse Energiemenge in ein Fernwärmenetz einzuspeisen. Kontinuierlich anfallende Abwärme aus Prozessen kann zum Decken der Grundlast genutzt werden. Beispiel für solch eine Verwendung ist unter anderem die Nutzung der Abwärme von der OMV Schwechat, welche in das Wiener Fernwärmenetz einspeist [7].

2.2.2 Geothermie

In Österreich gibt es derzeit 15 Geothermie Anlagen die in an ein Wärmenetz gekoppelt sind. Die installierte thermische Gesamtleistung beträgt ca. 93 MW_{th} und die erzeugte thermische Energie rund 139 GWh_{th}/a [7].

2.2.3 Solarthermie

Mit Stand Ende 2013 gibt es 24 Solar Anlagen, mit einer installierten Kollektorfläche größer 500 m², die in ein Nah- bzw. Fernwärmenetz einspeisen. Die kumulierte installierte Gesamtkollektorfläche dieser Anlagen beträgt 37.060 m² womit eine thermische Spitzenleistung von 25,9 MW_{th} erreicht wird. Insgesamt erzeugen diese Anlagen rund 15 GWh_{th}/a an thermischer Energie. Eine tabellarische Übersicht über diese Anlagen, mit Angaben zu Standort und Kollektorfläche, bietet der Bericht „Solargrids“ auf Seite 14 [7].

2.3 Charakteristika von Wärmenetzen

In dem Bericht „Solargrids“ wurden verschiedene Datensätze zu Fernwärmenetzen aus der „qm heizwerke“ Datenbank ausgewertet. Diese Datenbank wird momentan als die vollständigste, hinsichtlich aktueller Fernwärmenetze auf Basis Biomasse, betrachtet. Auf Grundlage dieses Berichtes bzw. dessen Auswertungen der Datensätze beruhen die im Folgenden dargestellten Diagramme und Kenngrößen.

2.3.1 qm heizwerke

Im Jahr 2006 wurde bundesweit die österreichische Version des internationalen QM-Systems für Biomasseheizwerke und Nahwärmenetze eingeführt. In Form von fünf Meilensteinen werden im QM-System der gesamte Planungs- und Umsetzungsprozess für Biomasse-Nahwärmeprojekte abgebildet. Dadurch soll sichergestellt werden, dass die Anlagen optimal dimensioniert und in weiterer Folge geeignete Anlagenkonzepte umgesetzt werden. Die Verwendung des QM-Systems ist im Rahmen der Umweltförderung im Inland für alle Anlagen verpflichtend, deren installierte Biomassekesselnennleistung $400 \text{ kW}_{\text{th}}$ bzw. deren Netzlänge 1.000 Trassenmeter erreicht oder übersteigt. In der qm heizwerke – Datenbank sind sämtliche relevante Daten und technische Dokumentationen wie Pläne und Hydraulikschemas der einzelnen Anlagen hinterlegt. Zusätzlich werden in der Datenbank detaillierte Daten jedes einzelnen Wärmeabnehmers sowie jährliche Betriebsberichte der wichtigsten Daten jeder Anlage gespeichert. Die Datenbank wird sowohl von den Förderstellen, als auch für die laufende Evaluierung des österreichischen Heizwerkparks genutzt. Die Eckdaten der Datenbank (Stand Dezember 2015) werden laut qm heizwerke wie folgt angeführt [8]:

- Erfasste Anlagen und Projekte: 730 Anlagen; 1.400 Projekte
- Gesamtanschlussleistung aller Projekte: 3.360 MW
- Gesamttrassenlänge aller Projekte: 3.400 km
- Anzahl der versorgten Wärmeabnehmer: 50.000
- Anzahl Betriebsberichte: 1.500 Betriebsberichte von 400 Anlagen

2.3.2 Struktur und Verortung der Wärmenetze

Die Struktur der Wärmeversorger in Österreich reicht von kleinen, regional aktiven bis hin zu großen, kommunenübergreifenden Unternehmen. Während die kleinen Versorger oft nur ein Wärmenetz (teilweise nur wenige Gebäude) innerhalb einer Kommune betreiben, besitzen die großen Versorger mehrere Netze in verschiedenen Kommunen. Im Fachverband der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen (FGW) sind rund 600 österreichische Unternehmen aus der Nah-/Fernwärme und Fernkälteversorgungsbranche vertreten. Abbildung 9 bietet einen Überblick über die im FGW gelisteten Mitglieder [9]. Jedoch ist die tatsächliche Anzahl der Wärmenetze in Österreich nicht bekannt, da nicht alle Unternehmen Mitglieder beim Fachverband sind. Vor allem kleinste Wärmenetze, die nur wenige Objekte versorgen (z.B.

bäuerliche Initiativen), sind kaum im Fachverband vertreten. In [10] werden 2.000 Mikro-, Nah- und Fernwärmenetze in Österreich genannt. Andere Quellen gehen von 1.800 bis 2.400 Wärmenetzen aus.

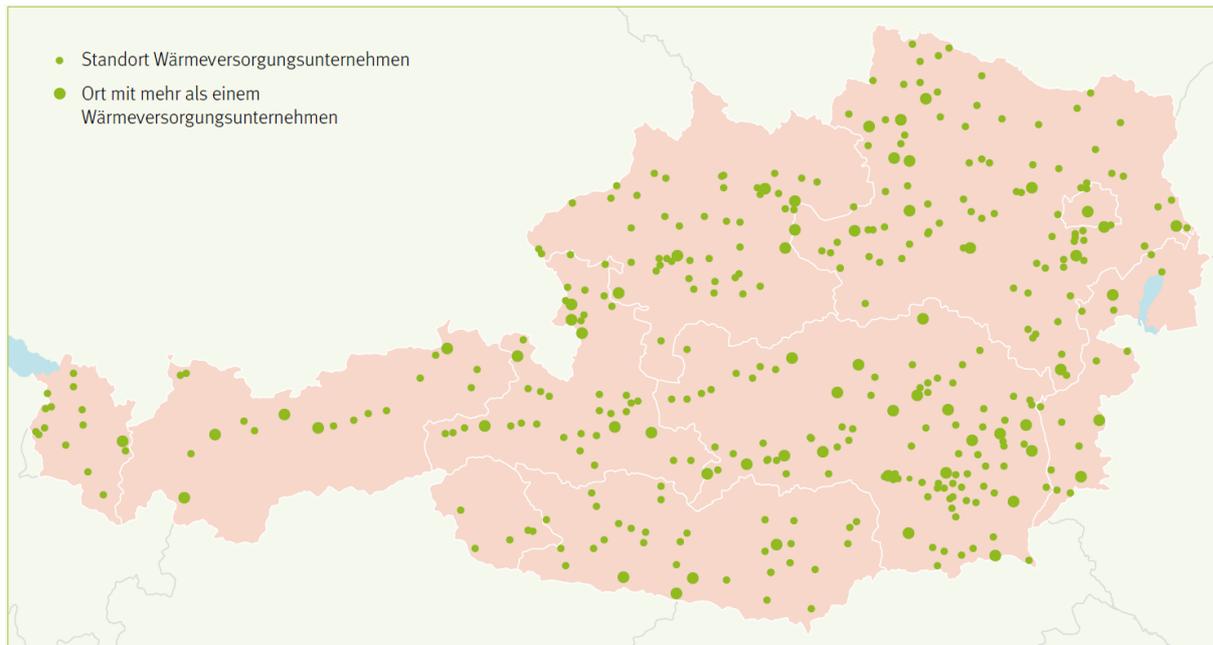


Abbildung 9: Übersichtskarte von im Fachverband der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen (FGW) gelisteten Mitglieder in Österreich [9]

Die Wien Energie (früher Fernwärme Wien) betreibt mit 1.200 km Länge Österreichs größtes Fernwärme-Verbundnetz, welches zugleich zu einem der größten Fernwärmenetze Europas zählt [11]. Zu den weiteren großen Versorgungsunternehmen zählen beispielsweise Landesenergieversorger wie die EVN Wärme GmbH, die Energie AG Oberösterreich Wärme GmbH, die Salzburg AG Wärme und andere. Während bei den großen Wärmenetzen die Energie meist durch große KWK- bzw. Heizkesselanlagen bereitgestellt wird, stammt die Wärme bei den kleinen Netzen vermehrt aus Biomasseanlagen [7].

2.3.3 Temperaturniveaus in österreichischen Wärmenetzen

Die Abbildung 10 listet die Temperaturniveaus von Vor- und Rücklauf während des Winterbetriebes von 60 Wärmenetzen auf. Die Werte sind in absteigender Reihenfolge nach der Absatzmenge angeordnet. Zu erkennen ist, dass größere Netze (in der Grafik durch das linke Drittel gekennzeichnet) tendenziell höhere Vorlauftemperaturen aufweisen als kleinere Netze. Der Grund hierfür ist, dass große Netze meist älter und historisch gewachsen sind. Oftmals werden die Netze auch an ihren Kapazitätsgrenzen betrieben. Neue Kunden können teilweise nur durch Erhöhung der Vorlauftemperatur, und damit verbundene höhere übertragbare Wärmeenergie, angeschlossen werden. Kleinere Netze hingegen sind oftmals erst in den letzten Jahren entstanden und zum Betrieb mit niedrigeren Vorlauftemperaturen konzipiert [7].

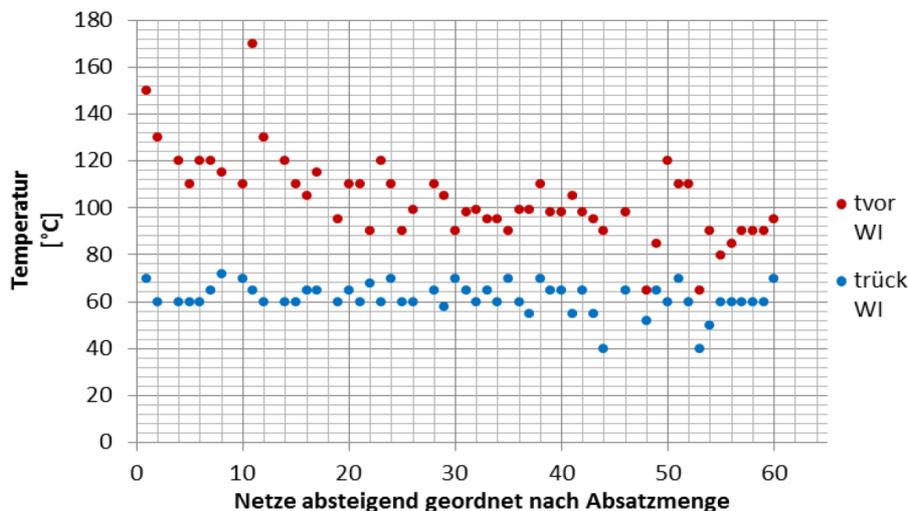


Abbildung 10: Vor- und Rücklauftemperaturen im Winterbetrieb anhand von 60 nach Absatzmenge absteigend geordneter Netze [7]

2.3.4 Einteilung und Clustering der Wärmenetze auf Basis der qm heizwerke-Datenbank

In dem Bericht „Solargrids“ wurden die Daten der qm heizwerke-Datenbank hinsichtlich Anschlussleistungen und abgegebener Energiemengen untersucht und deren Ergebnisse mittels Abbildung 11 dargestellt. In der Grafik erfolgt eine Einteilung in acht Größenklassen. Zu erkennen ist, dass die Größenklassen der Biomassenetze bis zu einer Anschlussleistung von 25 MW_{th} annähernd gleich, zwischen 14 bis 18 %, verteilt sind. Weniger als 4 % der Biomassenetze besitzen eine Anschlussleistung zwischen 25 – 65 MW_{th} und weniger als 1 % weisen Leistungen darüber auf. Überdies ist ein Trend von höheren verkauften Energiemengen bei steigender Anschlussleistung zu bemerken. In der Kategorie bis 7 MW_{th} befinden sich 80 % der Anlagen, jedoch wird nur ein Drittel der gesamten Energie abgesetzt. Je ein Drittel der Energie wird im Größenbereich zwischen 7 – 25 MW_{th} und darüber verkauft. Die durchschnittlichen Volllaststunden der Kessel erhöhen sich mit zunehmender Netzgröße von rund 1.150 auf bis zu 1.500 h/a [7].

Aus den folgenden Kenngrößen sollen Ansätze zur Verallgemeinerung und Voraussetzungen getroffen werden um Wärmenetze wirtschaftlich betreiben zu können.

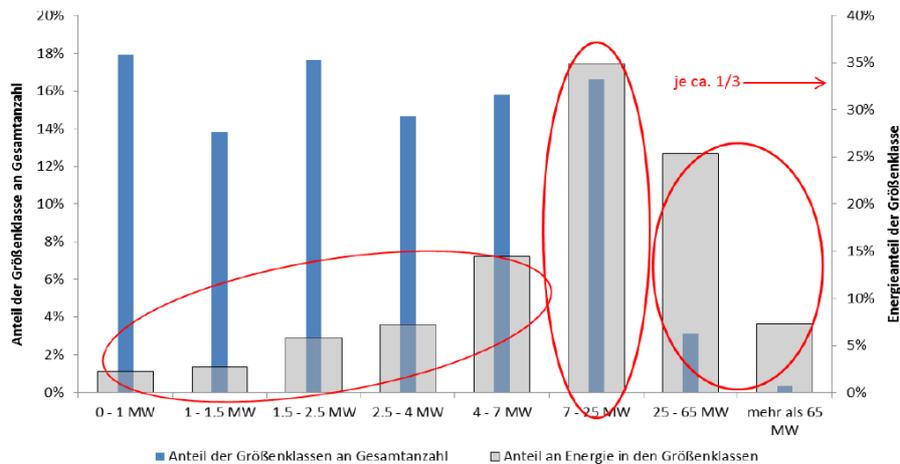


Abbildung 11: Verteilung der Biomassenetze anhand von Größenklassen und anteilige Energiemengen [7]

Anhand einer weiteren Auswertung der Datenbank erfolgte die Einteilung der Wärmenetze in drei Cluster (die Prozentangabe steht für den Kundenanteil und die Energieangabe für den jeweiligen Wärmebedarf) [7]:

- **Cluster I:** In dieser Kategorie befinden sich hauptsächlich **Großverbraucher**. Abnehmerstruktur: > 75 % mit > 150 MWh_{th}/a
- **Cluster II:** Diese Kategorie ist durch **gemischte Netzstruktur** gekennzeichnet. Abnehmerstruktur: ≤ 75 % mit > 150 MWh_{th}/a UND ≤ 25 % mit < 50 MWh_{th}/a
- **Cluster III:** In diesem Bereich finden sich überwiegend **Kleinverbraucher** wieder. Abnehmerstruktur: < 75 % mit > 150 MWh_{th}/a UND > 25 % mit < 50 MWh_{th}/a

2.3.5 Kennzahlen von Wärmenetzen

Basierend auf der Clustereinteilung, wurde eine Auswertung der Daten für diverse Parameter vorgenommen, die im Folgenden durch Mittelwerte, Mediane, Extrema angeführt und beschrieben werden [7].

Vergleich technischer Parameter

Abbildung 12 stellt einen Vergleich von technischen Parametern für die drei definierten Cluster dar. Die Anzahl der Wärmenetze ist durch Cluster II mit ca. 44 % am stärksten geprägt. Eine ähnliche Verteilung ist für die Anzahl der Verbraucher festzustellen, sowie für die restlichen Parameter. Obwohl Cluster I mit nur 18 % die geringste Anzahl der Wärmekunden aufweist, werden in dieser Kategorie 40 % der jährlichen Wärme verkauft. Zu erkennen ist, dass Cluster III (Kleinverbraucher) ein annähernd umgekehrtes Verhältnis zu Cluster I (Großverbraucher) aufweist, wodurch wirtschaftliche Vorteile für Cluster I resultieren [7].

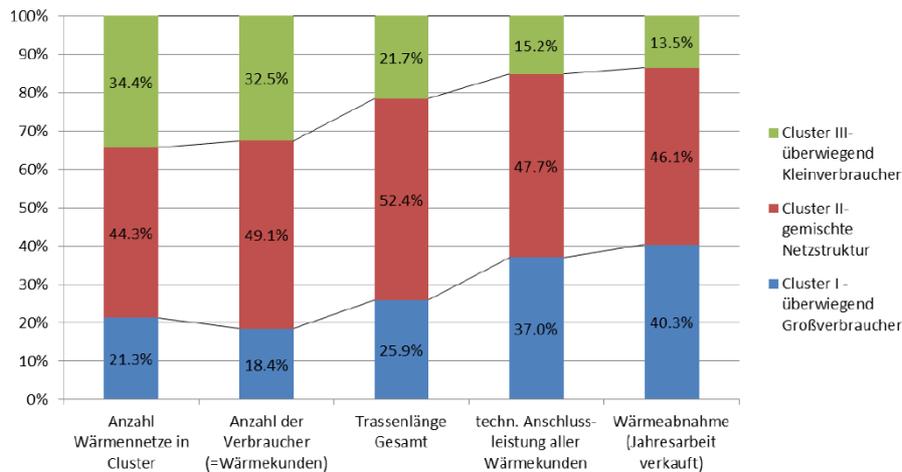


Abbildung 12: Vergleich technischer Parameter für die drei eingeteilten Netzcluster von Biomasse-Netzen [7]

In den folgenden Grafiken sind für die analysierten Parameter sowohl Mittelwerte, Mediane, Minimal- und Maximalwerte als auch die Gesamtbetrachtung der Wärmenetze dargestellt. Die absoluten Zahlen werden jeweils über Säulen dargestellt deren Werte auf der linken y-Achse abzulesen sind. Die Bandbreiten zu den einzelnen Parametern werden als Boxplot angezeigt, deren Werte auf der rechten y-Achse notiert sind.

Anzahl der Wärmekunden und Trassenlänge

In Abbildung 13 und Abbildung 14 ist zu erkennen, dass die Streuung für beide Parameter und in allen Clustern hoch und in einer ähnlichen Größenordnung liegt. Die Wärmekundenanzahl reicht in allen Clustern von einigen wenigen bis zu 400 Abnehmern. Ebenso streut auch die Trassenlänge von ein paar hundert Metern bis über 50 km [7].

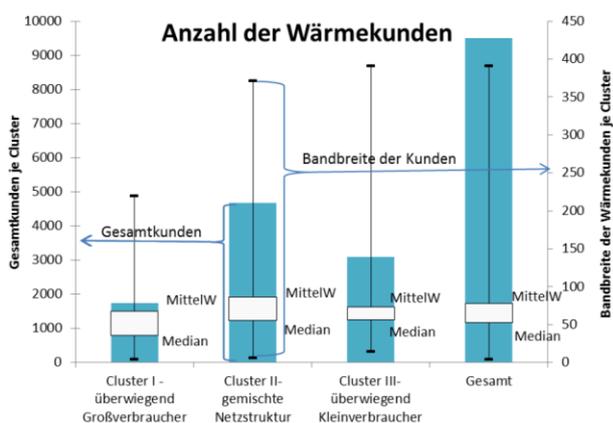


Abbildung 13: Anzahl der Wärmekunden der Netzcluster der Biomasse-Netze [7]

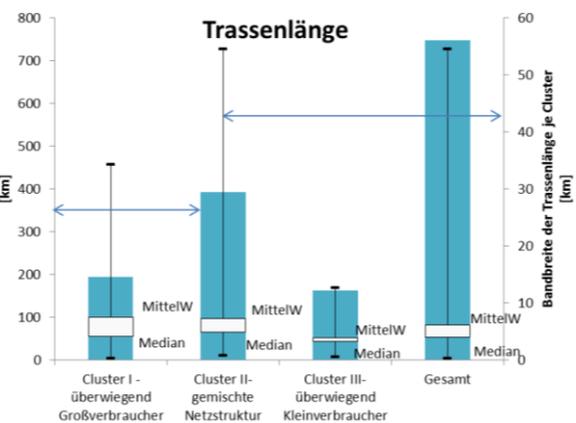


Abbildung 14: Trassenlängen der Netzcluster der Biomasse-Netze [7]

Technische Anschlussleistung aller Wärmekunden und verkaufte Wärme

Abbildung 15 veranschaulicht, dass mit höherem Anteil an Großverbrauchern die technische Anschlussleistung zunimmt und auch die Bandbreite gegenüber den Kleinverbrauchern ausgeprägter verteilt ist. Die verkaufte Wärme weist eine ähnliche Verteilung wie die technische Anschlussleistung aller Wärmekunden auf. Das bedeutet, dass die Anzahl der Volllaststunden bei allen drei Verbrauchstrukturen ähnliche Größenordnungen aufweisen (siehe auch Kapitel 2.3.4) [7].

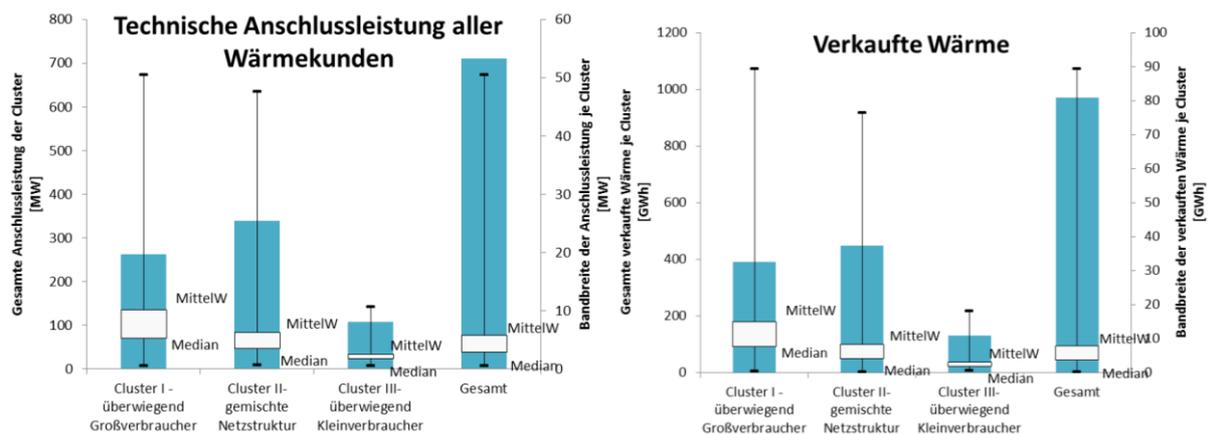


Abbildung 15: Technische Anschlussleistung aller Wärmekunden der Netzcluster der Biomasse-Netze [7]

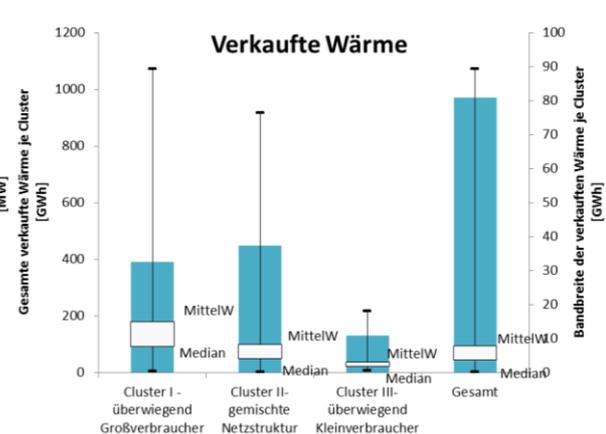


Abbildung 16: Verkaufte Wärme der Netzcluster der Biomasse-Netze [7]

Hinweis: Die annähernde Übereinstimmung der Mediane mit den Mittelwerten bei den Kleinverbrauchern (vor allem für die Parameter in Abbildung 14 bis Abbildung 16) ist auf eine homogenere Verteilung gegenüber den beiden anderen Clustern zurückzuführen. Das bedeutet, dass bei größerer Abweichung zwischen Median und Mittelwert, vermehrt statistische Ausreißer vorhanden sind. Dadurch lassen sich Netze mit Kleinverbraucherstruktur leichter klassifizieren.

Wärmedichte

In Abbildung 17 sind die Bandbreiten der Wärmedichte, welche sich aus verkaufter Wärme pro Trassenlänge zusammensetzt, für die ausgewählten Netzcluster dargestellt. Obwohl die durchschnittliche Trassenlänge von Cluster III nur halb so groß gegenüber Cluster I ist, liegt die durchschnittliche Wärmedichte von Cluster I mit mehr als das Doppelte im Vergleich zu Cluster III. Der Grund für die sinngemäß höhere Wärmedichte bei Großverbrauchern ist die weitaus höhere verkaufte Wärme gegenüber bei Kleinverbrauchern [7].

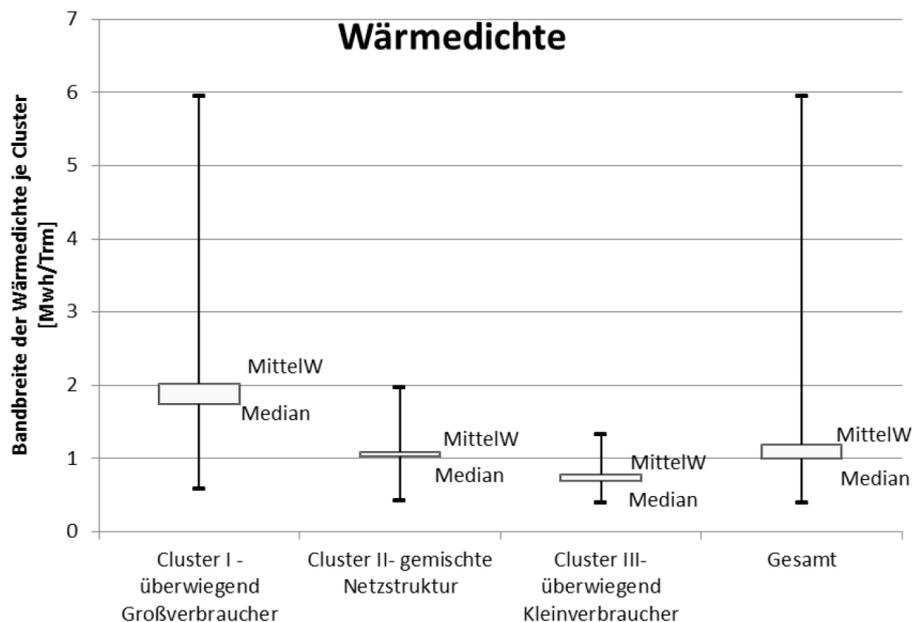


Abbildung 17: Bandbreiten der Wärmedichte der Netzcluster der Biomasse-Netze [7]

Eine Zusammenfassung der Mittelwerte und Mediane der bisher vorgestellten Parameter ist in Tabelle 1 gegeben. In der Tabelle werden zusätzlich noch Angaben zu Verlusten getätigt.

Tabelle 1: Numerische Angabe zu den Kenngrößen der drei Netzcluster [7]

		Cluster I		Cluster II		Cluster III	
		Mittelwert	Median	Mittelwert	Median	Mittelwert	Median
Abnehmer	[Anzahl]	67	36	86	56	74	57
Trassenlänge	[m]	7.444	4.170	7.258	4.833	3.852	3.282
Anschlussleistung	[kW _{th}]	10.123	5.255	6.283	3.591	2.580	1.763
Verlustleistung	[kW _{th}]	293	105	264	111	92	86
erzeugte Wärme	[MWh/a]	17.402	8.417	10.005	5.211	3.894	2.581
Wärmeabnahme	[MWh/a]	15.038	7.649	8.290	4.236	3.130	1.986
Netzverluste	[%]	14	9	17	19	20	23
Wärmedichte	[(kWh/a)/m]	2.021	1.743	1.092	1.023	777	688

Struktur der Wärmeerzeuger

In [7] erfolgte eine Auswertung von 122 Netzen aus der qm heizwerke-Datenbank um die Struktur der Wärmeerzeuger zu beschreiben. Demnach verfügen 98 % über einen Biomassekessel und 8 % eine Biomasse KWK-Anlagen als Wärmeerzeuger. In 55 % der Wärmenetze kommen Öl bzw. Gaskessel zur Spitzenlastdeckung zum Einsatz und 29 % beziehen ihre Wärme zum Teil aus Wärmerückgewinnungsanlagen (WRG). Sonstige Erzeuger (externe Kessel, Industrie-Abwärme, Biogasanlagen, ...) kommen in 10 % der Netzen vor. Die Aufteilung der einzelnen Wärmeerzeuger nach installierter Leistung und erzeugter Wärme ist in Abbildung 18 dargestellt. Zu erkennen ist, dass Biomassekessel und –KWK nur knapp die Hälfte der installierten Leistung ausmachen, aber für 85 % der erzeugten Wärmemenge verantwortlich sind. Hingegen stellen die Öl- und Gaskessel annähernd so viel Leistung aber nur 1 % der Wärmemenge zur Verfügung. Der Unterschied ist durch die verschiedenen Betriebsstunden zu erklären [7].

Der Leistungsbereich der Biomassekessel wird in [7] zwischen 0,5 und 10 MW_{th} angegeben, wobei die Hälfte der Kessel Leistungen bis zu 1,6 MW_{th} haben. Der angegebene Leistungsbereich für die Öl- und Gaskessel liegt mit 0,5 bis 25 MW_{th} höher, wovon die Hälfte der Anlagen eine Leistung unter 3 MW_{th} besitzt. Der Grund für den höheren Leistungsbereich kann dadurch erklärt werden, dass diese Kessel als Ausfallsreserve dienen und je nach Anlagenkonfiguration darauf ausgelegt sind, bei Ausfall anderer Anlagen die komplette Last zu decken.



Abbildung 18: Anteile der installierten Leistung und der erzeugten Wärmeenergie der unterschiedlichen Wärmeerzeuger in Biomasse-Netzen [7]

2.3.6 Ermittlung der Wärmebedarfsdichte

Die Wärmebedarfsdichte für Regionen in Österreich kann über die „Austrian Heat Map“, wie in Abbildung 19 dargestellt, ermittelt werden. In der interaktiven Karte können zusätzlich neben Siedlungsdichte und Bevölkerungsdichte auch noch die Potentiale für Fernwärme-Regionen sowie der Bestand von Kraftwerken, Fernwärmenetzen und Industrie dargestellt werden [12]. Die Entwicklung der Austrian Heat Map fand im Rahmen der „Europäischen Energie-Effizienz-Richtlinie (2012/27/EU)“ statt. Die Richtlinie sah eine „Umfassende Bewertung des Potentials für den Einsatz der hocheffizienten KWK und der effizienten Fernwärme- und Fernkälteversorgung“ für alle Mitgliedsstaaten vor, die in Österreich von dem Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft in Auftrag gegeben wurde.

Für die Erstellung der Heat Map wurde zuerst der aktuelle Wärme- und Kältebedarf aller Verbrauchssektoren (Haushalte, Dienstleistung und Industrie) regional erfasst und Szenarien für die zukünftige Entwicklung definiert. Danach wurde dem ermittelten Wärme- und Kältebedarf ein mögliches Angebot an Wärme und Kälte aus KWK-Anlagen, industrieller Abwärme sowie erneuerbaren Energiequellen gegenübergestellt. Das technische Potential wurde anhand

von technologischen Einschränkungen abgeschätzt. In weiterer Folge wurde das ökonomische Potential mithilfe von Kosten-Nutzen-Analysen bewertet [12].

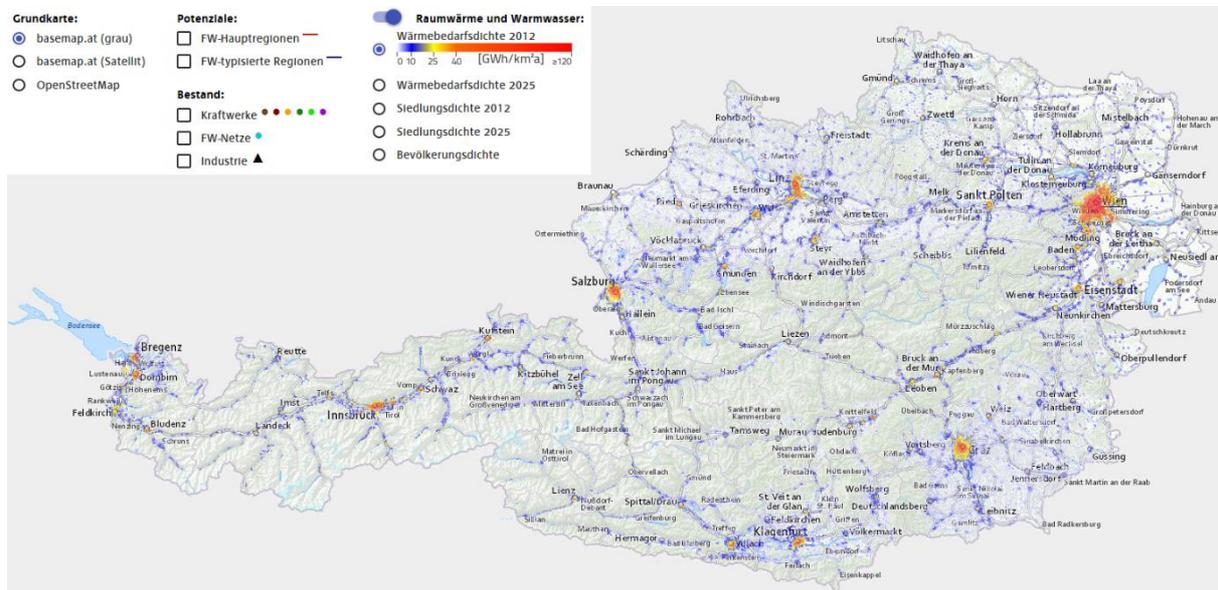


Abbildung 19: Übersicht Wärmebedarfsdichte von Österreich für das Jahr 2012 (Quelle: <http://www.austrian-heat.gov.at/karte/>)

2.4 Bestimmung von Netzkennwerten auf Makro-Ebene

In [13] wurden Ermittlungen zu bestehenden Fernwärmenetzen in Schweden durchgeführt. Unter anderem untersuchten Persson und Werner typische Charakteristika (wie z.B. Rohrdurchmesser) von Wärmenetzen.

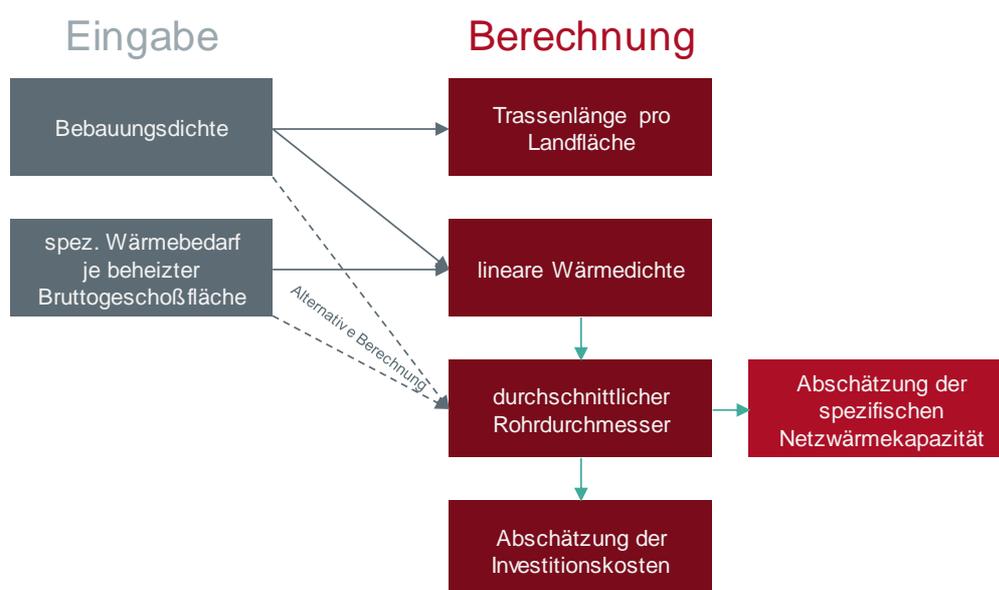


Abbildung 20: Vorgehensweise zur Bestimmung von Netzkennwerten auf Makro-Ebene

In [7] wurden die von Persson und Werner empirisch ermittelte lineare Wärmebedarfsdichte mit Daten von österreichischen Wärmenetzen verglichen. Die Gegenüberstellung ergab maximale Abweichungen im Bereich von -20 bis +30 %. Aufgrund der Vergleichbarkeit der Werte, wird angenommen, dass die hier angeführten empirisch ermittelten Kenngrößen von Persson und Werner auch für österreichische Wärmenetze anwendbar sind. Im Folgenden werden Diagramme angeführt, die auf den oben angeführten Quellen basieren. Dadurch ist es möglich, erste Kennzahlen zu Durchmesser, Kosten usw. anhand von den Inputdaten „Bebauungsdichte“ und „spezifischer Wärmebedarf je beheizter Bruttogeschossfläche“ abzuleiten. Die Vorgehensweise ist in 20 grafisch dargestellt.

2.4.1 Klassifizierung der Bebauungsdichte

Die in weiterer Folge angeführte Bebauungsdichte berechnet sich aus der Teilung der Bruttogeschossfläche der Geschosse durch die zur Verfügung stehende Landfläche. Laut [7] kann die Bebauungsdichte wie folgt eingeteilt werden:

- Städte ($\hat{=}$ Cluster I): $> 0,5$ [$\text{m}^2_{\text{BGF}} / \text{m}^2_{\text{Landfläche}}$]
- kleinstädtische und sub-urbane Gebiete ($\hat{=}$ Cluster II): $0,3 - 0,5$ [$\text{m}^2_{\text{BGF}} / \text{m}^2_{\text{Landfläche}}$]
- Streusiedlungen ($\hat{=}$ Cluster III): $< 0,3$ [$\text{m}^2_{\text{BGF}} / \text{m}^2_{\text{Landfläche}}$] ($\hat{=}$ Cluster III)

Anhand dieser Klasseneinteilung können in den nächsten Abbildungen typische Kennzahlen von Wärmenetzen abgeschätzt werden.

2.4.2 Zusammenhang zwischen Bebauungsdichte und Trassenlänge

Die erste Kennzahl beschreibt den Zusammenhang der Trassenlänge pro versorgter Landfläche in Abhängigkeit der Bebauungsdichte. Die von Persson und Werner empirisch entwickelte Formel ist Abbildung 21 zu entnehmen. Die Trassenlänge pro versorgter Landfläche liegt bei einer Bebauungsdichte von $0,1 - 1 \text{ m}^2_{\text{BGF}}/\text{m}^2_{\text{Landfläche}}$ bei rund 11 bis 16 km/km^2 .

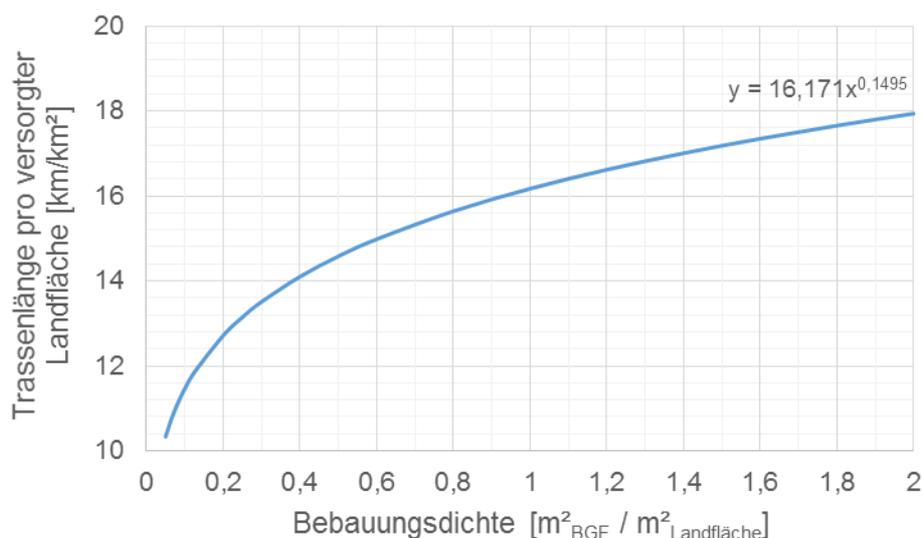


Abbildung 21: Trassenlänge pro Landfläche in Abhängigkeit von der Bebauungsdichte (Quelle: adaptiert nach [7], [13], [14])

2.4.3 Ermittlung der linearen Wärmedichte

Die lineare Wärmedichte beschreibt die jährliche Wärmeabnahme je Trassenlänge. Diese Kennzahl wird aus dem Produkt des spezifischen Wärmebedarfs pro Gebäudefläche (z.B. 150 kWh/(m²_{BGF}.a)) und der Bebauungsdichte dividiert durch die Trassenlänge pro versorgter Landfläche (aus vorheriger Abbildung) berechnet. In Abbildung 22 kann die lineare Wärmedichte anhand von fünf verschiedenen spezifischen Wärmebedarfen ermittelt werden. Für eine Streusiedlung mit einer Bebauungsdichte von 0,1 m²_{BGF}/m²_{Landfläche} resultiert, anhand der dargestellten spezifischen Wärmebedarfe, eine jährliche lineare Wärmedichte von 430 bis 2.600 kWh pro Trassenmeter.

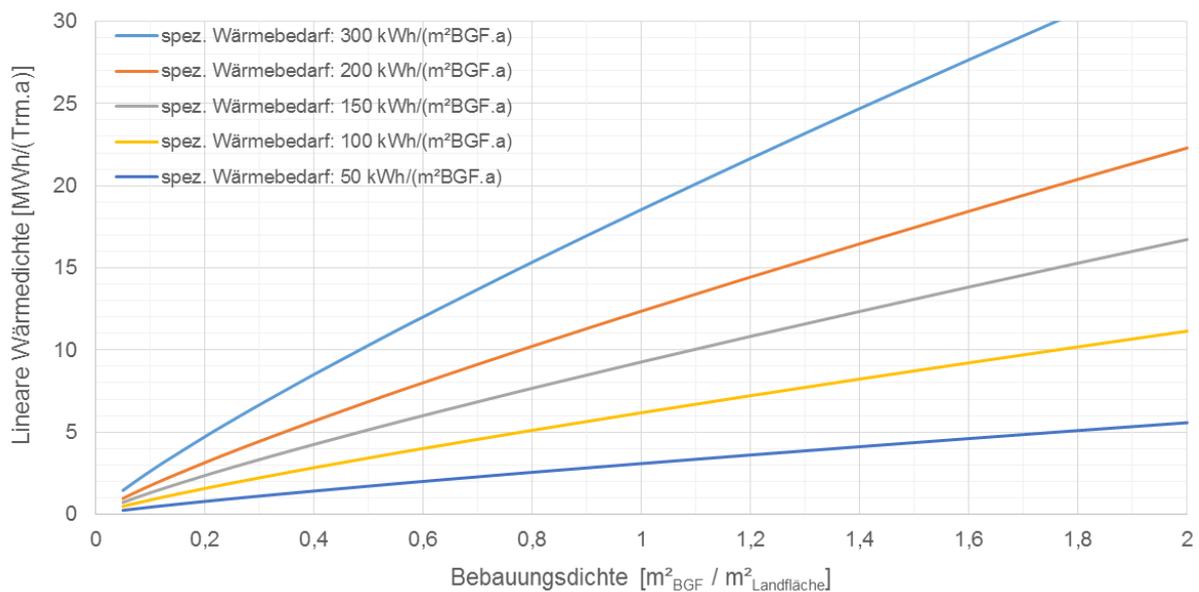


Abbildung 22: Lineare Wärmedichte von Wärmenetzen in Abhängigkeit von der Bebauungsdichte und des spezifischen Wärmebedarfs je beheizter Bruttogeschossfläche (Quelle: adaptiert nach [7], [13])

2.4.4 Ermittlung des Rohrdurchmessers

Der neuartige Ansatz von Persson und Werner gegenüber anderen Arbeiten ist, dass die durchschnittlichen Rohrdurchmesser nicht aufgrund der tatsächlichen Größe des Wärmenetzes, sondern auf die Bebauungsdichte und den spezifischen Wärmebedarf bezogen wurde. Mithilfe von Abbildung 23 kann der durchschnittliche Rohrdurchmesser eines Wärmenetzes anhand der linearen Wärmedichte abgeschätzt werden. Die angegebene empirisch ermittelte Formel nach [13] berücksichtigt, dass in Gebieten mit höherer Bebauungsdichte im Durchschnitt größere Wärmenetze mit größeren durchschnittlichen Rohrdurchmessern gebaut werden. Anhand der angegebenen Funktion ist bei einer linearen Wärmedichte von 6 MWh/Trm mit einem durchschnittlichen Rohrdurchmesser von DN 150 zu rechnen.

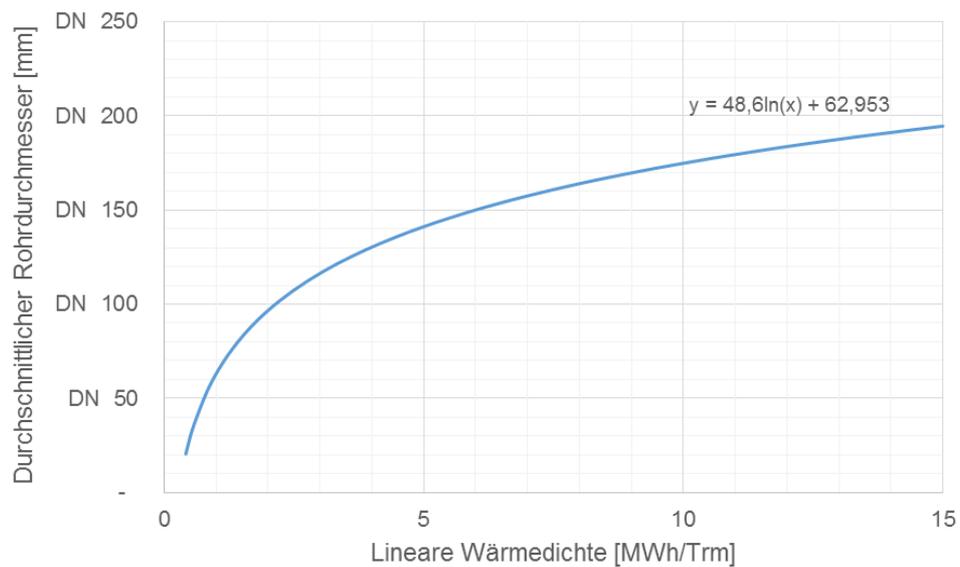


Abbildung 23: Durchschnittliche Rohrdurchmesser von Wärmenetzen in Abhängigkeit von der linearen Wärmedichte (Quelle: adaptiert nach [7], [13])

Unter Berücksichtigung des Zusammenhangs von Bebauungsdichte sowie Trassenlänge pro versorgter Landfläche, lassen sich die durchschnittlichen Rohrdurchmesser bezogen auf die Bebauungsdichte für verschiedene spezifische Wärmebedarfe anhand von Abbildung 24 (entspricht einer Kombination der vorherigen drei Abbildungen) abschätzen. Bei einem angenommenen spezifischen Wärmebedarf von $150 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a})$ ergibt sich der benötigte durchschnittliche Rohrdurchmesser für eine Streusiedlung (Bebauungsdichte 0,1) mit DN 75 sowie für ein kleinstädtisches Netz (Bebauungsdichte 0,4) mit DN 135.

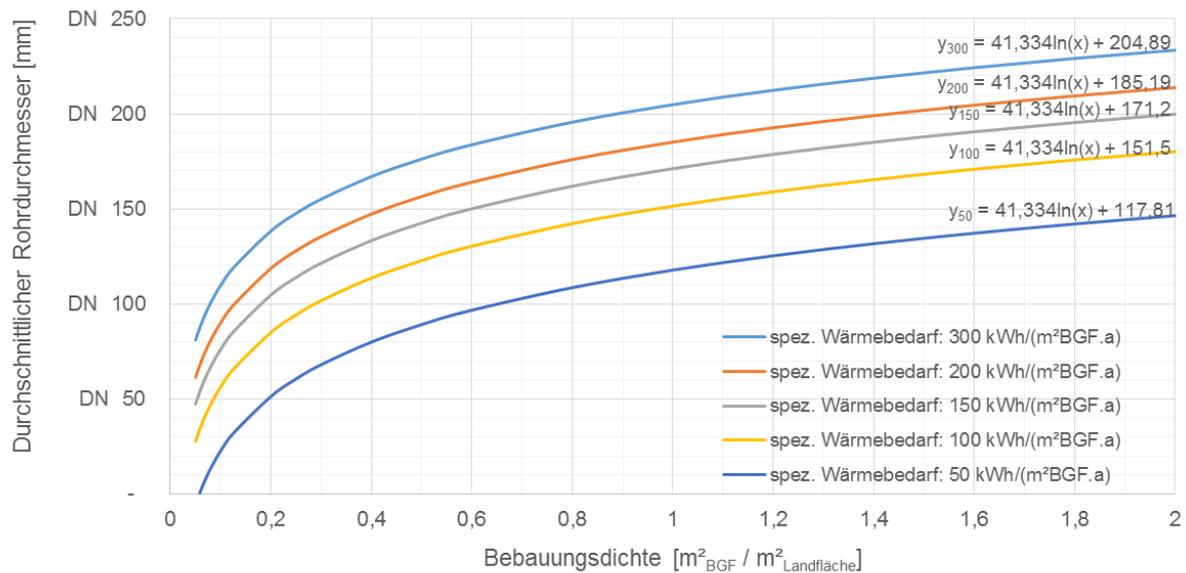


Abbildung 24: Durchschnittliche Rohrdurchmesser von Wärmenetzen in Abhängigkeit von der Bebauungsdichte und des spezifischen Wärmebedarfs je beheizter Bruttogeschossfläche (Quelle: adaptiert nach [7], [13])

2.4.5 Abschätzung der Wärmekapazität

Mithilfe der Abbildung 25 kann die maximale Wärmekapazität eines Netzes anhand verschiedener Rohrdimensionen abgeschätzt werden. Beispielsweise resultiert für ein Fernwärmenetz, mit einem durchschnittlichen Rohrdurchmesser von DN 150, eine theoretische Wärmekapazität von etwa 20 kWh/(km.K). Die Kennlinie kann als Grundlage für eine erste Abschätzung dienen, welche Kapazitäten an erneuerbaren Energien (z.B. Fläche an Solarthermie) in ein Wärmenetz integriert werden können. Dies gilt auch für die Abschätzung, inwieweit ein Netz einen Beitrag als Speicher (z.B. Überwärmen des Netzes um Spitzenlasten auszugleichen) liefern könnte.

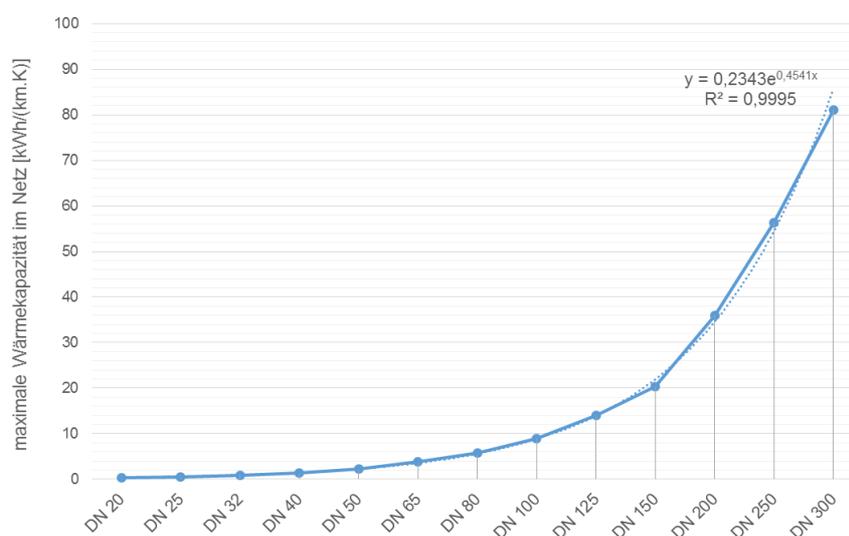


Abbildung 25: Wärmekapazität im Netz anhand verschiedener DN-Rohrdimensionen [15]

2.4.6 Abschätzung der Investitionskosten

In [13] wurde ebenso ein Ansatz untersucht, die Investitionskosten pro Trassenlänge, basierend auf den drei definierten Klassen der Bebauungsdichte, zu erheben. Hierbei sind übliche Leitungstypen, Wärmenetzleistungen und Bodenoberflächenbeschaffenheit miteinbezogen. Der untersuchte Ansatz besagt, dass die Investitionskosten von zwei Größen abhängen. Diese setzen über Fixkosten (C_1) und dem Durchmesser direkt proportionale Kosten (C_2) pro Trassenlänge zusammen. In Tabelle 2 sind die Faktoren für die Zusammensetzung der Investitionskosten pro Trassenlänge und in Abbildung 26 die Kostenfunktionen basierend auf verschiedenen DN-Durchmessern für die drei klassifizierte Bebauungsdichten angeführt.

Tabelle 2: Charakterisierung der Investitionskosten pro Trassenlänge [13]

Klassifizierung	Bebauungsdichte	C_1 [€/m]	C_2 [€/m ²]
Streusiedlung	$0 \leq e < 0,3$	151	1.378
Kleinstädtisch	$0,3 \leq e < 0,5$	214	1.725
Städtisch	$e \geq 0,5$	286	2.022

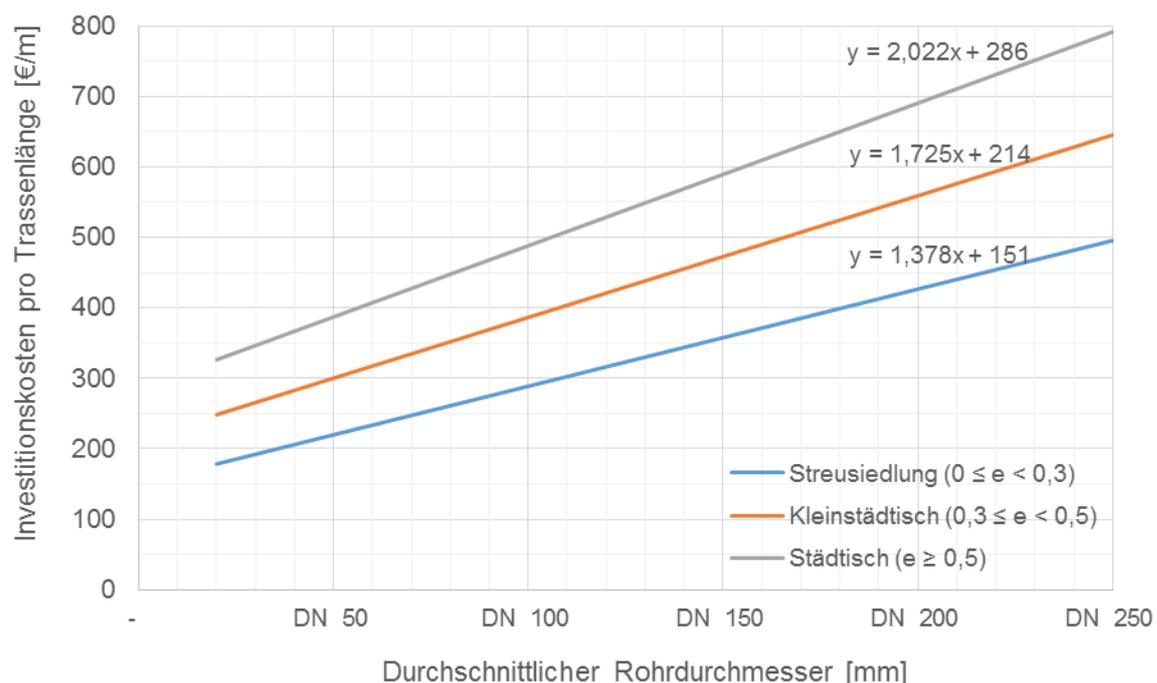


Abbildung 26: Investitionskosten pro Trassenlänge in Abhängigkeit von durchschnittlichen Rohrdurchmessern für die drei eingeteilten Klassen der Bebauungsdichte [13]

2.4.7 Ermittlung der Solltemperaturen eines Wärmeabgabesystems

In [7] wurden Ausgleichskurven für die Abschätzung der Solltemperaturen von Vor- und Rücklauf eines Heizungssystems, basierend auf dem spezifischen Heizwärmebedarf (HWB) eines Gebäudes, ermittelt. Dabei wurden Radiatoren als Wärmeabgabesystem definiert.

Diese sind vor allem bei Gebäuden mit hohen spezifischen Wärmebedarfen das richtige Wärmeabgabesystem. Die Berücksichtigung von Fußbodenheizungen für Gebäude mit niedrigeren Solltemperaturen erfolgte in dem Modell durch Anpassung des Radiortyps (Anpassung der Parameter wie Radiatorexponent und Wärmekapazität des Wärmeabgabesystems).

Bei älteren Gebäuden mit einem hohen Heizwärmebedarf liegen die Vorlauf Solltemperaturen zwischen 70 – 90 °C und die Rücklauftemperaturen bei ca. 50 – 70 °C. Gebäude mit niedrigem bzw. mittlerem Heizwärmebedarf können ebenfalls mit Radiatoren bei Systemtemperaturen von 45 / 30 °C betrieben werden. In Neubauten (Passivhaus- bzw. Niedrigenergiestandard) können die Systemtemperaturen mithilfe von Flächenheizungen auf ca. 32 / 28 °C weiter reduziert werden [7].

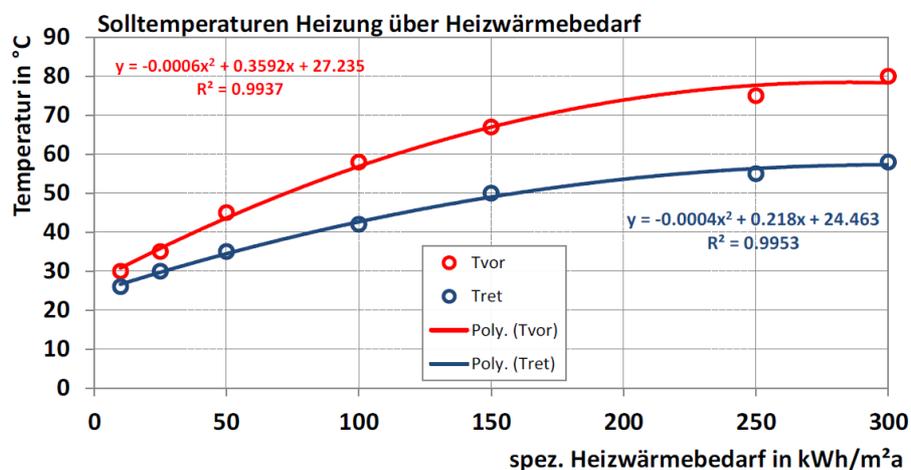


Abbildung 27: Abschätzung der Heizung-Solltemperaturen anhand des spezifischen Heizwärmebedarfes eines Gebäudes [7]

2.5 Aufbau einer Datenbank zu österreichischen Wärmenetzen

Um detailliertere Aussagen über österreichische Wärmenetze samt allgemeingültiger Kennzahlen ableiten zu können, erfolgte eine weitergehende Recherche zu der Struktur von Nah- und Fernwärmenetzen in Österreich. Die in diesem Kapitel vorgestellten Auswertungen und entwickelten Kennzahlen sind als Zusatzinformationen zu den Informationen aus Kapitel 2.3 zu verstehen. Aufgrund dieser Daten wurden weitere Analysen und Auswertungen im Zuge des Projektes durchgeführt bzw. geben diese Daten auch einen weiteren Einblick über Charakteristika österreichischer Wärmenetze.

Da es keine österreichweite Datenbank¹ gibt, in der sämtliche Wärmenetze (städtische- bis Mikronetze) erfasst sind und abgerufen werden können, mussten Daten aus verschiedenen

¹ Gründe dafür sind unter anderem, dass es keinen österreichweiten gemeinsamen Dachverband für sämtliche Netze (kleinste bis städtisch) inklusiver systematischer statistischer Evaluierung gibt. Zum Beispiel sind im Fachverband der Gas- und Wärmeverorgungsunternehmen (FGW) viele kleinere Biomasse-basierte Nahwärmenetze nicht berücksichtigt. Ebenso sind die großen städtischen Wärmenetze nicht in der qm heizwerke-Datenbank erfasst, da diese zumeist nicht hauptsächlich Biomasse

Quellen recherchiert werden. Grundlage für die Recherche bildeten Literaturangaben, Informations- und Referenzfolder sowie Interviews mit Ansprechpartnern von verschiedenen Wärmenetzen. Insgesamt konnten für die Datenbank Informationen von rund 150 Wärmenetzen in Österreich gesammelt werden. Die Bandbreite reicht von großen städtischen bis hin zu kleinen ländlichen Mikrowärmenetzen. Zu den einzelnen Wärmenetzen wurden Daten zu den jeweiligen Erzeugungseinheiten (Energimengen, Leistungen, ...), dem Netz (Länge, Temperaturniveaus) selbst, sowie zu vorhandenen thermischen Speichern eingeholt. Mithilfe dieser Informationen erfolgte der Versuch, die Wärmenetze in drei Kategorien einzuteilen und deren typischen Charakteristika zu beschreiben. Die Einteilung der Kategorien geschah anhand der jährlichen Wärmeproduktion der einzelnen Wärmenetze mit folgenden Grenzwerten:

- Urban (Wärmeproduktion: > 75.000 MWh/a)
- Sub Urban (Wärmeproduktion: > 10.000 und ≤ 75.000 MWh/a)
- Rural (Wärmeproduktion: ≤ 10.000 MWh/a).

Die Kategorie „Urban“ soll mit sechs erfassten Datensätzen repräsentativ für städtische Wärmenetze mit einer Wärmeproduktion größer als 75 GWh/a stehen. Für die Kategorie „Sub Urban“ konnten Daten von zehn Wärmenetzen gesammelt werden. Ländliche Wärmenetze werden durch die Kategorie „Rural“ repräsentiert, für die mehr als 130 Datensätze gesammelt wurden. Eine Vielzahl der Wärmenetze aus den Kategorien „Sub Urban“ und „Rural“ ist ebenso im Qualitätsmanagementprogramm „qm heizwerke“ vertreten. Die beiden genannten Kategorien repräsentieren (geschätzt) zusammen mehr als 2.000 Wärmenetze in Österreich. Die Charakterisierung der österreichischen Wärmenetzstruktur ist in Tabelle 3, auf Basis der gesammelten Daten, zusammengefasst. Da in den Kategorien „Rural“ auch einige Mikrowärmenetze vertreten sind, wurde für die Erstellung der „Charakteristika-Matrix“ nach Netzen gefiltert, die eine Netzlänge von mindestens 1 km aufweisen (Das bedeutet, dass Wärmenetze unter 1 km Netzlänge nicht in Tabelle 3 berücksichtigt werden). Als Einteilungskriterium wurde, wie zuvor beschrieben, die jährliche Produktion an Wärmeenergie gewählt. Anhand dieses Kriteriums konnte nach stichprobenartiger Überprüfung der Einwohnerzahl der entsprechend verorteten Wärmenetze eine (grobe) Korrelation gefunden werden. Demnach können den als „Urban“ klassifizierten Wärmenetzen, Orte mit mehr als 10.000 Einwohner² zugeordnet werden. In den ländlichen („Rural“) Wärmenetzen befinden sich hauptsächlich Ortschaften mit weniger als 1.000 Einwohner. Die Einwohnerzahl der untersuchten Wärmenetze aus der Kategorie „Sub Urban“ liegt zwischen 1.000 und 10.000.

als Brennstoff benutzen. Andererseits sind teilweise auch kleinste Biomasse basierte Nahwärmenetze nicht Mitglied im besagten Qualitätsmanagementprogramm. Diese Umstände erschweren die Analyse, da auf verschiedene Datenquellen zurückgegriffen werden muss, und deren Datenangaben nicht einheitlich standardisiert sind.

² Hinweis: Laut dem Österreichischen Städtebund lebt 44,5 % der Bevölkerung Österreichs in einer der 74 österreichischen Städte mit 10.000 Einwohnern und mehr [39]. Das bedeutet, dass die Kategorie „Urban“ Spezifika von städtischen Wärmenetzen beschreibt, in denen fast die Hälfte der österreichischen Bevölkerung wohnt.

Tabelle 3: Allgemeine Charakteristika der österreichischen Wärmenetzstruktur anhand der Kategorien „Rural“, „Sub Urban“ und „Urban“

Allgemeine Kennzahlen	Rural	Sub Urban	Urban ⁽¹⁾	Quelle
Einteilungskriterium: Energieproduktion [MWh/a]	≤ 10.000	> 10.000 - ≤ 75.000	> 75.000	
Einwohner	≤ 1.000 EW	> 1.000 EW - ≤ 10.000 EW	> 10.000 EW	
Produktion [MWh/a]	972 - 9.639 ⁽²⁾	10.513 - 30.097	78.800 - 5.537.000	[16], [17]
Absatz [MWh/a]	788 – 8.000	8.848 - 25.000	65.000 - 5.134.000	[16], [17]
Netzverluste [%]	8 - 28 %	13 - 17 %	7 - 18 %	[16], [17]
Erzeugungsleistung ⁽³⁾ [MW _{th}]	0,35 - 4	2 - 9,67	47 - 2.828	[16], [17]
Anschlussleistung [MW _{th}]	0,6 - 5,8	4,2 - 23	53 – 2.308 ⁽⁴⁾	[16], [17]
Erzeugungs-/Anschlussleistung ⁽⁵⁾ [-]	0,33 - 0,8	0,26 - 0,71	0,5 - 0,9	[16], [17]
Anzahl Erzeugungseinheiten ⁽⁶⁾	1 - 4	1 - 4	2 - 15	[16], [17]
Netzlänge ⁽⁷⁾ [km]	1 - 11,5	3,4 - 25	34 - 986	[16], [17]
Wärmedichte ⁽⁸⁾ [kWh/(Trm*a)]	425 - 2.082	922 - 1.710	1.048 - 5.207	[16], [17]
Netzbelegung ⁽⁹⁾ [kW/Trm]	0,3 – 1,0	0,4 - 1,3	0,9 - 4,5	[16], [17]
Abnehmer ⁽¹⁰⁾ [-]	5 - 210	23 - 381	4.610 - 238.800	[16], [17]
Anschlussgrad ⁽¹¹⁾ [%]	37 - 60 %	k.A.	25 - 40 %	[16], [17]
VL _{Winter} [°C]	84 - 95	94 - 99	95 - 150	[16], [17]
RL _{Winter} [°C]	45 - 50	49 - 55	57 - 65	[16], [17]
Ø Spreizung _{Winter} [K]	42	45	62	
VL _{Sommer} [°C]	70 - 85	70 - 80	70 - 95	[16], [17]
RL _{Sommer} [°C]	50 - 58	55 - 60	60 - 75	[16], [17]
Ø Spreizung _{Sommer} [K]	24	18	15	
Strom / Wärme ⁽¹²⁾ [%]	1 - 2,6 %	0,9 - 2,5 %	0,6 - 1,7 %	[16], [17]
Thermischer Speicher [m ³]	8 - 50	62 - 320	400 - 34.500	[16], [17]
Solaranlage [m ²]	115 - 2.450	191 - 772	480 - 10.000	[16], [17]
Spezifische Betrachtungen	Rural	Sub Urban	Urban ⁽¹⁾	
Solarthermie Fläche / Wärmeproduktion [m ² /(kWh*a)]	39 - 270	18 - 51	6 - 18	Eigene Berechnungen
spez. Wärmeverbrauch / Abnehmer ⁽¹³⁾ [MWh/a]	18 - 127	55 - 106	14 - 25	
spez. Speichergröße / Wärmeproduktion [l/(MWh/a)]	4 - 24	5 - 11	2 - 56	
spez. Speichergröße / Erzeugerleistung [l/kW]	8 - 66	19 - 38	4 - 138	
Ausfallsreserve (fossil) / Wärmeproduktion ⁽¹⁴⁾ [%]	0,5 - 1,0 %	0,8 %	- ⁽¹⁵⁾	
Ausfallsreserve (fossil) / Erzeugerleistung ⁽¹⁶⁾ [%]	60 - 130 %	75 - 110 %	- ⁽¹⁵⁾	

Abwärme / Wärmeproduktion ⁽¹⁷⁾ [%]	-	-	8 - 17 %
RG-Kondensation / Biomasseleistung ⁽¹⁸⁾ [%]	11 - 13 %	11 - 20 %	k.A.
WP / Erzeugerleistung ⁽¹⁹⁾ [%]	-	13 - 14 %	k.A.

(1) Die oberen Grenzwerte werden hauptsächlich durch das Wiener Fernwärmenetz bestimmt. Hier ist festzuhalten, dass es sich um Daten einer Studie des Umweltbundesamtes aus dem Jahr 2009 handelt und die Daten daher nicht aktuell sind. Vor allem die Werte für Produktion, Absatz, Abnehmer, usw. für das Wiener Fernwärmenetz haben sich nach oben hin geändert. Da jedoch keine aktuellen und vollständigen Datensätze für städtische Wärmenetze recherchiert werden konnten, wurde auf diese Studie zurückgegriffen. Vereinzelt wurden Daten bei Stakeholdern auf Plausibilität nachgefragt und abgeprüft.

(2) Anzumerken ist hierbei, dass sich in den erhobenen Daten auch einige Anlagen befinden, in denen auch weitaus weniger Wärme produziert (niedrigster Wert liegt bei 22 GWh/a) wird. Dabei handelt es sich vorwiegend um Wärmenetze mit Netzlängen unter 1 km, welche in der Auswertung als Mikronetze gehandhabt und für die Auswertung nicht weiter betrachtet werden.

(3) Bei den Kategorien „Rural“ und „Sub Urban“ werden die zusätzlich vorhandenen Leistungen von Ausfalls- und Reservekesseln, welche mit fossilen Brennstoffen betrieben werden, nicht berücksichtigt. Dies ist damit zu begründen, dass in diesen beiden Kategorien hauptsächlich Biomassekessel verwendet werden bzw. deren Einsatz auch Voraussetzung zur Erlangung von Förderungen ist.

(4) In der Studie des Umweltbundesamtes wird keine Anschlussleistung für das Wiener Fernwärmenetz genannt. Die angeführte Höchstlast (trat am 24.01.2006 auf) wurde aus einer Präsentation über das Wiener Fernwärmenetz entnommen.

(5) Zu beachten ist, dass die hier angeführte Kennzahl „Erzeugungs-/Anschlussleistung“ sich nicht 1:1 über die angeführten Leistungen (Erzeugung pro Anschluss) nachbilden lässt, da sich die minimalen und maximalen Angaben von Erzeugung zu Anschluss nicht direkt zuordnen lassen.

(6) Zu den Erzeugungseinheiten zählen auch Solarthermie Anlagen, Wärmepumpen und Abwärmenutzung sowie in den Kategorien „Rural“ und „Sub Urban“ auch die Anzahl der Ausfalls- und Reserveerzeuger.

(7) Netzlänge $\hat{=}$ Trassenlänge

(8) Wärmedichte $\hat{=}$ Summe des Nutzenergiebedarfs der Wärmeabnehmer dividiert durch die Trassenlänge (Definition lt. [18])

(9) Netzdichte $\hat{=}$ Summe der Anschlussleistungen dividiert durch die Trassenlänge

(10) Abnehmer $\hat{=}$ Kunden mit denen ein Liefervertrag besteht

(11) Der Anschlussgrad wurde von den Betreibern eingeschätzt. Es konnte keine einheitliche Aussage getroffen werden, da die Einschätzung zum einen auf die Wärmemenge (versorgte Wärme pro geschätztem Gesamtwärmebedarf) bzw. zum anderen auf den Anschlussgrad der Objekte (Objekte die versorgt werden bezogen auf alle Objekte) basierte. D.h. können keine allgemeingültigen Schlüsse gezogen werden (siehe auch nachfolgende Beschreibung zu „Anschlussgrad“).

(12) Der Strombedarf der Anlagen pro produzierter thermischer Energie [kWh_{el}/MWh_{th}] wurde pro Anlage erfasst und das Verhältnis Strom zu Wärme prozentuell berechnet. Anzumerken ist, dass die Angaben in der Kategorie „Urban“ lediglich den reinen Pumpstromaufwand berücksichtigen. Hingegen wurde seitens der Wärmenetzbetreiber der Kategorien „Rural“ und „Sub Urban“ der Gesamtstromverbrauch der Anlagen angegeben.

(13) Berechnet über Gesamtabsatzmenge pro Abnehmeranzahl

(14) Die angeführte Kennzahl hat nur für Biomasseanlagen mit fossilen Ausfallsreserven Gültigkeit. Die Berechnung der Kennzahl erfolgt über die fossil erzeugte Wärme pro Gesamtwärmeproduktion aller Erzeugungsanlagen.

(15) Für die Kategorie „Urban“ werden keine spezifischen Kennzahlen berechnet. Dies erfolgt ausschließlich für die beiden anderen Kategorien, da abgeschätzt werden soll welchen Beitrag fossil betriebene Ausfallskessel bei Biomasseanlagen leisten.

(16) Die angeführte Kennzahl hat nur für Biomasseanlagen mit fossilen Ausfallsreserven Gültigkeit. Die Berechnung der Kennzahl erfolgt über die fossil installierte Erzeugungsleistung pro Gesamtleistung aller erneuerbaren Erzeugungseinheiten (d.h. nicht fossil)

(17) Berechnet über Beitrag der Abwärme an der Gesamtwärmeproduktion

(18) Berechnet über thermische Leistung der Rauchgaskondensation pro reiner Biomassekessel (d.h. diejenige Leistung, die der Kessel ohne Rauchgaskondensationsnutzung erbringt). Diese Kennzahl hat nur Gültigkeit für Biomassekessel mit einer Rauchgaskondensationsanlage. Nicht Berücksichtigt werden fossile Kessel mit Rauchgaskondensationsanlage.

(19) Berechnet über installierte thermische Leistung der Wärmepumpe pro installierter Gesamtleistung (ohne Ausfallsreserve)

2.5.1 Datenbankauswertung

Netzverluste

Mithilfe der Wärmemengen aus Produktion und Absatz wurden die Netzverluste berechnet. In Tabelle 3 ist zu erkennen, dass die Netzverluste bei der Kategorie „Rural“ die höchste Bandbreite aufweisen. Die Verluste in dieser Klassifizierung sind hier höher als in den anderen beiden, da oftmals einzelne Verbraucher weiter entfernt liegen und die Übertragungsverluste somit auch zunehmen. Zudem besteht bei diesen Netzen oft auch Optimierungsbedarf – sowohl bei der Erzeugung als auch bei der Verteilung.

Erzeugungs- und Anschlussleistungen

In der Datenerhebung wurden ebenso die Erzeugungsleistungen sowie die Anschlussleistungen der Abnehmer erfasst. Je nach untersuchtem Netz, beträgt die Anschlussleistung bis zu dem vierfachen der Erzeugungsleistung. Dieses Verhältnis wird durch die errechnete Kennzahl beschrieben. Jedoch sind die berechneten Kennzahlen für die Kategorien „Rural“ und „Sub Urban“ unter 0,5 [-] als kritisch zu hinterfragen. Vor allem Betreiber von ländlichen Wärmenetzen gaben an, dass die installierten Erzeugungsleistungen ($\hat{=}$ Kesselleistungen), bezogen auf die tatsächliche Wärmelast, oftmals überdimensioniert sind (dies zeigt auch eine Auswertung der qm heizwerk-Datenbank aus dem Jahr 2012 [19]). Hauptgrund dafür ist, dass die tatsächlich benötigten Anschlussleistungen der zu versorgenden Objekte, vor allem bei Einfamilienhäusern, nicht bekannt sind und diese rechnerisch ermittelt (Heizlastberechnung) werden. Durch Berücksichtigung von Sicherheitsfaktoren in der Berechnung, wie z.B. Aufheizfaktor, resultieren höhere Anschlussleistungen als tatsächlich benötigt. So berichten einzelne Betreiber, dass die tatsächlich benötigte Wärmeleistung von einzelnen Haushalten teilweise bei einem Drittel von der ursprünglich berechneten und benötigten Anschlussleistung liegt. Die falsche Einschätzung der tatsächlichen Wärmelast im Betrieb erschwert die Kesselauslegung und sorgt für zusätzliche Hürden für einen optimalen und wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen.

Erzeugungseinheiten

Laut den erhobenen Daten sind statistisch gesehen in der Kategorie „Rural“ eher 2, in der Kategorie „Sub Urban“ eher 3, sowie in der Kategorie „Urban“ eher 6 Erzeugungseinheiten zu erwarten. Einzelne Ausnahmen mit nur einer Erzeugungseinheit gibt es bei den beiden erstgenannten Kategorien. Hier wird vereinzelt bewusst versucht, auf einen Ausfalls- / Reservekessel zu verzichten. Bei diesen Ausnahmen werden teilweise Kompromisse (Ausfallsrisiko, Wirkungsgradeinbußen, höherer Teillastanteil, ...) eingegangen und Spitzenlasten mithilfe von (Puffer-) Speichern gedeckt.

In den kleineren Wärmenetzen, werden meist zwei Biomassekessel verwendet. Ein kleinerer Kessel zur Deckung der Sommerlast (Warmwasseraufbereitung) und ein größerer, die zusammen die benötigte Wärmeenergie erzeugen. Entsprechende Wärmespeicher vervollständigen das Versorgungskonzept. Erzeuger und Speicher sind so dimensioniert, dass das komplette Lastband (Grund- bis zur Spitzenlast) gedeckt werden kann. Bei der Dimensionierung wird vermehrt darauf geachtet, dass keine fossilen Erzeuger zur Spitzenlastdeckung benötigt werden. Bei den untersuchten Anlagen liegt die durchschnittliche Leistung des kleineren (Sommer-) Kessels bei ca. 15 – 35 % des größeren (Haupt-) Kessels.

Wärmebelegung

Die Wärmebelegung (verkaufte Wärmemenge pro Trassenlänge) ist bei städtischen höher als bei ländlichen Wärmenetzen. Dies ist auf die tendenziell höhere Abnehmerdichte zurückzuführen. Die spezifisch geringere Verteilungslänge wirkt sich zudem auch positiv auf die Netzverluste aus. Von den erhobenen Wärmenetzen erreichen diejenigen mit dichter Besiedelung, die von qm heizwerke empfohlene Wärmedichte von 1.200 kWh/(Trm*a). In den größeren Städten wird der Wert sogar weit übertroffen. Hingegen liegen vor allem ländliche Wärmenetze unter der Empfehlung. Ein ähnliches Bild lieferte eine von qm heizwerke durchgeführte Untersuchung basierend auf Betriebswerten von Nahwärmanlagen. Demzufolge ist ein deutlich erkennbarer Zusammenhang zwischen der Wärmedichte und dem Netzverlust erkennbar. Wobei eine breite Streuung der Wärmedichte nicht zwingend auf das (falsche) Ergebnis von Konzeption, Netz-Betriebsweise oder Rohrdämmung zurückzuführen ist. Vielmehr spiegelt es die unterschiedliche Abnehmerstruktur wider. Das bedeutet, dass kompakt dimensionierte Wärmenetze (kurze Leitungslängen, Großabnehmer) einen klaren Vorteil gegenüber Nahwärmeversorgungsanlagen, die überwiegend Einfamilienhäuser versorgen, besitzen [19]. Um tiefergehende Aussagen tätigen zu können, wären Analysen der Verbraucherstruktur jedes einzelnen Wärmenetzes notwendig. Für die Erhebung solcher Daten wäre erheblicher Mehraufwand notwendig. Zumal auch einige Betreiberangaben, dass solche Daten nicht immer vorliegen und erst aufgenommen als auch aufbereitet werden müssten. Aus diesem Umstand heraus konnte im Zuge der Erhebung keine Verbraucherstrukturanalyse durchgeführt werden.

Netzbelegung

Die Netzbelegung liefert ein ähnliches Bild zur Wärmedichte. Diese ist naturgemäß höher bei dicht besiedelten Gebieten. Allerdings weisen in der Kategorie „Rural“ vier Wärmenetze höhere Netzbelegungen gegenüber Anlagen der Kategorie „Sub Urban“ aus. Die Netzbelegungen der vier „Ausreißer“ reichen von 1,4 – 3,1 kW/Trm und werden nicht in der Tabelle 3 angeführt. Der Grund dafür ist, dass es sich bei diesen vier Wärmenetzen um besondere Anlagenkonfigurationen handelt (daher sind sie nicht zwingend repräsentativ für andere), deren Leitungslänge unter 2 km liegen und mit dem vorwiegenden Zweck zur Versorgung zumindest eines Betriebes/Großverbrauchers.

Abnehmer

Die Anzahl der Abnehmer liegt für die Kategorien „Rural“ und „Sub Urban“ bei einigen wenigen bis hin zu einigen hunderten. Die Abnehmeranzahl für die Kategorie „Urban“ beginnt ab einigen tausenden und reicht bis hin zu ca. 300.000 (lt. aktuellen Daten versorgt die Wien Energie bereits mehr als 350.000 Wohnungen – rund ein Drittel aller Wiener Haushalte – und mehr als 6.800 Großkunden in Wien mit Fernwärme [11]. Abweichende Angaben gegenüber Tabelle 3 sind durch den verstärkten Ausbau und Netzverdichtung in den letzten Jahren zu erklären.).

Anschlussgrad

Über den Anschlussgrad können keine allgemeingültigen Schlussfolgerungen gezogen werden, da keine einheitliche Einschätzung (unterschiedliche Bewertungsgrundlage bezogen auf Wärmeenergie bzw. der versorgten Objekte; siehe auch Beschreibung in Tabelle 3) der interviewten Betreiber getätigt werden konnte. Die Werte der Kategorie „Rural“ werden trotzdem angeführt, um Größenordnungen anzugeben. Da für die Kategorie „Sub Urban“ nur eine Einschätzung von einem Betreiber genannt werden konnte und dieser somit nicht repräsentativ ist, wird auf eine Wertangabe verzichtet. Die Angaben zu der Kategorie „Urban“ stammen aus der Studie „Optimierung und Ausbaumöglichkeiten von Fernwärmesystemen“ des Umweltbundesamtes und können als belastbar betrachtet werden [16].

Nach Auskunft von Wärmenetzbetreibern der Kategorien „Rural“ und „Sub Urban“ wird der Anschlussgrad der „anschlussfähigen“ Objekte (d.h. der Objekte die an der bereits bestehenden Trasse liegen und keine weiterer Ausbau notwendig wäre) zwischen 70 – 90 % angesehen. Viele dieser Betreiber führten auch an, dass momentan eher die Netzverdichtung (sprich Anschluss der anschlussfähigen Objekte) gegenüber dem Netzausbau (Verlängerung der Trassen bzw. Ausbau und Anschluss neuer Gebiete) Priorität hat.

Vor- und Rücklauftemperaturen

Die Temperaturniveaus sind in größeren Wärmenetzen tendenziell höher als in kleinen. Zum einen ist dies auf bestimmte Mindesttemperaturanforderungen, speziell bei Betrieben, geschuldet. Zum anderen werden zur Verdichtung und Ausbau der Wärmenetze höhere Vorlauftemperaturen (bei Einschränkung durch den Massenstrom) gewählt, um die Spreizung und somit die zu übertragende Wärmeleistung zu erhöhen. Im Winterbetrieb werden die Vorlauftemperaturen gleitend, basierend auf der Außentemperatur, betrieben. Im Sommer werden die Vorlauftemperaturen konstant bei geringstmöglichem Temperaturniveau betrieben. In keinem der erhobenen Wärmenetze wird eine Vorlauftemperatur im Sommerbetrieb unter 70 °C erreicht. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass für die Warmwasseraufbereitung eine Mindesttemperatur von 60 °C aufrechterhalten werden muss um das Risiko einer Legionellen Kontaminierung zu vermeiden. Bedingt durch die Warmwasseraufbereitung, sind die Rücklauftemperaturen in den Wärmenetzen im Sommerbetrieb im Schnitt um 5 – 10 Kelvin höher als im Winterbetrieb.

Zu erkennen ist, dass sich die mittlere Temperaturspreizung (VL-RL) von Winter- auf Sommerbetrieb reduziert. Bei der Kategorie „Urban“ reduziert sich die Spreizung um bis zu 75 %. In der Kategorie „Rural“ werden generell niedrigere Rücklauftemperaturen erreicht. Im Winterbetrieb erreichen manche Anlagen sogar 40 °C. Bei diesen Anlagen eignet sich die Nutzung von Rauchgaskondensation. Dies wird in den letzten Jahren auch verstärkt angewendet um bessere Anlagenwirkungsgrade zu erzielen. Auf der anderen Seite gibt es in dieser Kategorie vereinzelt Wärmenetze die im Sommer Betriebe mit speziellen Anforderungen (z.B. Hygiene) versorgen. Durch vertraglich zugesicherte Mindesttemperaturen kann es vereinzelt im Sommer zu Rücklauftemperaturen bis zu 70 °C kommen. Da diese Anlagen aber Ausnahmen darstellen, wurden sie nicht in Tabelle 3 berücksichtigt.

Stromverbrauch

Der Stromverbrauch der angeführten Wärmenetze liegt bei den meisten zwischen 1 – 2 % pro produzierter Wärmeenergie. Diese Angaben decken sich mit den Richt-/Erfahrungswerten von qm heizwerke, die den spezifischen Gesamtstromverbrauch (Erzeugung, Verteilung, ...) von untersuchten Anlagen mit 15 – 20 kWh_{el}/MWh_{th} beziffern.

Zu erkennen ist, dass die Werte der Kategorie „Urban“ niedriger sind gegenüber „Rural“ und „Sub Urban“. Dies liegt daran, dass sich die Stromverbräuche aus der Studie des Umweltbundesamtes lediglich auf den Pumpstromverbrauch beziehen. Hingegen gaben die Betreiber der letztbeiden genannten Kategorien den Gesamtstromverbrauch der Anlagen an, da der eigentliche Pumpstrombedarf oftmals nicht explizit erfasst wird. Zu erkennen ist weiteres, dass der spezifische Stromverbrauch der beiden Kategorien eine ähnliche Bandbreite aufweist. Das bedeutet, dass keine allgemeingültigen Aussagen über unterschiedliche Gütegrade, betreffend des spezifischen Stromverbrauches, von Anlagen zwischen Kategorien „Rural“ und „Sub Urban“ getätigt werden können. Laut Betreibern hängt der spezifische Stromverbrauch maßgeblich von der Art der Rauchgasreinigung ab. Während „gute“ Anlagen ohne E-Filter einen spezifischen Stromverbrauch von 1 % haben, erhöht sich dieser Aufwand bei Einsatz von E-Filtern um nochmals einen Prozentpunkt (\cong 2 % spez. Gesamtstromverbrauch pro produzierter Wärmemenge).

Hinweis: Die Verwendung von Filteranlagen zur Reduzierung der Staub Emissionen wird durch die Feuerungsanlagenverordnung (FAV) vorgeschrieben. Je nach thermischer Nennleistung gelten unterschiedliche Grenzwerte (mehr dazu siehe [20]).

Speicher

Je größer die Wärmenetze sind, desto größer sind auch die thermischen Speicher, die für unterschiedlichste Aufgaben (siehe auch Deliverable 5.1) eingesetzt werden. Bei den untersuchten Wärmenetzen werden ausschließlich Tankspeicher verwendet, deren Größe von 8

bis über 30.000 m³ reicht³. Die nutzbare Temperaturdifferenz der Speicher beträgt zwischen 32 – 45 K. Lediglich mit dem Hochdruckwärmespeicher der Wien Energie kann ein höheres Delta von 67 K genutzt werden. Weiterführende Betrachtungen zu Speichergößen finden sich im Deliverable D5.1.

2.5.2 Spezifische Betrachtungen

Solarthermie

Von den untersuchten Wärmenetzen sind in 12 % Solarthermie Anlagen im Einsatz. Bezogen auf die jährliche Gesamtwärmeproduktion in den einzelnen Wärmenetzen, werden in den ländlichen Wärmenetzen mehr Solarkollektorflächen verwendet als in städtischen. Der geringere Einsatz von Solarthermie in Städten lässt sich durch Platzmangel von geeigneten (großen) Flächen zur Integration von Solarwärme erklären. Obwohl es in Städten auch einige Dachflächen mit hohem Solarthermie Potenzial gäbe, würden diese nur wenig, in Relation zum Gesamtwärmebedarf, beitragen. Zudem wird in Städten oftmals Abwärme genutzt, welche eine Konkurrenzsituation zur Solarthermie darstellt. Technische, wirtschaftliche und rechtliche Rahmenbedingungen stellen zusätzliche Hürden dar, welche die Attraktivität zur Einbindung von Solarthermie Anlagen für städtische Wärmenetzbetreiber reduzieren.

Wärmeverbrauch pro Abnehmer

Die Bandbreite des spezifischen Wärmeverbrauches pro Abnehmer ist in der Kategorie „Rural“ am höchsten. Dies lässt sich unter anderem dadurch erklären, dass in dieser Kategorie vermehrt Einfamilienhäuser die Abnehmerstruktur (d.h. viele Kleinverbraucher und kaum Großverbraucher) prägen. Diese haben tendenziell höhere Heizwärmeverbräuche (unter anderem aufgrund weniger kompakte Bauform bzw. höheres A/V-Verhältnis) gegenüber Geschosswohnbauten welche hauptsächlich in Städten vorkommen.

Speichergöße

Um allgemeine Aussagen über typische Speichergößen in den Wärmenetzen zu treffen, werden die Speichergößen der einzelnen Anlagen der Wärmeproduktionsmenge bzw. der Erzeugungsleistung gegenübergestellt. In Tabelle 3 bzw. in Abbildung 28 ist zu erkennen, dass die berechnete spezifische Speichergöße, sowohl auf die Wärmeproduktion als auch auf die Erzeugungsleistung, hohe Bandbreiten in allen drei Wärmenetzkategorien aufweist. Am stärksten ist diese jedoch für die Kategorie „Urban“. Während die unteren Wertangaben Ähnlichkeiten zu den Größenordnungen der beiden anderen Kategorien haben, fällt auf, dass die oberen Wertangaben um mehr als das Doppelte höher liegen. Ausschlaggebend für diese höheren spezifischen Speichergößen sind im Wesentlichen die beiden Wärmenetze Linz und Salzburg mit ihren Wärmespeichern von 34.500 bzw. 29.000 m³. Die spezifischen

³ An dieser Stelle ist anzumerken, dass Europas größter Fernwärmespeicher in Theiß (bei Krems) mit einem Volumen von 50.000 m³ in Tabelle 3 nicht berücksichtigt wird, da das zugehörige Wärmenetz in der Untersuchung nicht betrachtet wurde.

Speichergrößen liegen um einen Faktor 3 – 4 höher gegenüber der durchschnittlichen spezifischen Speichergröße der beiden anderen Kategorien. Ein Grund dafür ist, dass die Speicher zu einer längeren Deckung des Wärmebedarfes konzipiert sind. So können diese Speicher beispielsweise zur Deckung des Wochenendwärmebedarfs beitragen. Dadurch werden Freiheitsgrade geschaffen, die sich positiv auf Einsatzplanung und Betriebsweise des Kraftwerkparks (z.B. Stillstand der KWK-Anlagen an Wochenenden mit geringen Strompreisen) auswirken. Hingegen werden die meisten Speicher in den Kategorien „Rural“ und „Sub Urban“ hauptsächlich zur Deckung von Tagesspitzen ausgelegt. Da es sich in diesen Kategorien um zumeist reine Wärmeerzeuger handelt, und diese nicht unmittelbar an Strombörsen partizipieren, werden diese auch am Wochenende betrieben. Dadurch können die thermischen Speicher kleiner dimensioniert werden.

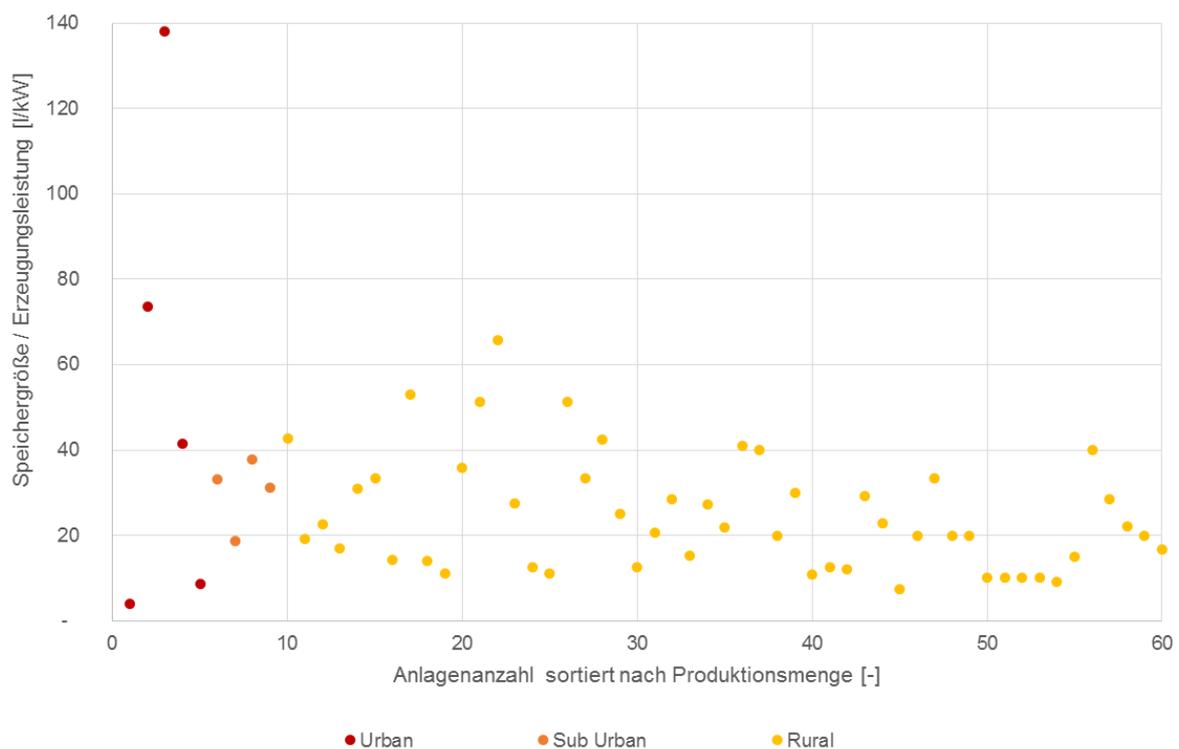


Abbildung 28: spezifische Speichergröße pro Erzeugungsleistung [l/kW] von untersuchten Anlagen sortiert nach der Produktionsmenge

Ebenso untersucht wurden mögliche Zusammenhänge zwischen Speichergröße und der Erzeugertypologie, insbesondere in Bezug auf Solarthermie und Biomasse. Dabei konnten keine Korrelationen identifiziert werden, dass bei zusätzlicher Verwendung von Solarthermie bzw. bei ausschließlich mit Biomasse (d.h. keine sonstigen Erzeuger wie z.B. Abwärme, Wärmepumpe, etc.) betriebenen Wärmenetzen, tendenziell größere/kleinere Speichergrößen verwendet werden im Vergleich zu Wärmenetzen mit gemischter Erzeugungsstruktur. Vielmehr sind die Speichergrößen auf die individuellen Anforderungen in den einzelnen Wärmenetzen ausgelegt und angepasst.

Laut Erfahrungsberichten von Wärmenetzbetreibern der Kategorie „Rural“ werden thermische Speicher in Zukunft eine stärkere Rolle spielen. So denken einige darüber nach, bestehende Ölkessel (vorwiegend Ausfallsreserven) durch zusätzliche thermische Speicher zu ersetzen. Dies gilt in erster Linie für Ölkessel, bei denen in naher Zukunft ein höherer Instandsetzungsaufwand (altersbedingt) zu erwarten ist. Außerdem führten manche Betreiber an, heutzutage auf größere Speicher, als beispielsweise noch vor 10 Jahren, zu setzen. Dies gilt vor allem für Anlagen mit „kleinen“ spezifischen Speichergrößen von rund 15 l/kW Erzeugungsleistung. Betreiber solcher Anlagen würden, nach aktuellem Wissenstand über die Betriebsführung, ihre Speicher auf die 3 bis 4 fache der bisherigen Größe dimensionieren. Vorteile durch großzügiger dimensionierter Speicher werden in kleineren Erzeugungseinheiten, sowie zur Optimierung der Betriebsweise (im Speziellen der Umgang mit Spitzenlasten) gesehen. Manche Wärmenetzbetreiber nutzen ihre bestehenden Pufferspeicher zur Netzverdichtung (entspricht Neuanschlüsse entlang der Trasse), da sie ohne den Pufferspeicher-Einsatz schon an ihre Ausbaugrenzen gestoßen wären.

Ausfallsreserve

In den untersuchten Wärmenetzen der Kategorie „Rural“ und „Sub Urban“ leisten die fossil betriebenen Ausfallsreservekessel einen maximalen Beitrag von 1 % an der gesamten Wärmeproduktion. Dieser niedrige Beitrag resultiert aus der Prämisse, dass die alternativen Energieerzeuger (vorwiegend Biomassekessel) oberste Priorität bei der Erzeugung haben. Ein Grund für diesen geringen Beitrag durch die fossilen Erzeuger ist, dass diese nur als reine Ausfallskessel vorgehalten werden und meist ebenso keine Deckung der Spitzenlast durch sie vorgesehen ist. Einige Betreiber geben an, bereits seit Jahren ohne konkreten Einsatzbedarf der Ausfallsreserven ausgekommen zu sein. Die angeführten niedrigen Beiträge an der Wärmeproduktion stammen vielmehr durch jährliche Funktionsüberprüfungen. Dazu werden sie für rund 5 bis maximal 10 Stunden in Betrieb genommen und auf Funktionstüchtigkeit getestet.

Die Leistungsgrößen der fossilen Ausfallsreserven liegen bei 60 bis etwa 130 % (zwei Anlagen der Kategorie „Rural“ weisen ein Verhältnis von fast 190 % auf) der alternativen Erzeugungsleistungen. Ein Grund für die teilweisen großzügigeren Leistungsreserven ist, dass ländliche Wärmenetzbetreiber bei der Umstellung auf leitungsgebundene Wärmeversorgung mitunter auch bestehende, dezentrale Infrastruktur übernehmen. Konkret bedeutet dies, dass bestehende Öl- bzw. Gaskessel von Betrieben bzw. öffentlichen Einrichtungen (Schulen etc.) vom Wärmenetzbetreiber übernommen werden, welche oftmals überdimensioniert sind. Selbst wenn diese Erzeugungseinheiten ursprünglich richtig dimensioniert wurden, können sie für die Wärmenetze selbst überdimensioniert sein, da in Netzen Gleichzeitigkeiten auftreten und diese bei Kesselauslegungen (d.h. die benötigten Leistungen reduzieren sich) berücksichtigt werden. Diese bleiben vor Ort bestehen und werden in das Wärmenetz hydraulisch eingebunden. Der Wärmenetzbetreiber ist zuständig für Wartung und Betrieb und

schaft durch die Übernahme der Verantwortung zusätzlichen Komfort für den vorherigen Besitzer. Zusätzlich wird die Versorgungssicherheit des gesamten Netzes erhöht.

Von den untersuchten Wärmenetzen der Kategorie „Rural“ und „Sub Urban“ haben 85 % Ölkessel und 15 % Gaskessel als Ausfallsreserve im Einsatz. Als Grund für den signifikant höheren Anteil an Ölkesseln werden Kostenvorteile bei der Brennstoffbeschaffung vermutet. Das bedeutet, dass Ölkessel lediglich einen Heizöltank zur Brennstoffbevorratung benötigen, hingegen die Gaskessel meist an das Erdgasnetz (alternativ dazu könnten Flüssiggastanks verwendet werden) angeschlossen sind. Aufgrund des geringen Beitrages der Ausfallsreserven an der Gesamtwärmeproduktion wirken sich die Kosten der Brennstoffbeschaffung besonders hoch aus. Insbesondere Fixkosten der Leitungsgebühren für Erdgas fallen dabei ins Gewicht. Da die spezifischen Kosten für Öl- und Gaskessel ähnlich sind, könnten die anteilmäßig hohen Leitungsgebühren ein Kriterium sein, wodurch vermehrt auf Ölkessel als Ausfallsreserven zurückgegriffen wird.

Abwärme

Die Nutzung von Abwärme aus industriellen Prozessen kann sowohl für den Abwärme Einspeiser als auch für den Wärmenetzbetreiber eine Win-Win Situation darstellen. Während der Abwärme Einspeiser seine anfallende Abwärme monetär verwerten kann, besteht für den Wärmenetzbetreiber die Möglichkeit, meist kostengünstige, zusätzliche Wärme in sein Netz einzuspeisen ohne dafür eine weitere Erzeugungseinheit zu errichten. Vor allem in den größeren Städten wird seit einigen Jahren erfolgreich Abwärme aus der Industrie genutzt (z.B. Wien, Salzburg). In den ländlichen bzw. kleinstädtischen Wärmenetzen sind nicht immer entsprechende Abwärme Potenziale vorhanden. Allerdings wird der Nutzung von Abwärme immer höhere Bedeutung zugeschrieben und eine verstärkte Nutzung forciert. Von den untersuchten Wärmenetzen wird nur in einem der Kategorie „Sub Urban“ Abwärme, mit einem hohen Anteil von 41 % der Gesamtwärmeproduktion, genutzt. Dieses Wärmenetz stellt allerdings eine Besonderheit dar, die nicht repräsentativ für die anderen Netze ist und daher auch nicht in Tabelle 3 angeführt wird. In der untersuchten Kategorie „Rural“ konnten momentan keine Wärmenetze mit Abwärme Nutzung erhoben werden.

Rauchgaskondensation

Um die Wirkungsgrade von Erzeugungsanlagen zu erhöhen, werden vor allem bei Biomassekesseln, vermehrt Rauchgaskondensationsanlagen eingesetzt. Abhängig von Rauchgasaustrittstemperatur und Brennstoffqualität kann der Wirkungsgrad um einige Prozentpunkte erhöht werden. Neben der Wirkungsgraderhöhung kann mithilfe der Rauchgaskondensationsanlage auch das Rauchgas gereinigt werden, wodurch teilweise auf andere Rauchgasreinigungsanlagen verzichtet werden kann. Allerdings wirkt das Rauchgaskondensat hoch korrosiv, wodurch erhöhter apparativer Aufwand, wie bzw. der Einsatz von höherwertigen Materialien (z.B. Edelstahl), notwendig ist. Von den insgesamt 144 untersuchten Wärmenetzen der Kategorie „Rural“ und „Sub Urban“ sind in 11 Wärmenetzen Biomassekes-

sel mit Rauchgaskondensationsanlagen in Verwendung. Die thermische Leistung der Rauchgaskondensationsanlagen liegt bei rund 10 – 20 % der thermischen Leistung die nur durch den Biomassekessel bereitgestellt werden kann. Das bedeutet, dass bei einem Biomassekessel mit 1.000 kW Wärmeleistung mit aktivierter Rauchgaskondensationsanlage, eine zusätzliche Leistung von 100 – 200 kW generiert werden kann.

Niedrige Rücklauftemperaturen wirken sich positiv auf die Nutzung von Rauchgaskondensation aus, da eine entsprechend höhere Abkühlung des Rauchgases möglich ist. Hier haben kleinere Wärmenetze, welche zumeist niedrigere Temperaturniveaus besitzen, Vorteile in der Anwendung gegenüber größeren städtischen Wärmenetzen mit höheren Temperaturen.

Wärmepumpe

Eine alternative Möglichkeit zur Nutzung von Rauchgaskondensation bietet der Einsatz von Wärmepumpen. Mithilfe von Wärmepumpen kann das Rauchgas zum einen weiter abgekühlt werden. Zusätzlich stehen „hohe“ Wärmequellentemperaturen zur Verfügung, womit gute Leistungszahlen erreicht werden können. In Österreich gibt es bereits einige Biomasseanlagen die Wärmepumpen in Kombination mit Rauchgaskondensation nutzen. Eine solche Anlagenkonfiguration besitzen zwei untersuchte Wärmenetze aus der Kategorie „Sub Urban“. Die Leistung der Wärmepumpen beträgt dabei fast 15 % der Gesamterzeugungsleistung (ohne Ausfallsreserve gerechnet). Für die Kategorien „Urban“ und „Rural“ konnten noch keine Referenzen recherchiert werden. Ebenso konnte auch in der Kategorie „Sub Urban“ keine Anlage ausfindig gemacht werden, indem eine reine Wärmepumpe ohne Rauchgaskondensation (d.h. eine andere Wärmequelle wie z.B. Erdreich) in Betrieb ist.

Allerdings zeigen manche Städte großes Interesse an der Einbindung von Wärmepumpen im Leistungsbereich von mehreren Megawatt. Dazu laufen momentan einige Prüfungen und Machbarkeitsstudien. Für die nahe Zukunft wird den Wärmepumpen eine zunehmende Rolle als Erzeugungseinheiten in Wärmenetzen zugeschrieben.

2.6 Typische Geschäftsmodelle von städtischen und ländlichen Wärmenetzen

Im Folgenden werden typische Geschäftsmodelle für städtische und ländliche Wärmenetze dargestellt und deren Unterschiede beschrieben. Grundlage für die Charakterisierung der Geschäftsmodelle bilden Erkenntnisse aus „STRATEGO“ sowie die im Rahmen von heat_portfolio gesammelten Erfahrungen. Im Rahmen des Projektes STRATEGO wurde ein Coaching Prozess für bestimmte Zielregionen durchgeführt. Als Zielregionen wurden die Wärmenetze der zwei größten Städte Österreichs (Wien und Graz) sowie zwei kleine ländliche Wärmenetze (Biomasse basiert) definiert, welche stellvertretend eine Vielzahl an Netzen repräsentieren sollen. In mehreren Coaching Sessions fanden Workshops, Vorort-Besichtigungen und Erfahrungsaustausch mit schwedischen Partnern statt. Zusammen mit lokalen Stakeholdern und nationalen Behörden wurden verschiedene Lösungsoptionen für Schlüsselherausforderungen von österreichischen Wärmenetzen entwickelt. Unter anderem wurden in diesem Rahmen aktuelle Geschäftsmodelle aufbereitet bzw. mögliche neue erarbeitet und diskutiert.

Die Auswertung soll eine Verallgemeinerungsfähigkeit liefern, wie „typische“ Geschäftsmodelle von Wärmenetzen mit städtischer (Abbildung 29) und ländlicher Struktur (Abbildung 30) aussehen. Als Darstellungsmethode wurde die des Business Models Canvas gewählt, wobei neue Ansätze grün unterstrichen hervorgehoben sind.

2.6.1 Geschäftsmodelle Status quo

Die wesentlichsten Schwerpunkte bzw. Unterschiede zwischen städtischen und ländlichen Wärmenetzen werden im Folgenden anhand der neun Elemente des Business Models Canvas angeführt.

Schlüsselpartner ①

Als Schlüsselpartner werden in beiden Klassifizierungen die Kunden selbst sowie Anlagen-, Infrastruktur- und Komponentenhersteller als auch die Zusammenarbeit mit Behörden genannt. Bei städtischen Wärmenetzen richtet sich dies naturgemäß eher an Stadtverwaltungen und bei ländlichen Wärmenetzen an Gemeindeverwaltungen. Eine weitere wichtige Rolle spielen die Energielieferanten. In städtischen Netzen sind dies hauptsächlich Gas- als auch Wärme- bzw. Abwärmelieferanten (z.B. Industriebetriebe) die in Wärmenetze einspeisen. Bei ländlichen Wärmenetzen dient größtenteils Biomasse als Brennstoff. In klein strukturierten Netzen sind Landwirte und Waldbesitzer häufig die Biomasselieferanten. Zusätzlich wird auch versucht, Sägenebenprodukte von Holzverarbeitenden Betrieben zu verwerten. Oftmals sind kleine Wärmenetze als Genossenschaften organisiert und wirken in diversesten anderen Gemeinschaften und Verbänden mit. In diesen Organisationen soll vor allem gegenseitiger Erfahrungsaustausch vorangetrieben werden.

Schlüsselaktivitäten ②

In städtischen Wärmenetzen zählt die Akquisition von Neukunden sowie das Anbieten und Verkaufen von Zusatzprodukten und Dienstleistungen zu den zentralsten Aktivitäten. Ebenso ist die Kontaktpflege zu bestehenden Kunden wichtig, die für Business-Kunden oft in Form eines Key Account Managers geschieht. Für Betreiber von ländlichen Wärmenetzen steht die lokale Brennstoffbereitstellung im Vordergrund. Wartungen, Support und kleinere Reparaturen werden oft durch eigenes Personal bzw. auch ehrenamtlich durch Mitglieder/Nutzer selbst erledigt. Verschiedene Genossenschaften bieten zudem unterschiedliche Formen von Contracting an. Manche Genossenschaften verwalten zentral mehrere kleine Wärmenetze und übernehmen Tätigkeiten wie Buchhaltung und Verrechnung. Die Akquise ist nicht oberstes Gebot, da manche ländliche Wärmenetze bereits ausgelastet sind und der Anschluss von Neukunden nur mit erheblichen Mehraufwand möglich ist.

Schlüsselressourcen ③

Als wichtigste Ressourcen geben Betreiber beider Kategorien Brennstoffe sowie Infrastruktur (Erzeugung, Netz, Übergabestationen, usw.) an. Während in städtischen Wärmenetzen oft verschiedene Brennstoffe (Gas, Biomasse, usw.) eingesetzt werden, dominieren in ländlichen Netzen Biomasse sowie diverse Sägenebenprodukte. Gegenüber den ländlichen Netzbetreibern haben die städtischen einen höheren Personalstock mit Kompetenzen in verschiedensten Bereichen. Neben Personal zählen auch Finanzierung und Contracting zu den Hauptressourcen. Die letzten beiden werden als essentiell für die Entwicklung von neuen Geschäftsmodellen gesehen. In den ländlichen Netzen spielt das Know-how der einzelnen Netzbetreiber und deren Erfahrungsaustausch innerhalb von Genossenschaften eine wichtige Rolle.

Wertangebot ④

Oberstes Gebot hat die Versorgung der Kunden mit Wärme. Dies soll unter den Aspekten der sicheren, zuverlässigen aber zugleich kostengünstigen Versorgung geschehen. Städtische Wärmenetzbetreiber bieten vermehrt Zusatzpakete (Rundum-Sorglos usw.) an. Damit sollen Kundenanforderungen gezielt adressiert und zusätzliche Erlöse generiert werden. Vor allem großen Kunden (Industrie und Gewerbe) werden individuelle Verträge angeboten, die auf deren Bedürfnisse angepasst sind. Ländliche Wärmenetzbetreiber legen ihren Fokus auf lokale Wärmeversorgung mit dem größtmöglichen Anteil an erneuerbaren Energieträgern. Dabei soll die Wertschöpfung so gut wie möglich regional erfolgen (Holz aus den umliegenden Wäldern). Für verschiedene Anliegen gibt es oftmals einen direkten Ansprechpartner (Wartung, Betrieb, Abrechnung, usw.). Über diese Ansprechpartner finden auch Erfahrungsaustausch sowie Informationen bei Rückfragen zur Wärmeversorgung statt.

Kundenbeziehung ⑤

Den Betreibern ist es wichtig, dass den Kunden die Preisgestaltung transparent und nachvollziehbar dargestellt wird. Die städtischen Betreiber sind um schnellstmögliche Problemlösungen bemüht. Beispielsweise gibt es Montageteams, die bei Defekten schnell agieren können. Außerdem bieten sie den Kunden ein breites Spektrum an Dienstleistungen an, um auf deren Ansprüche so gut wie möglich eingehen zu können. In ländlichen Wärmenetzen sind zum Teil die Kunden selbst an den Genossenschaften beteiligt. Dadurch können die Kunden auch bei Entscheidungen, z.B. Infrastrukturinvestitionen, mitwirken. Durch zentrale Administration und Nutzung von Synergien wird versucht, die Wärmeerzeugungskosten zu senken und Preisvorteile weiterzugeben. Betreiber und Kunden kennen sich meist und stehen in direktem Kontakt, wodurch die Informationswege kurz sind.

Kanäle ⑥

Die Betreiber von städtischen Wärmenetzen verwenden verschiedene Kanäle, um ihre Kunden zu erreichen. Dies geschieht durch Web-Auftritte sowie per E-Mail, Newsletter und Schaltungen in Radio und Fernsehen. Die Kunden können sich über Info- und Callcenter an ihre Wärmelieferanten wenden. Für große Kunden stehen Key Account Manager als direkte Ansprechpartner zur Verfügung. Den Betreibern von ländlichen Wärmenetzen steht kein hohes „Marketing-Budget“ zur Verfügung, weshalb sie in erster Linie über eigene Webseiten sowie Newsletter mit den Kunden in Kontakt treten. Als äußerst wichtig wird die „Mundpropaganda“ gesehen und damit oftmals verbundene Weiterempfehlungen. Viele klein strukturierte Netze sind mit diversen Vereinigungen und Verbänden vernetzt und auch bei örtlichen Veranstaltungen und Messen präsent. Dadurch soll der Bekanntheitsgrad gesteigert werden.

Kundensegmente ⑦

Bei beiden Kategorien zählen zu den Kunden all jene, die einen Wärmebedarf haben und sich an ein Wärmenetz anschließen wollen. Dazu gehören unter anderem Private als auch Gewerbe, öffentliche und religiöse Einrichtungen sowie Wohnungs- und Siedlungsgenossenschaften, etc.

Kostenstruktur ⑧

In beiden Clustern wird die Brennstoffbeschaffung als kostenintensivste Aufwendung bezeichnet. Städtische Netze geben neben Produktionskosten zusätzlich noch hohe Personalaufwende an. Da klein(st) strukturierte Netze zum Teil von Bürgern bzw. den Kunden selbst initiiert werden und diese teilweise auch ehrenamtlich tätig sind (z.B. Zähler ablesen, Reparaturen und Wartungen) führen die Betreiber solcher Netze den Personalaufwand gegenüber städtischen Netzen eher als geringen Kostenfaktor an. Hingegen werden die Kosten für Erhalt und Betrieb der Infrastruktur als große Belastung angesehen.

Einnahmequellen ⑨

Einnahmen werden durch den Verkauf von Wärme erwirtschaftet. Die Tarife setzen sich meist aus fixen und variablen Kosten zusammen. In städtischen Wärmenetzen werden zum Teil auch Zusatzpakete angeboten, die den Kundenkomfort erhöhen und zusätzliche Erlöse bringen sollen. In kleinen ländlichen Wärmenetzen zahlen die Kunden teilweise nur für die abgenommene Wärmemenge. Auf die Einhebung eines Grundpreises z.B. für Anschlussleistung, Zählergebühr oder ähnliches wird häufig verzichtet. Manche Genossenschaften bieten auch Contracting-Lösungen an. Bei dieser Variante sind ein einmaliger Mitgliedsbeitrag sowie eine laufende Gebühr zu entrichten.

Zusammenfassung / Schwächen der aktuellen Geschäftsmodelle

Üblicherweise bestehen die Geschäftsmodelle für Wärmenetzbetreiber aus „klassischer“ Wärmebereitstellung: Wärme wird produziert und zu den Kunden geliefert. Eine tiefgehende Kundenbeziehung existiert meist nicht. Besonders bei städtischen Wärmenetzen sind die Kunden der Versorger häufig nicht die Endverbraucher, sondern Stakeholder wie Wohnungsgenossenschaften, die eine Ebene dazwischenliegen. Typischerweise sind die Wärmelieferverträge rigide, mit wenigen Freiheitsgraden für die Endverbraucher. Fixe (Grundpreis) und variable Kosten (Energiepreis) prägen die Tarifgestaltung der Wärmeversorger. Aufgrund von oftmals hohen Fixkostenanteilen, sehen Kunden kaum finanzielle Anreize Energie einzusparen bzw. Heizungssysteme zu optimieren. Obwohl Wärmeversorger Kunden als Schlüsselpartner sehen, spielen sie noch kaum eine große (aktive) Rolle in ihren bestehenden Geschäftsmodellen. Eine weitere Herausforderung besteht in der Vielzahl an Netzen mit hohen Systemtemperaturen. Dies stellt eine Barriere für Niedrigtemperatursysteme dar und verzögert / hemmt den Übergang zur nächsten Generation der Fernwärme. Geeignete zukunftsfähige Geschäftsmodelle erfordern weitreichende Veränderungen (technischer, ökologischer und ökonomischer Strukturwandel) um den Kundenanforderungen gerecht zu werden und die Systemeffizienz zu erhöhen. Um eine solide Geschäftsbeziehung mit langfristiger Sicherheit für Versorger als auch Kunden zu etablieren, sind daher neue Geschäftsmodelle gefordert.

2.6.2 Ansätze neuer Geschäftsmodelle

Sicherstellung des wirtschaftlichen Betriebs, Steigerung der Energieeffizienz sowie Dekarbonisierung bei sich gleichzeitig ändernden Rahmenbedingungen wie Energiepreisen – das sind die Herausforderungen, denen sich Wärmenetze zu stellen haben.

Grundlage für die Skizzierung möglicher innovativer Ansätze für bestehende Geschäftsmodelle bilden die Erkenntnisse aus Coaching Sessions des EU-Projektes „STRATEGO“ [21]. Infolge dessen wurden im Rahmen von „heat_portfolio“ weitergehende Überlegungen mit Stakeholdern entwickelt und diskutiert. Die Erfahrungen aus diesen beiden Projekten werden anhand der neun Elemente des „Business Model Canvas“ beschrieben [22]. Die Auswertung

soll eine Verallgemeinerungsfähigkeit liefern, wie „typische“ Geschäftsmodelle von Wärmenetzen mit städtischer (Abbildung 29) und ländlicher Struktur (Abbildung 30) aussehen. Innovative Elemente sind dabei rot und unterstrichen hervorgehoben.

Städtische Wärmenetze

Obwohl viele städtische Wärmeversorger bereits darauf fokussiert sind, ihren Kunden verschiedene Services und Packages anzubieten, mangelt es bestehenden Geschäftsmodellen an finanziellen Vorteilen und Anreizen für Themen wie Reduzierung der System-/Rücklauf-temperaturen, Integration alternativer Energiequellen, Flexibilitätssteigerung usw. Mögliche neue Elemente könnten folgende Ansätze sein:



Abbildung 29: Typisches Geschäftsmodell für ein städtisches Wärmenetz (innovative Elemente sind rot unterstrichen gekennzeichnet; Darstellung nach: Business Model Canvas)

Abwärme-Nutzung (Abbildung 29: Schlüsselpartner ①):

Abwärme tritt bei vielen industriellen Produktionsprozessen, aber auch im Gewerbe auf, z. B. Kühlung in Supermärkten oder Rechenzentren. Diese Abwärmequellen sind sehr unterschiedlich – manche lassen sich direkt aufgrund des hohen Temperaturniveaus in bestehende Fernwärmenetze einspeisen, z. B. in Wien, in Linz usw. Ein weiteres Potenzial zur Erschließung von alternativen Wärmequellen wird in der Nutzung von Abwärme aus Rechenzentren gesehen. Beispielsweise wurden in Wien in den letzten zehn Jahren jährlich ein bis zwei neue Rechenzentren gebaut. Die (Niedertemperatur-)Abwärme könnte mit Wärmepumpen auf ein entsprechend nutzbares Temperaturniveau angehoben werden, um in ein Wärmenetz eingespeist zu werden. Dieses Konzept wurde bereits erfolgreich in Schweden umgesetzt. Hier ergeben sich auch nutzbare Anwendungsfälle für neue Stadtentwicklungsgebiete, die von existierenden Wärmenetzen ungünstig entfernt entstehen. Diese könnten

durch Mikronetze mit Nutzbarmachung von lokalen Abwärmequellen versorgt werden. Dazu sind intelligente Raum- und Stadtplanung gefordert, damit Synergien bestmöglichst genutzt werden können. Hierbei könnten Contracting-Unternehmen eine Schlüsselrolle spielen.

Spezifische Services (Abbildung 29: Schlüsselaktivitäten ②):

Für die größten bzw. energieintensivsten Kunden könnten besondere Services wie Analyse des Wärmeverbrauchs (Lastprofil), Energieeinsparungsmaßnahmen, Reduzierung der System- bzw. Rücklauftemperaturen, Reduzierung bzw. Verschiebung von Spitzenlasten zur Glättung des Lastprofils usw. angeboten werden. Besonders für größere Wärmeabnehmer wie industrielle Abnehmer, Hotels, Schwimmbäder usw. ist das Potenzial zur Lastverschiebung groß. Mit Demand Side Management (DSM) wäre intelligenter Netzbetrieb durch Fernsteuerung von Lasten möglich. Kunden, die aktiv zum Lastmanagement beitragen, könnten durch finanzielle Anreize profitieren. Mit zusätzlich geschaffenen Kapazitäten könnten somit kostengünstig weitere Kunden angebunden werden.

Finanzierung und Contracting (Abbildung 29: Schlüsselressourcen ③):

Die Umstellung bzw. Ertüchtigung eines Energieversorgungssystems ist mit hohen Investitionskosten verbunden. Neue Finanzierungsmodelle wie Contracting, Außenfinanzierung (Crowdfunding, Crowdinvesting, Crowdlending), Leasing, Factoring, aber auch Kunden- und Lieferantenbeteiligungen sollten zur Risikovermeidung angedacht werden. Best-Practice-Beispiele hierfür sind in Dänemark zu finden. Viele der solaren Wärmenetze werden durch die Kunden selbst betrieben bzw. finanziert, wobei die Minimierung der Wärmegestehungskosten im Vordergrund steht. Eine andere Form der Finanzierung könnte eine Investitionsbeteiligung durch Schlüsselkomponentenhersteller sein. Am Beispiel „Big Solar Graz“ könnten dies Solarkollektor-Hersteller sein [23]. Zum einen würde dies das Investitionsrisiko für Wärmeversorger reduzieren, was sich positiv bei Investitionsentscheidungen auswirkt, und zum anderen können Hersteller durch Verkauf von Anlagen und weitere langfristige Geschäftsbeziehungen (Garantie, Wartung, Versicherung usw.) profitieren.

Reduzierung der Systemtemperaturen (Abbildung 29: Wertangebot ④):

Die Struktur der gegenwärtigen Wärmelieferverträge bzw. technischen Anschlussbedingungen mit langfristigen Laufzeiten lässt kaum reduzierte Systemtemperaturen zu, da hohe Versorgungstemperaturen – historisch bedingt – vertraglich vereinbart wurden und dies im Nachhinein schwierig zu ändern ist. Um bei sanierten Gebäuden die Systemtemperaturen zu senken, müssen die Wärmelieferverträge neu verhandelt werden. Bei Objekten mit vielen Kunden bedeutet dies einen enormen administrativen Aufwand. Oftmals scheitert dies aber schon daran, dass Wärmeversorger erst gar nicht über Sanierungsmaßnahmen informiert werden. Daher sind entsprechende Kommunikationsschnittstellen sowie angepasste

Regelwerke erforderlich. Darüber hinaus ist der Verbraucher selbst eines der wichtigsten Instrumente zur Erreichung niedriger Rücklauftemperaturen. Dazu ist Aufklärung der Verbraucher und das bewusste Einhalten der vorgeschriebenen Rücklauftemperaturen nötig bzw. muss das Erreichen stärker verfolgt werden.

Unternehmensauftritte (Abbildung 29: Kanäle ⑥):

Um die Kundenbeziehung zu stärken, ist strategische Kommunikation und Präsenz bei den wichtigsten Kanälen und Plattformen notwendig: Über Social Media, Communities, Blogs, Apps usw. besteht die Möglichkeit, mit Kunden zu interagieren. Diese Kommunikationskanäle sollten für eine ganzheitliche Unternehmensstrategie mit Hinblick auf verschiedene Interessen wie Vertrieb, Produktplatzierungen, Markbeobachtungen, aber auch Meinungsumfragen, Kundenfeedback und Entertainment genutzt werden.

Tarifsysteme (Abbildung 29: Einnahmequellen ⑨):

- *Anreize zur Senkung der Rücklauftemperaturen*

Niedrige Rücklauftemperaturen sind eine wichtige Eigenschaft zukünftiger Fernwärmenetze. Dort, wo die Nutzer die Möglichkeit haben, ihr Heizsystem zu adaptieren (insbesondere im Einfamilienhausbereich) können geeignete Tarifsysteme für die Nutzer ein Anreiz sein, rücklauftemperaturreduzierende Maßnahmen vorzunehmen. Eine mögliche Ausgestaltung eines solchen Anreizsystems könnte wie folgt aussehen: Kunden, die eine durchschnittliche Spreizung zwischen Vorlauf- und Rücklauf-temperatur von z.B. > 35 K erreichen, können einen zusätzlichen Rabatt (Bonus) bekommen. Bei einer durchschnittlichen Spreizung von z.B. < 30 K muss hingegen eine zusätzliche Gebühr (Malus) entrichtet werden. Einen vergleichbaren Effekt hat die Abrechnung des Arbeitspreises ganz oder teilweise über den bezogenen Volumenstrom [15], [24]. Allerdings erlauben die momentan verbauten Wärmemengenzähler derartige Tarife nicht, da diese nur auf die Energiemenge und nicht auf Temperaturen oder Volumenströme kalibriert sind und entsprechend lt. österreichischem Maß- und Eichgesetz keine Abrechnung stattfinden darf. Des Weiteren ist anzumerken, dass viele Nutzer keinen Zugang zum Heizsystem haben um entsprechende Änderungen selber durchzuführen zu können.

- *Flexible Tarife (Wärmebörse, Fahrplanmanagement, usw.)*

Flexible Tarifmodelle können in der Fernwärme relevant werden, sobald der Anteil volatiler Einspeiser (wie z.B. Solarenergie und stromgeführte Wärmepumpen, aber auch z.T. industrielle Abwärme) dominierend wird. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, den Fernwärmetarif so zu gestalten, dass in Spitzenlastzeiten hohe Arbeitspreise verrechnet werden. So kann erreicht werden, dass Lasten wie Raumheizung oder Beladung des Wasserspeichers außerhalb der Spitzenlastzeiten betrieben werden. So gibt es z.B. in Schweden bereits Wärmeversorger (z.B. Göteborg Energi AB, Öresundskraft AB) die ihren Kunden flexible Tarife anbieten [24]. Diese unterliegen saisonalen bzw. auch tageszeitlichen Schwankungen und werden zum Teil auf Stunden Basis zu unterschiedlichen Preisen angeboten. Durch diese Art von „Wärme-

börse“ sollen den Kunden finanzielle Anreize geboten werden, damit sich diese aktiv an Lastverschiebung hin zu Zeiten mit billigerer Wärme beteiligen. Eine andere Option wäre die aktive Teilnahme von Verbrauchern am Fahrplanmanagement. Wärmeversorger könnten anhand von Wetterdaten verbraucherspezifische Prognosen erstellen und diese an die Verbraucher senden. Die Verbraucher kontrollieren die Prognosen und geben Rückmeldung über Zustimmung bzw. Korrektur bei geplantem Mehr- oder Minderverbrauch (z.B. Abwesenheiten). Je nach Übereinstimmung / Güte von Prognose zu tatsächlichem Verbrauch könnten den Verbrauchern ein Bonus vergütet werden. Bei den hier exemplarisch angeführten Tarifmodellen ist allerdings zu beachten, dass diese vor allem für Großverbraucher attraktiv sein können, weniger aber für private Haushalte, die keine oder nur sehr geringe Möglichkeiten haben, ihre Nachfrage nach Wärmeabnahme zeitlich zu gestalten. Diese richtet sich nach dem geregelten Tagesablauf (mit Nachfragespitzen überwiegend in den Morgen- und späten Nachmittagszeiten) und vor allem nach der Außentemperatur, Gebäudealter und Gebäudetyp sowie Lage der Wohnung.

- *Ökowärme*

Neue Tarife für alternative Energieträger (z.B. Solarthermie, Wärmepumpe, usw.) könnten den Kunden angeboten werden. Den Kunden könnte die Möglichkeit gegeben werden, sich ihren eigenen „grünen“ Wärmeversorgungsmix zusammenzustellen. Das bedeutet, dass zwischen mehreren Energieträgern mit unterschiedlichen Preisen ausgewählt werden kann. Je nach Zusammenstellung errechnet sich der individuelle Wärmepreis. Erfahrungen aus dem Strombereich zeigen, dass Kunden durchaus gewillt sind (waren) für Ökoenergie einen höheren Preis zu bezahlen.

- *Open Grid*

Eine andere Art der Einkommensquelle könnte „Third Party Access“ (TPA) sein. Wärmenetzbetreiber könnten Dritten die Möglichkeit geben, in ihr Netz einzuspeisen, damit diese ihre eigenen Kunden versorgen könnten. Der Wärmenetzbetreiber würde eine Gebühr für Bereitstellung und Management des Netzes bekommen. Allerdings ist zu hinterfragen, ob ein solches Unbundling, wie es ein Entwurfs-Vorschlag für die EU (Renewable Energy Directive Artikel 24) vorsieht, nicht mehr Herausforderungen als Chancen für bestehende Wärmenetze mit sich birgt [25]. Ähnlich kritisch sehen dies die Autoren des Projekts „OPEN HEAT GRID“: Anhand von Fallbeispielen wurde untersucht, wie eine Einspeisung industrieller Abwärme in bestehende Fernwärmenetze forciert werden kann. Demnach sehen die Autoren eine einspeise-seitige / aufbringungsseitige Regulierung der Fernwärme aus volkswirtschaftlichen, rechtlichen und technischen Gründen als nicht zielführend an [26].

Ländliche Wärmenetze

In Österreich gibt es eine Vielzahl an kleinen ländlichen Wärmenetzen, die zunehmend an die Grenzen des wirtschaftlichen Betriebs stoßen. Besonders in den Sommermonaten ist der

Betrieb angesichts hoher Netzverluste oft ineffizient. Da die zuvor genannten innovativen Aspekte von städtischen Wärmenetzen auch auf ländliche Wärmenetze zutreffen bzw. anwendbar sind, werden für diese Kategorie nur die zentralen Elemente angeführt. Das primäre Ziel ist die Effizienzsteigerung der Anlagen; der Netzausbau bzw. die Verdichtung ist oftmals untergeordnet.



Abbildung 30: Typisches Geschäftsmodell für ein ländliches Wärmenetz (innovative Elemente sind rot unterstrichen gekennzeichnet; Darstellung nach: Business Model Canvas)

Anlagenoptimierung

Hohe System- bzw. Rücklauftemperaturen resultieren im ineffizienten Betrieb und stellen ein Hauptproblem von Wärmenetzen dar. Die Ursachen sind meist auf Fehler an den Kundenübergabestationen sowie ungeeignete Heizungsanlagen und Betriebsweisen zurückzuführen. Oftmals sind sich Planer und Installateure (Abbildung 30: Schlüsselpartner ①) der Anforderungen an Kundeninstallationen bzw. der Auswirkungen, falls diese nicht eingehalten werden, nicht bewusst. Daher sollten Workshops und Weiterbildungsmaßnahmen (Abbildung 30: Schlüsselaktivitäten ②) für diverse Stakeholder angeboten werden, um sie von Beginn an, an Bord zu holen und ihnen die Wichtigkeit der Kundeninstallationen für die Gesamteffizienz zu zeigen. Zusätzlich sollten Kooperationen zwischen den einzelnen Wärmenetzbetreibern ausgebaut werden. Wissenstransfer (Abbildung 30: Wertangebot ④) von Best-Practice-Beispielen bzw. –Lösungen soll die Multiplizierbarkeit und Umsetzung von Effizienz- und Optimierungspotenzialen auf andere Netze fördern. Weitere Erlöse (Abbildung 30: Einnahmequellen ⑨) könnten durch Anbieten von zusätzlichen Dienstleistungen wie Anlagenbegutachtungen, Systemanalysen und Optimierung kundenseitiger Heizungsanlagen erzielt werden.

Erfahrungen aus Schweden mit neuen Tarifsystemen

In Schweden wurden in der Vergangenheit bereits neue Tarifsysteme eingeführt. Ursache war eine sinkende langfristige Planungssicherheit aufgrund des steigenden Wettbewerbes mit Wärmepumpen und des reduzierenden Wärmebedarfs infolge weitreichender Energieeffizienzprogramme. Anhand der Analyse tagesbasierter Energieverbräuche wurden neue Tarifsysteme entwickelt. Der Grad der Akzeptanz von neuen Tarifsystemen hängt von

- der Präzision der Kommunikation (zielgerichtet und kundenorientiert) und
- dem Ergebnis für die jeweiligen Kunden ab [27], [28].

Bei der Schaffung von neuen Tarifsystemen müssen vor allem die Bedürfnisse und Wünsche der Kunden verstanden und berücksichtigt werden. Diese sind beispielsweise [28], [29]:

- Auswirkungen von Energieeinsparungen und Energieeffizienz müssen spürbar sein.
- Nur das Konsumierte soll auch tatsächlich bezahlt werden.
- Preiszusammensetzung und der Rechnungsbetrag müssen transparent und nachvollziehbar sein.
- Energiekosten für Budgetplanungen von großen Kunden müssen prognostizierbar sein.

Schlussbemerkung

Bei der Entwicklung von zukunftsfähigen Geschäftsmodellen spielen Kundenaspekte eine entscheidende zentrale Rolle, wodurch deren Erwartungshaltungen in den Mittelpunkt zu stellen sind. Daher sollten Kunden in Entwicklungsprozesse wie Tarifgestaltung miteinbezogen werden. Denn nur wenn Kunden die Zusammenhänge verstehen und für sich einen merkbaren Nutzen erkennen, können Geschäftsmodelle erfolgreich sein. Um innovative Elemente in bestehende Geschäftsmodelle zu implementieren, sind daher zusätzliche Maßnahmen gefordert. Dies schließt zumindest Kosten-Nutzen-Analysen ein, um Machbarkeit und Potenziale neuer Elemente zu bewerten und Strategien für die erfolgreiche Umsetzung in bestehenden Geschäftsmodellen zu finden. Oftmals stellen dabei organisatorische und regulatorische Rahmenbedingungen sowie spezifische Marktconstellationen Barrieren für neue Aktivitäten dar. Ansätze zur Entwicklung innovativer Elemente in zukunftsorientierten Geschäftsmodellen können wie folgt beschrieben werden:

- Stakeholder motivieren, unkonventionell zu denken („out of the box“);
- neue und kreative Ideen zulassen und entsprechend diskutieren (z.B. internationale Best-Practice Beispiele auf eigene Anwendbarkeit bewerten);
- Einbeziehen von Schlüsselpartnern (vor allem auch Kunden), lokalen Stakeholdern und möglichen neuen Akteuren (z.B. Contractoren), um neue Geschäftsmodelle zu entwickeln, die eine Win-win-Situation ermöglichen;
- Identifizieren von Anforderungen und Kunden die Möglichkeit geben, an Entwicklungsprozessen zu partizipieren;
- Liefern eines umfassenden Konzeptes mit ökonomischen und ökologischen Vorteilen, das gleichzeitig technische und nicht-technische Barrieren adressiert.

2.7 Rechtsformen der Wärmenetzbetreiber

Die Struktur der Rechtsformen der Wärmenetzbetreiber in Österreich ist sehr unterschiedlich. Eine konkrete Einteilung und Klassifizierung der Rechtsformen erweist sich als schwierig. Die Kommunalkredit Public Consulting GmbH (KPC) hat bereits vor einigen Jahren versucht, anhand der ihr vorliegenden Daten, eine Kategorisierung vorzunehmen [30]. Da sich dieses Vorhaben als nicht klar zuordenbar darstellte, wurde dieser Ansatz nicht weiterverfolgt. Laut KPC gibt es bereits kleine Wärmenetze ab 200 – 300 kW thermischer Leistung. Diese Anlagen sind meist als Containerlösungen, basierend auf Contracting-Modellen, realisiert. Bis zu einer thermischen Leistung von bis zu 10 MW sind die Wärmeunternehmen eher Genossenschaften und darüber hinaus eher als Gesellschaften mit beschränkter Haftung (GmbHs). Genossenschaften bilden sich oft durch bäuerliche Zusammenschlüsse und sind in der administrativen Abwicklung „einfacher“ als eine Kapitalgesellschaft (GmbH, AG) [30] & [31]. Der Unterschied zwischen Genossenschaft und GmbH ist vermutlich stark von der Geschäftspolitik abhängig. Während bei der GmbH die Geschäftspolitik meist auf Dritte ausgerichtet ist und typischerweise versucht wird Gewinne zu maximieren, setzen Genossenschaften auf den Förderauftrag. Klar soll bei der Genossenschaft der Nutzen für die Mitglieder maximiert werden, indem die Geschäftsbeziehungen zu den Mitgliedern in deren Rolle als Geschäftspartner (Kunden oder Lieferanten) nach deren Bedürfnissen ausgestaltet werden. Dies schließt nicht aus, dass auch Gewinne im Wege der „Verzinsung“ von Geschäftsanteilen ausgeschüttet werden. Zudem gilt bei der Genossenschaft das Prinzip der Selbstverwaltung, was bedeutet, dass die Organe der Genossenschaft aus dem Kreis der Mitglieder selbst gewählt werden und jedes Mitglied eine Stimme hat. Während sich das Stimmrecht bei der GmbH nach dem Gesellschaftsanteil richtet und die Geschäftsführung nicht aus dem Kreis der Mitglieder stammen muss.

2.8 Neu- und Ausbauförderung von Wärmenetzen

Der Neu- und Ausbau von Wärmenetzen wird in Österreich durch die Kategorie Umweltförderung im Inland (UFI) gefördert. Die UFI dient als Umsetzungsanreiz für Maßnahmen zur Vermeidung und Verringerung von Emissionen wie Luftverschmutzungen oder gefährliche Abfälle. Förderwerber können alle Betriebe, diverse unternehmerisch Tätige sowie Vereine und konfessionelle Einrichtungen sein. Die maximale Förderung beträgt je nach Anlage und Kriterien bis zu 35 % der förderungsfähigen Kosten. Die Förderung wird als nicht rückzahlbarer Investitionszuschuss ausbezahlt. Die KPC fungiert als Abwicklungsstelle und ist Beratungsansprechpartner für die Förderungswerber. Gefördert werden die Neuerrichtung bzw. die Errichtung von zusätzlichen Leitungstrassen und Abnehmeranschlüssen auf Basis von Biomasse oder Geothermie. Förderungsvoraussetzung ist, dass der Gesamtnutzungsgrad der Nahwärmanlage (verkaufte Wärme bezogen auf gesamten Brennstoffeinsatz) mindestens 75 % betragen oder gegenüber dem Bestand steigen muss. Dabei ist eine Reduktion

der Netzurücklaufemperatur auf max. 55°C anzustreben. Eine zusätzliche Voraussetzung für eine positive Förderungsbeurteilung ist ein entsprechender Nachweis über eine gesicherte Wärmeabgabe. Dazu müssen Wärmelieferverträge für zumindest 75 % der in der beantragten Ausbaustufe verkauften Wärmemenge vorliegen. Nähere Informationen zur Förderung und den entsprechenden Kriterien sind unter <https://www.umweltfoerderung.at/> zu finden [8] & [32].

Während die Förderung der KPC auf umweltrelevante Verbesserungen abzielt, wird der Bau von Wärmenetzen allgemein auch über das Wärme- und Kälteleitungsgesetz (WKLG) gefördert.

2.9 Prognostizierter Bevölkerungszuwachs

Um den Bevölkerungszuwachs für die drei definierten Klassen abschätzen zu können, wurde auf verfügbare Daten aus [33] zurückgegriffen. In dieser Arbeit wurden verschiedenste Auswertungen und Prognosen zur Bevölkerungsentwicklung, basierend auf Daten der Gebäude- und Wohnungszählung 2001 der Statistik Austria [34], vorgenommen. Dabei wurde für jedes Bundesland die Anzahl der Bevölkerung für die Jahre 2020 und 2030 prognostiziert sowie die prozentuelle Veränderung für die Zukunft berechnet. Der höchste Zuwachs wird für Wien mit +27% für das Jahr 2030 gegenüber dem Referenzjahr 2000 angeführt. Lediglich in Kärnten wird laut den Berechnungen die Bevölkerung sinken und im Jahr 2030 um 3% geringer sein als noch im Jahr 2000. In der Datenbank aus [33] sind den einzelnen Gemeinden verschiedene Werte zugeordnet. Unter anderem auch die berechneten Bevölkerungszuwachspronosen je Bundesland.

Basierend auf diesen Daten, wurde eine Prognose des Bevölkerungszuwachses für drei definierte Kategorien (Ländlich, Kleinstädtisch, Städtisch) erstellt. Dazu wurden die Gemeinden nach deren Einwohneranzahl sortiert und der geometrische Mittelwert aus Einwohnerzahl und prognostiziertem Bevölkerungszuwachs für die drei Kategorien gebildet. Das Ergebnis dieser Berechnungen, inklusive Beschreibung der Schwellenwerte für die drei Kategorien, ist in Abbildung 31 dargestellt. Zu erkennen ist, dass für den kleinstädtischen Cluster die höchste Bevölkerungszunahme prognostiziert wird. Es ist damit zu rechnen, dass in den kommenden Jahrzehnten die Regionen rund um die großen Städte zunehmend wachsen werden. Dies betrifft insbesondere den Großraum um Wien. Die Städte selbst werden zwar auch kontinuierlich wachsen, jedoch nicht so stark wie ihr Umland [33].

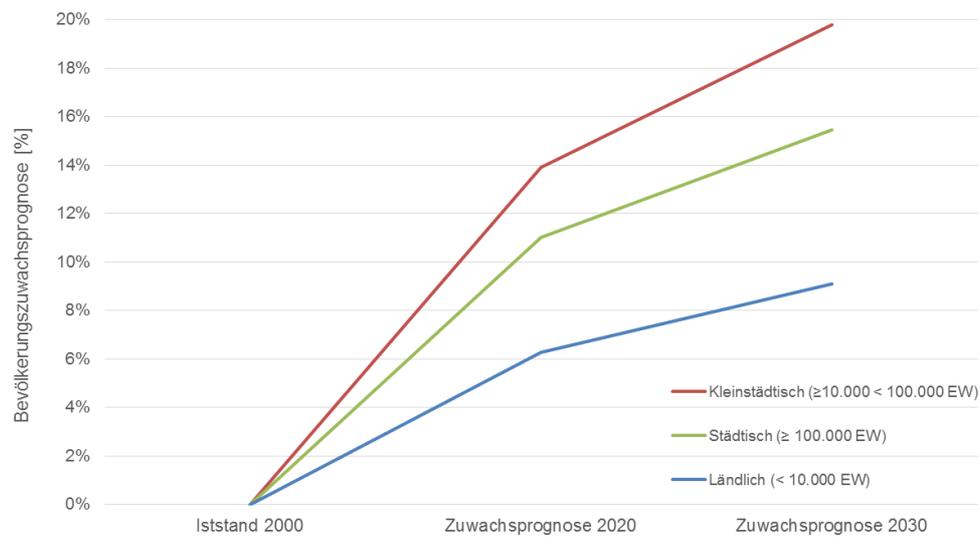


Abbildung 31: Prognostizierter gewichteter Mittelwert des Bevölkerungszuwachses für die Jahre 2020 und 2030 in prozentueller Veränderung gegenüber dem Bevölkerungsstand vom Jahr 2000 für drei ausgewählte Kategorien (Quelle: eigene Berechnungen basierend nach [33] & [34])

Es ist anzumerken, dass durch den Bevölkerungszuwachs nicht nur zusätzliche Verbraucher resultieren werden, sondern eventuell auch neue potentielle Erzeuger. Dies können beispielsweise neue Biomasse-BHKW, Solarthermie (Nutzung von Dächern) aber auch Wärmepumpen mit Abwärme Nutzung sein. Zum Beispiel könnten bei Entstehen von neuen Siedlungen bereits Kanalwärmetauscher verwendet werden und Abwärme mithilfe von Wärmepumpen auf ein nutzbares Temperaturniveau angehoben werden.

3 Abwärmepotential und -charakteristik relevanter Branchen

Industrielle Abwärmeeinspeisung in Fernwärmenetze stellt eine bedeutende Option zur CO₂-Reduktion und Erhöhung der Energieeffizienz in Ballungsräumen dar. Die Fragen nach den Potentialen und Technologien zur Nutzarmachung von Abwärme wurden bereits in mehreren Studien, wie z.B. [35], [36], [37], [38] behandelt. Im weiteren Abschnitt werden die wesentlichen Ergebnisse zusammengefasst dargestellt sowie ein Ausblick gegeben.

3.1 Potentialabschätzung, Charakteristik und Erschließung von Abwärme

Industrielle Prozesse benötigen Wärme auf unterschiedlichen Temperaturniveaus beispielsweise für die Erzeugung von Dampf oder für Trocknungsprozesse, für die Bereitstellung von Heiß- oder Warmwasser, die Erwärmung von Einsatzstoffen und Materialien sowie viele weitere Anwendungen. Bei vielen Prozessen entsteht Abwärme, die für den Prozess selbst oder andere Prozesse nicht mehr verwendet wird bzw. werden kann. Abwärme kann dabei in verschiedenen Formen auftreten, wie zum Beispiel [35], [36], [39]:

- Wasser (flüssig; Heiß- und Warmwasser)
- Wasserdampf (Heiß-, Satt- oder Nassdampf)
- Thermoöl
- Rauchgas / Abgas
- Ab- und Kühlluft
- Gemische aus mehreren Medien
- Produkt-/Nebenproduktströme

Um das vorliegende Abwärmepotenzial in Wärmenetzen weiter zu nutzen, müssen daher unterschiedliche Technologien eingesetzt werden. Die einfachste und meist verbreitete Form um Abwärme aus Fluiden (flüssig oder gasförmig) zu nutzen, erfolgt mittels indirekter Wärmeübertragung. Dabei ist das Wärme abgebende Medium durch Zwischenwände vom Wärme aufnehmenden Medium getrennt. Es liegt somit auch eine hydraulische Systemtrennung vor und die beiden Medien werden nicht vermischt. Dabei werden sogenannte Rekupe- ratoren eingesetzt. Es handelt sich dabei um Wärmeübertrager aus zwei getrennten Systemen von möglichst dünnwandigen Kanälen, Rohren oder Lamellen. Rekupe ratoren je nach Fluidführung in Gleichstrom-, Gegenstrom- und Kreuzstrom-Wärmeübertrager eingeteilt [40] & [39].

3.1.1 Ermittlung des Abwärmepotenzials relevanter Branchen

Abwärmequellen können Produktionsmaschinen oder -Anlagen sein, die Verlustwärme an die Umgebung abstrahlen, Heißluftapparate und Öfen zur Trocknung, Abwässer aus Reinigungs-, Wasch-, Färbe- oder Kühlprozessen, aber auch Kühlanlagen, Motoren oder die in Produktionshallen und Büroflächen anfallende erwärmte Abluft [35].

Prozesswärme wird in sehr verschiedenen Produktionsprozessen in der Industrie sowie im Gewerbe benötigt, beispielsweise für die Erzeugung von Dampf oder Heißgas/Heißluft für Trocknungsprozesse, zum Waschen oder Galvanisieren oder zum Eindampfen oder für die Destillation. Weitere Anwendungen sind die Bereitstellung von Heiß- oder Warmwasser, die Erwärmung von Einsatzstoffen und Materialien, thermische Trennprozesse oder Pasteurisieren. Weitere wesentliche Quellen finden sich bei Reinigungsprozessen die im Zuge der Produktionsprozesse anfallen: etwa beim Reinigen von Flaschen und anderen Gebinden vor dem Abfüllen von Getränken und Lebensmittel, sowie bei Reinigung und Dampf-Sterilisation von Produkt-berührten Teilen in biotechnologischen Produktionsanlagen oder Brauereien. Bei Kühlprozessen fällt Abwärme als Kühllast an – eine bedeutende Quelle diesbezüglich sind Rechenzentren, sowie Kühlhäuser und Eisfabriken. Es sind nur wenige belastbare Studien verfügbar, die Abwärmepotenziale in der Industrie recherchiert und verfügbar gemacht haben [35] & [38].

3.1.2 Temperaturniveaus unterschiedlicher Industrieprozesse

Die Temperaturverteilung in Abbildung 32 gibt Anhaltspunkte über die Temperaturniveaus verschiedenster Industrieprozesse wodurch sich eventuelle anfallende Abwärmequellen als auch mögliche innerbetriebliche Verwendungsmöglichkeiten ableiten lassen. Demnach lassen sich in vielen Branchen Beispiele für industrielle Abwärmenutzungen finden.

Bevor Abwärme aus Industrieprozessen nach außen geleitet und extern z.B. in Wärmenetzen genutzt wird, sollten die Prozesse soweit wie möglich energetisch optimiert und dadurch die im Prozess nicht mehr genutzte Abwärme weitestgehend reduziert werden [35] & [39]. Der Prozesswärmebedarf liegt in den einzelnen Produktionsprozessen der verschiedenen Industriezweige auf sehr verschiedenen Temperaturniveaus zwischen etwa 60 °C (Reinigungsprozesse) und weit mehr als 1.000 °C (Produkte der Grundstoffindustrie wie z.B. Roheisen und Stahl, Zement, Glas und Keramik). Die chemische Industrie benötigt Temperaturen zwischen 100 - 500 °C (in einigen Fällen bis 1.000 °C). Im Gegensatz dazu fragen die Konsumgüterindustrie (z. B. Textilien, Pharmaka, Nahrungsmittel) sowie der Investitionsgütersektor (z. B. Fahrzeug- und Maschinenbau, Elektrotechnik) typischerweise eher Raumwärme- und Niedertemperaturwärme für beispielsweise Wasch- und Trocknungsprozesse zwischen 40 - 90 °C (Ausnahme Oberflächenbehandlung von Metallen ab 180 °C für die Pulverlackierung) nach. Reinigung bzw. Sterilisierung nach Produktionsprozessen erfordert je nach Länge des Vorganges und Dampfdruck zwischen 121 - 134 °C (für 3-15 Minuten) und dies zumindest 1x pro Woche. Bei großen Kesseln etwa für Biotechnologie-Prozesse oder Brauereien fallen hier große Mengen an [35], [41].

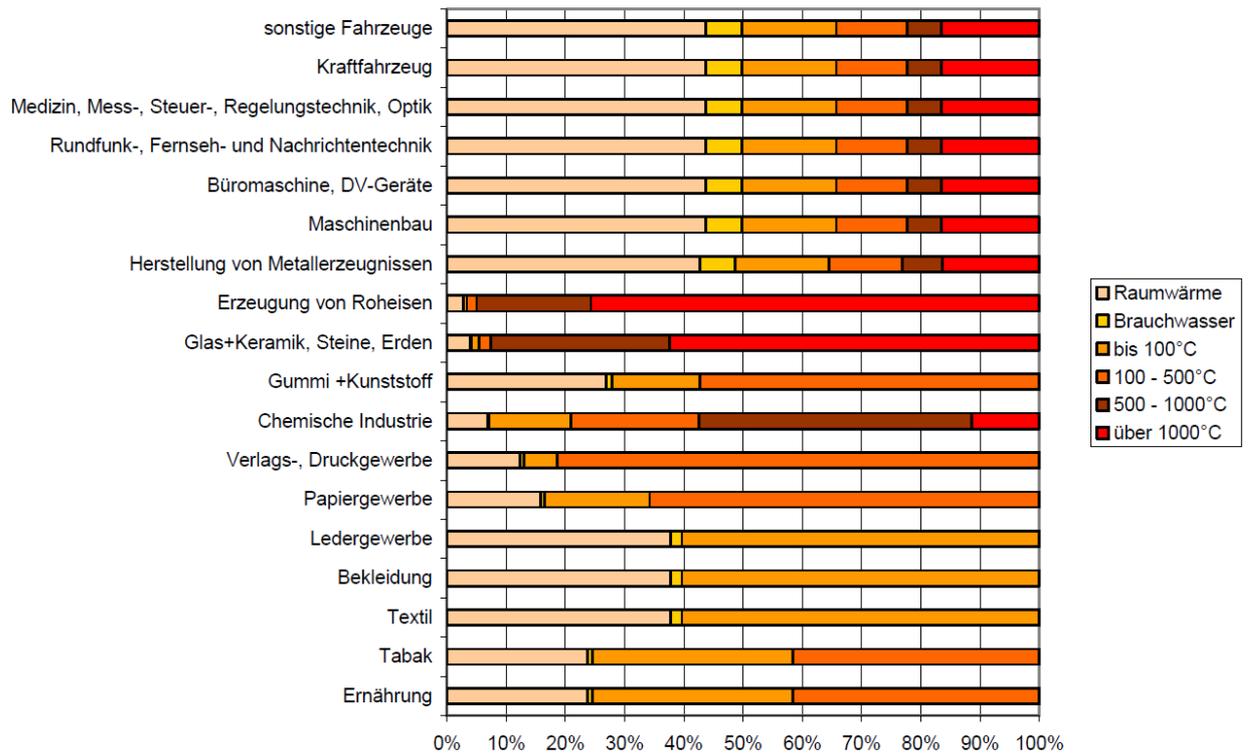


Abbildung 32: Temperaturniveaus unterschiedlicher Industrieprozesse [41]

In Abbildung 33 sind einige Industrieprozesse dargestellt, die für Niedertemperaturanwendungen von Bedeutung sind. Besonders die Vielzahl an Niedertemperatur-Prozessen unter 100 °C macht die Ernährungsbranche attraktiv für die Nutzung von Abwärmequellen aber auch alternativer Energieträger wie Wärmepumpen, Solar- und Geothermie.

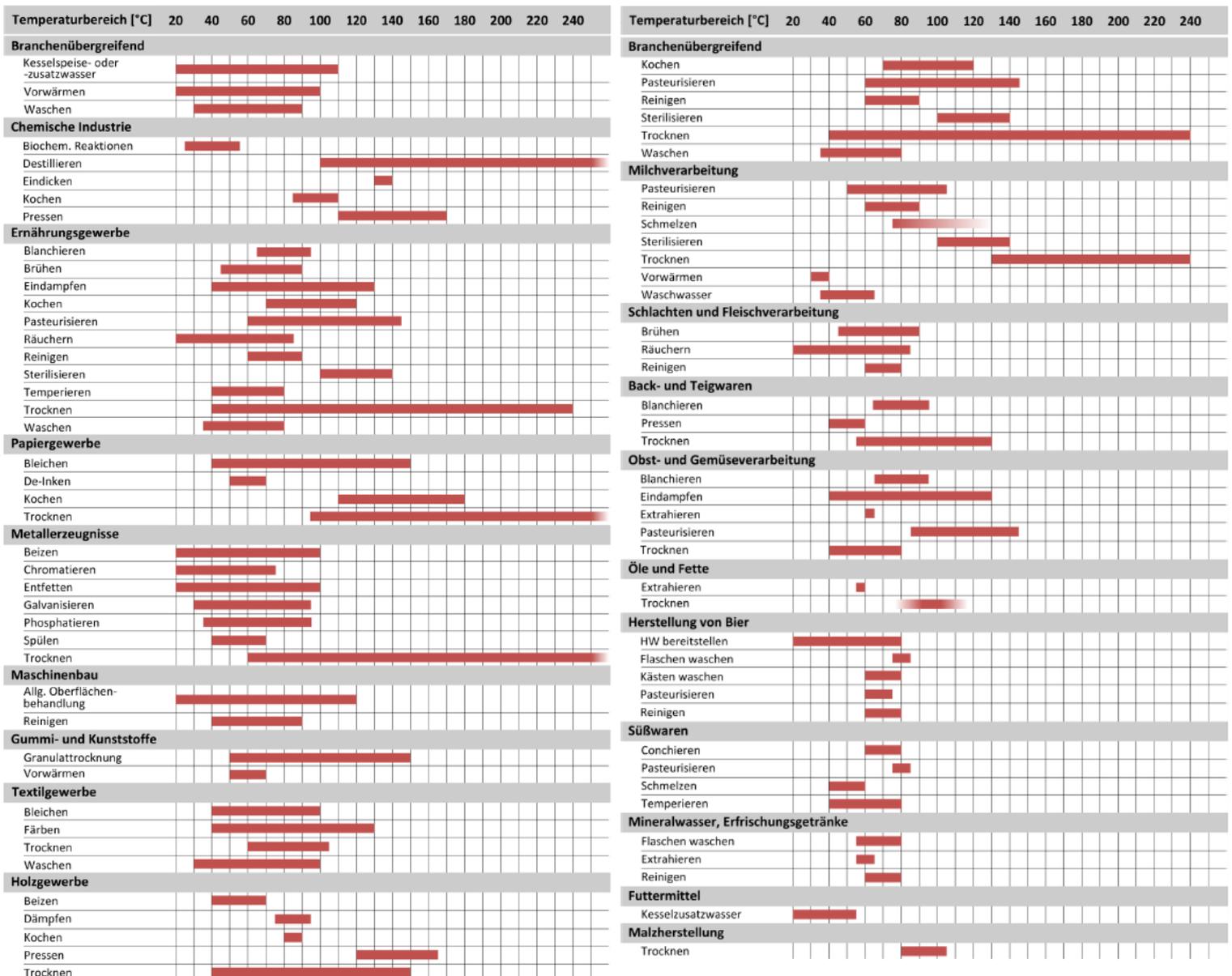


Abbildung 33: Bedeutende Industrieprozesse und Temperaturbereiche verschiedener Branchen (links); Aufschlüsselung von Behandlungsverfahren im Ernährungsgewerbe (rechts) [42]

3.2 Abwärmenutzung in Österreich (ausgewählte Beispiele)

Derzeit liegt der Anteil von Abwärme an der Fernwärmeproduktion in Österreich bei rund 2 % (inkl. Geothermie). Im internationalen Vergleich ist das Thema Abwärmenutzung in den skandinavischen Ländern z.B. Norwegen, Dänemark und im Besonderen Schweden (Anteil der Abwärme ca. 11 % [43]) stärker präsent. Die Entwicklung der Abwärmenutzung in Österreich zeigt klar steigende Tendenzen. Verstärkt setzen Energieversorger auf die Integration von Abwärme; sowohl direkt als auch indirekt mittels Wärmepumpe. Beispiele hierfür sind [43], [44], [39], [45], [36]:

- Wien (OMV, Hrachowina, Henkel Austria, Manner)

- Graz (Sappi, Marienhütte, Eishalle, Kläranlage, Linde Gas)
- Linz (voestalpine)
- Leoben (voestalpine Stahl Donawitz)
- Hallein (Schweighofer Fiber)
- Kirchdorf an der Krems (Kirchdorfer Zementwerk Hofmann)
- Schwechat (Brauerei; Projekt in Planung)

3.3 Technische Lösungsmöglichkeiten zur Nutzung von Abwärme in Wärmenetzen

Abhängig vom Temperaturniveau der vorliegenden Abwärmequelle kann die Wärme über einen Wärmeübertrager in das Wärmenetz eingespeist bzw. Wärmepumpen eingesetzt werden, um Niedertemperatur-Abwärme auf ein höheres Niveau zu heben. Neben der Temperatur spielen die Energiemengen/Leistungen sowie die zeitliche Verfügbarkeit (Kontinuität und Volllaststunden) von Abwärme aus der Industrie eine wesentliche Rolle. Die Verfügbarkeit hängt von den Eigenschaften des Industrieprozesses ab bzw. von etwaigen Unterbrechungen des Prozesses für Wartung, Instandhaltung oder Revisionen sowie vom Absatz der produzierten Produkte und der damit verbundenen Anlagenauslastung. Bei unzeitigem Abwärmepotential können Speicher- oder Back-up-Systeme nötig sein, um die Versorgungssicherheit im Wärmenetz gewähren zu können. Außerdem ist auch der räumliche Abstand zwischen Wärmequelle und Wärmesenke (Wärmenetz) zu beachten. Große Entfernungen führen zu langen Transportleitungen wodurch ein wirtschaftlicher Betrieb gefährdet wird. Abbildung 34 erlaubt eine erste Einschätzung über die am weitesten verbreiteten Technologien zur Abwärmennutzung in Abhängigkeit von Temperatur und thermischer Leistung [39], [46], [47], [48].

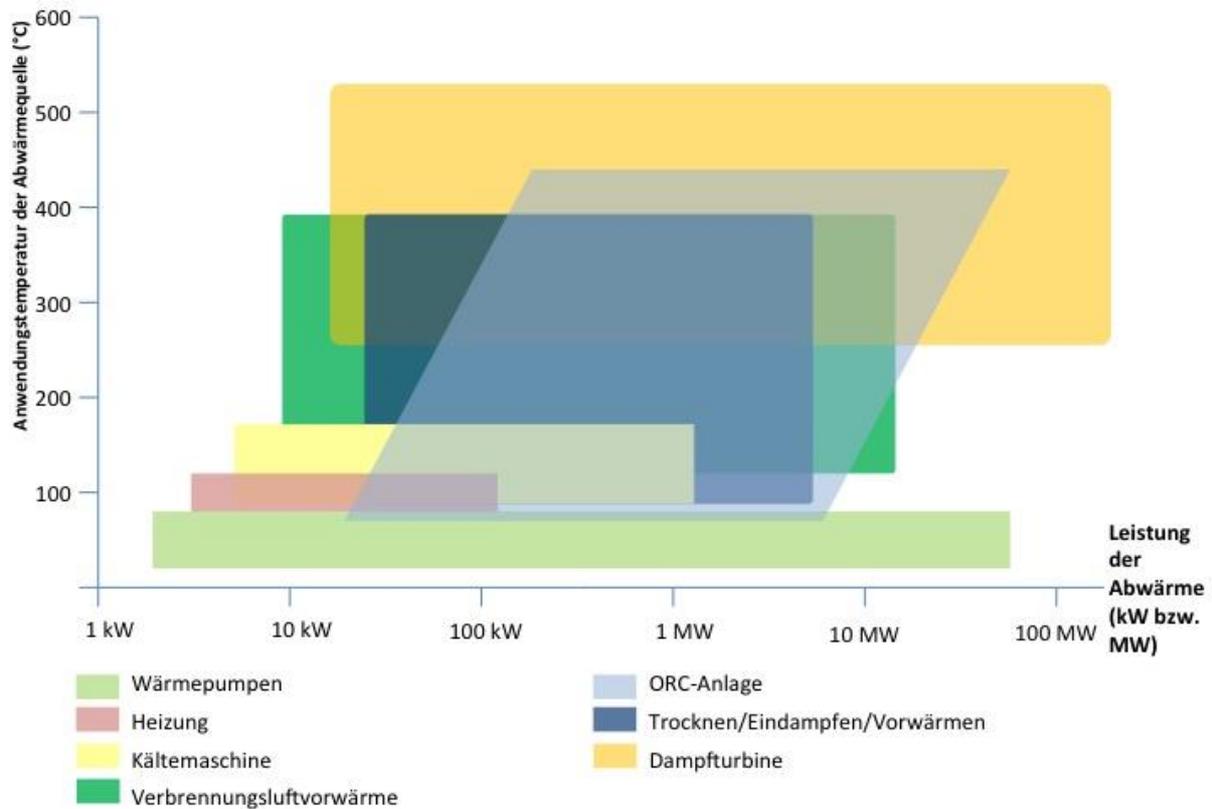


Abbildung 34: Gängige Technologien zur Abwärmenutzung in Abhängigkeit von Temperatur und thermischer Leistung [48]

3.4 Voraussetzungen und Hemmnisse von Abwärmeeinspeisung

Die Einspeisung von Abwärme in ein bestehendes Fernwärmenetz unterliegt derzeit keinen regulatorischen Vorgaben. Es besteht kein rechtlicher Anspruch auf Einspeisung oder Durchleitung eines Dritten im Fernwärmenetz. Wesentliche Entscheidungskriterien sind technische sowie wirtschaftliche Vorteile einer Projektumsetzung.

Aufgrund der teilweisen hohen Investitions- und Betriebskosten sind die Errichtung sowie der Betrieb eines Wärmenetzes für eine externe Abwärmenutzung für Gewerbe und Industriebetrieben üblicherweise wirtschaftlich nicht vorteilhaft, wodurch sich eine Umsetzung durch Contractoren oder Wärmeversorger anbietet. Wärmeversorger agieren üblicherweise nach dem Merit-Order-Prinzip womit die Wärmegestehungskosten einer Abwärmeeinspeisung über die Möglichkeit zur Einspeisung entscheiden. Ergibt sich in einem Projekt ein wirtschaftlicher Vorteil für die Projektbeteiligten, so entscheiden bilaterale Verhandlungen über die Aufteilung auf die Projektpartner. Ist die technische und wirtschaftliche Machbarkeit gegeben, so finden sich dennoch Barrieren für Umsetzungen wieder. Standortsicherheit bzw. volatile Rohstoffmärkte sind dabei wesentliche Risikofaktoren für erfolgreiche Umsetzungen [26].

Aufgrund von Zielgruppen- oder technologischen Hemmnissen werden diese Potenziale nur zu einem geringen Teil genutzt: Gründe hierfür sind strukturelle, finanzielle, informationsbezogene und betriebliche, insbesondere wärmelogistische Hemmnisse (beispielsweise die räumliche und zeitliche Übereinstimmung von Wärmeangebot und -nachfrage und die Informationslage zu Wärmenutzungstechnologien und -quellen). Als besondere Barrieren zeigten sich auch Bedenken bezüglich der Produktionssicherheit, aber auch die Amortisationserwartungen. Andererseits wirken steigende Energiepreise, eine verstärkte Durchdringung von Energiemanagementsystemen, aber auch Imagegewinn und persönliches Engagement von Geschäftsleitung und Energiebeauftragten förderlich [35] & [38].

3.5 Identifikation von Abwärmepotenzialen in Österreich

Anders als die Identifikation von beispielsweise Potentialen für Solarenergie ist die Identifikation von Potentialen industrieller Abwärme anhand öffentlich zugänglicher Daten nicht ohne Weiteres machbar. In [38] & [49] werden Methoden zur Identifikation von Abwärmepotenzialen beschrieben (siehe auch Abbildung 36 und Abbildung 36).



Abbildung 35: Methodischer Ansatz zur Identifikation von Abwärmepotenzialen [38]

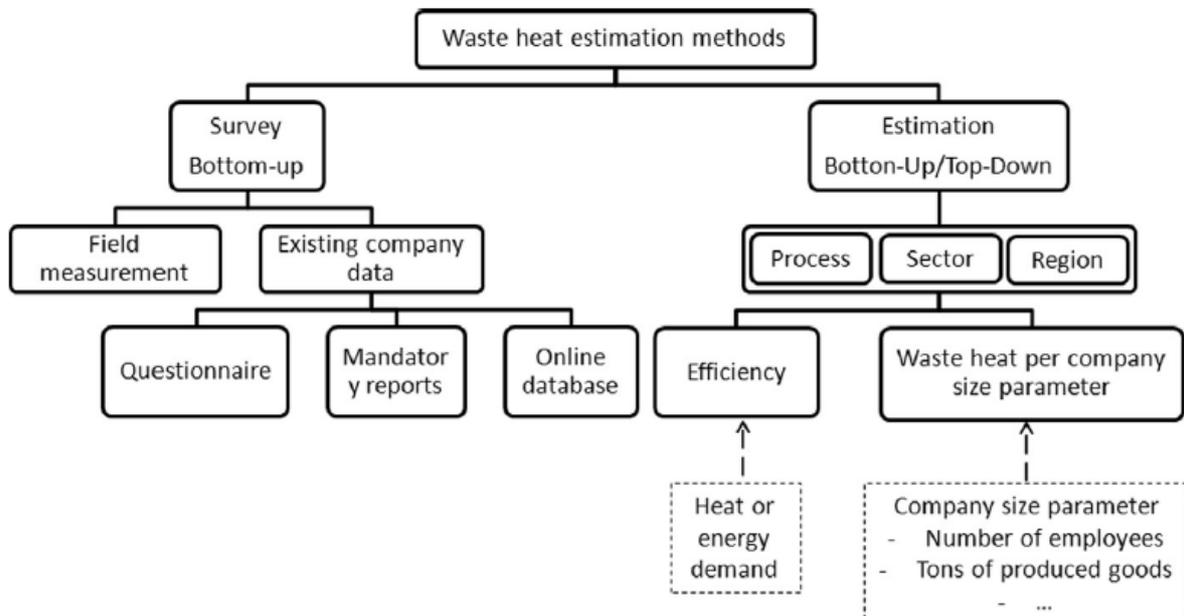


Abbildung 36: Möglichkeiten zur Identifikation von Abwärmepotentialen aus der Industrie [49]

3.5.1 Abwärmepotentiale in Österreich

Die Kommunalkredit Public Consulting (KPC) hat im Jahr 2012 in einer Studie einen Überblick zu vorhandenen und ungenutzten Abwärmequellen in Industriebetrieben Österreichweit erstellt. Dazu wurde eine Befragung der 1.450 energieintensivsten Unternehmen Österreichs durchgeführt. Im Rahmen der Umfrage wurden 175 Abwärmequellen von 145 Unternehmen berichtet. Die Ergebnisse der Studie sind Tabelle 4 und in Abbildung 37 dargestellt [36] & [39].

Tabelle 4: Berichtete Abwärmepotentiale im Rahmen der Abwärmepotenzialerhebung [36]

Temperaturniveau	Freies Potenzial (externe Nutzung) [GWh/a]	Verplantes Potenzial (interne Nutzung) [GWh/a]	Summe [GWh/a]
> 100 °C	428	306	734
50 - 100 °C	455	368	823
< 35 °C	5.292	4	5.296
Summe	6.175	678	6.853

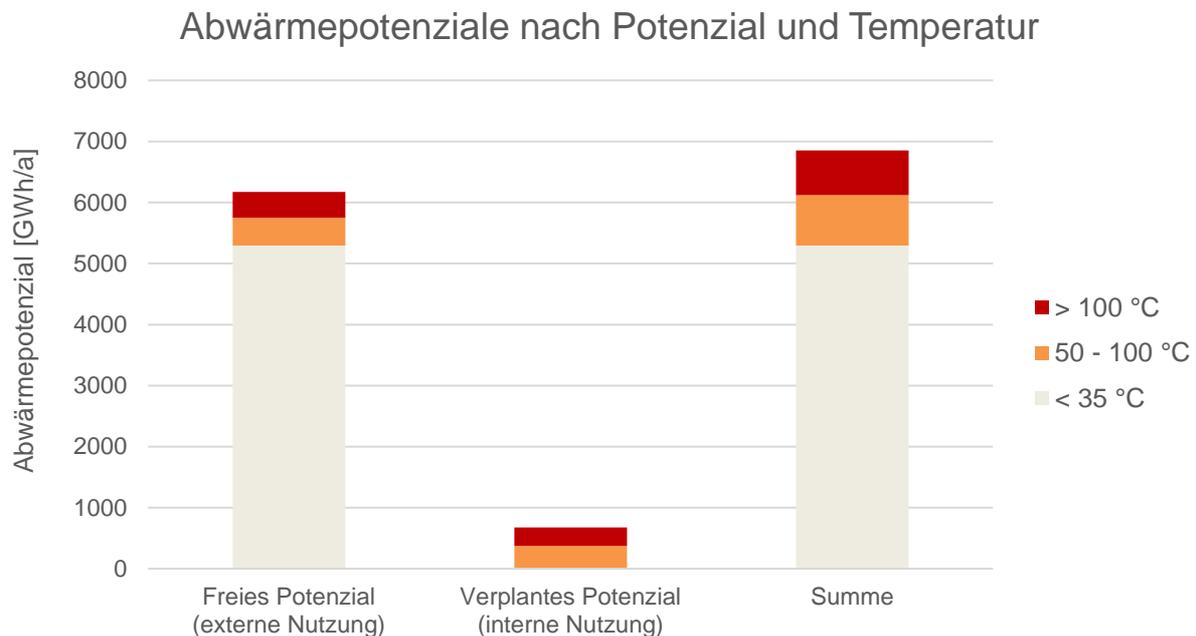


Abbildung 37: Abwärmepotenziale dargestellt nach Potenzial und Temperatur [36]

Die Abwärmepotenziale wurden in drei Temperaturstufen eingeteilt. Im Bereich < 35 °C wurde dabei das mit ≈ 5.300 GWh mit Abstand größte Potential erhoben. Darunter fallen vor allem Ab- und Kühlwasser die z.B. mittels Wärmepumpen auf ein höheres Temperaturniveau gebracht und somit zu Heizzwecken verwendet werden könnten. Innerbetrieblich liegen oftmals noch höhere Temperaturen vor. Aufgrund von Einleitgrenzwerten muss die Temperatur jedoch meist reduziert werden bevor eine Einleitung in z.B. Ab-, Grund- oder Oberflächenwasser erfolgen kann. Mit ansteigender Temperatur sinkt das Potential an verfügbarer Abwärme. So stehen im Bereich von 50 - 100 °C noch rund 820 GWh zur Verfügung und bei Temperaturen > 100 °C nur noch rund 730 GWh. Außerdem unterscheidet die Studie zwischen freiem und verplantem Potential. Das verplante Potential stellt Wärme dar, die bereits für die interne Nutzung verplant ist. Das freie Potential kann extern z.B. in thermischen Netzen genutzt werden [36] & [39].

Hohe Abwärmepotenziale für externe Nutzungen werden in folgenden Regionen erwartet (siehe folgende Abbildungen): Raum Graz und Umgebung, Mur-Mürz-Furche, Tiroler Inntal, Zentralraum Steyr/Wels, Linz, Krems, Amstetten, Schwechat sowie im Vorarlberger Rheintal [36].

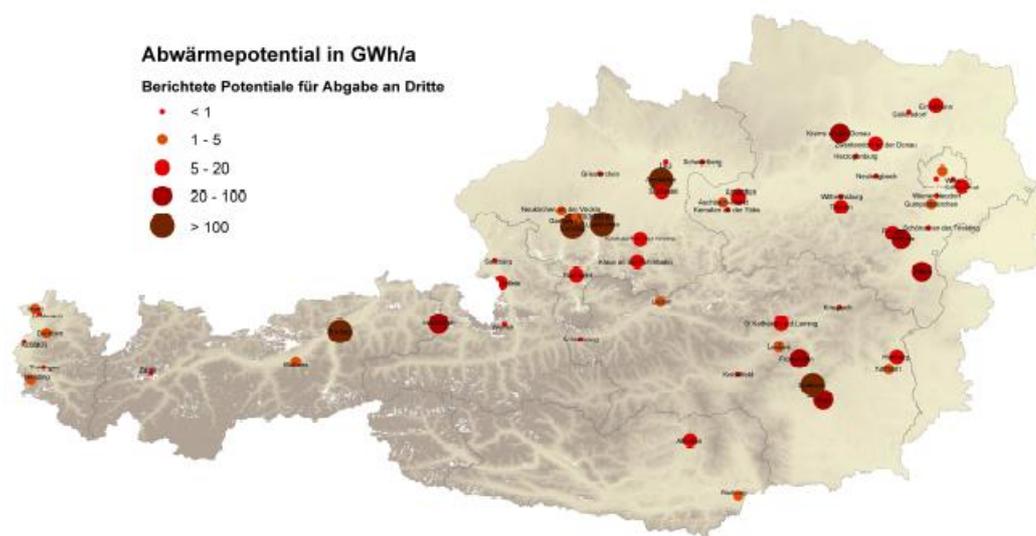


Abbildung 38: Berichtete Potentiale für Abgabe an Dritte laut der Abwärmepotenzialerhebung [36]

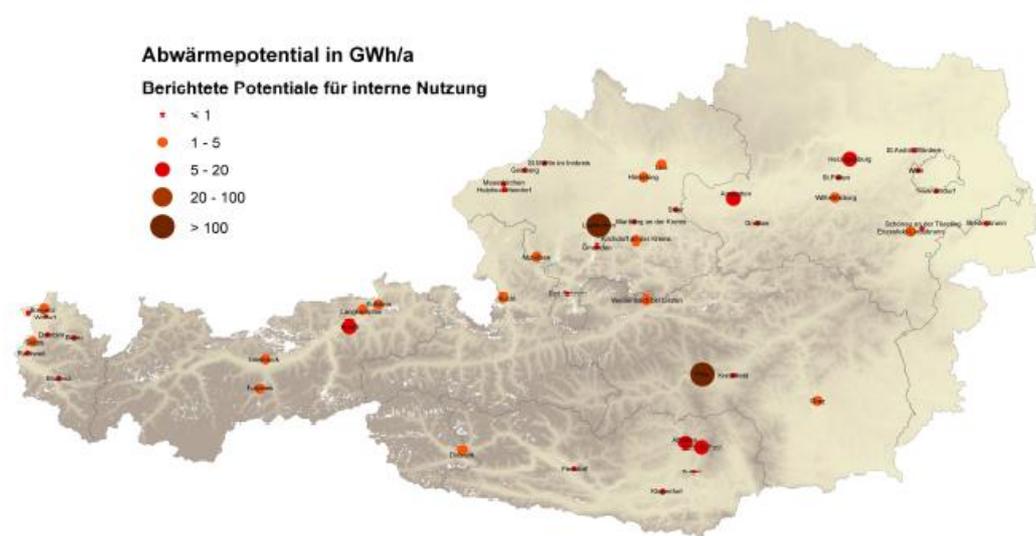


Abbildung 39: Berichtete Potentiale für Abgabe an Dritte laut der Abwärmepotenzialerhebung [36]

Eine weitere Erkenntnis aus der Studie ist, dass rund 95 % der Abwärme konstant zur Verfügung stehen und nicht durch z.B. Anlagen-Revisionen beeinträchtigt ist. Außerdem befinden sich ca. 97 % der Abwärme in Gemeinden mit bereits vorhandenem Nah- bzw. Fernwärmenetz, wodurch eine Nutzung zu Heizzwecken in den meisten Fällen grundsätzlich möglich wäre bzw. die infrastrukturellen Voraussetzungen gegeben sind.

Um die vorhandene Abwärme hinsichtlich einer weiteren Nutzung in Wärmenetzen bewerten zu können, ist neben der möglichen bzw. zur Verfügung stehenden Energiemenge auch das Temperaturniveau von entscheidender Bedeutung. Abbildung 40 zeigt die Temperaturniveaus die einerseits von Wärmesenken, wie z.B. Raumheizung oder Warmwasserbereitung benötigt werden und andererseits die Temperaturen die von möglichen Wärmequellen zur

Verfügung gestellt werden können. Wie Abbildung 37 zeigt, weisen Abwärmequellen in österreichischen Industriebetrieben, Großteiles ein sehr niedriges Niveau ($< 35\text{ °C}$) auf, wodurch diese in dieselbe Temperaturkategorie wie natürliche Wärmequellen (Wasser, Erdreich, Luft) für Wärmepumpen fallen bzw. können die natürlichen Quellen sogar übertroffen werden. Dadurch stellen industrielle Niedertemperatur-Abwärmequellen eine zu bevorzugende Wärmequelle für Wärmepumpen dar [36] & [39].

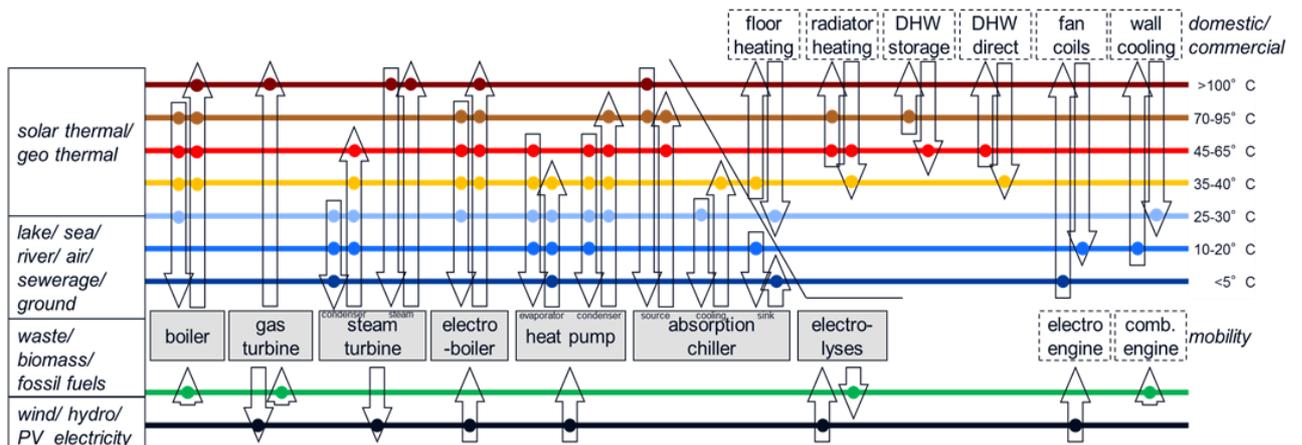


Abbildung 40: Temperaturniveaus unterschiedlicher Quellen und Senken und Transformationstechnologien [39]

Ein weiteres wichtiges Merkmal zur Bewertung von Abwärmequellen ist das Medium, das die Wärme beinhaltet. Meist werden in industriellen Prozessen Fluide (flüssig oder gasförmig) als Wärmeträgermedium eingesetzt. Abhängig vom Aggregatzustand weisen diese Medien unterschiedliche spezifische Wärmekapazitäten auf. Je nach vorliegendem Temperaturniveau und den Eigenschaften des Wärmeträgermediums müssen unterschiedliche Technologien wie z.B. unterschiedliche Arten von Wärmeübertrager oder unterschiedliche Einbindevarianten eingesetzt werden, um die Abwärme in Nah- oder Fernwärmenetze integrieren zu können [39].

3.5.2 Abwärmepotenziale in Wien

Im Zuge des Projektes HEAT_re_USE.vienna wurde eine generische Methode entwickelt, um Abwärmepotenziale durch Verschneidung von Daten und Kennzahlen zu identifizieren. Ziel des Projektes war es, anhand des Fallbeispiels Wien systematisch verfügbare Abwärmequellen aus unterschiedlichsten Industrie- und Gewerbebetrieben zu identifizieren, zu charakterisieren und hinsichtlich der Nutzungsmöglichkeiten direkt in der näheren Umgebung oder zur Einspeisung in das Fernwärmenetz zu evaluieren. Anhand dessen wurden ökonomische und ökologisch sinnvolle Pilotprojekte identifiziert um Grobkonzepte für Mikro-Fernwärme-Netze oder für die Einspeisung in das Fernwärme-Netz Wien zu entwickeln [38].

Im Vordergrund stand dabei die Entwicklung und Anwendung einer systematischen Methode zur Identifikation von Abwärmequellen in Wien. Dazu wurden verfügbare Datenquellen recherchiert und analysiert, die Abwärmepotenziale relevanter Betriebe anhand deren Charakteristika mit Hilfe von Literaturdaten abgeleitet und in einer Geodatenbank räumlich explizit erfasst. Diese Daten wurden mit potenziellen Nutzern (Verbrauchern in der Umgebung oder Einspeisung in das Fernwärmenetz) abgeglichen. Für vielversprechende Fallbeispiele mit einem hohen Abwärmenutzungspotenzial wurden im Rahmen von Workshops mit relevanten Stakeholdern mögliche Umsetzungen sowie technische und nicht-technische Barrieren diskutiert. Für zwei vielversprechende Anwendungen werden Nutzungskonzepte entwickelt, wo neben der technischen Machbarkeit auch die Wirtschaftlichkeit bzw. Wettbewerbsfähigkeit der möglichen Abwärmenutzungen geschätzt wird [38].

Zusammenfassend wurden folgende Ansätze anhand des Fallbeispiels Wien kombiniert und jene Schritte durchgeführt (siehe auch Abbildung 41) [38]:

- Recherche der Produktionsmengen relevanter Branchen (Quelle amtliche Statistik),
- Abschätzen des Energiebedarfs für die relevanten Produktionsprozesse, der Wirksamkeitsgrade, der Abwärmemengen nach Branchengruppen (aus empirischen Analysen und Literatur),
- Eingrenzen der für Abwärmenutzung relevanten Branchen,
- Branchenspezifische Charakterisierung der Abwärmequellen (Temperaturniveaus),
- Erfassen der Standorte / Standorträume wo Abwärme dieser Branchen anfällt (Quelle: kleinräumige Statistik mit Geodatensatz der statistischen Einheiten, bzw. geeigneten Unternehmensdatenbanken mit Standortsadressen für deren Verortung),
- Berechnen der lokalen Abwärmemengen über produktionsbezogene Proxydaten (Beschäftigte) für die Standorte / Standorträume, aus denen der Anteil der Produktion an der Gesamtproduktion und damit die Abwärmemenge abgeleitet werden kann,
- Ausweisen der verfügbaren Temperaturniveaus der Abwärme anhand einer Literaturrecherche.
- Validierung der Daten aus der Literatur mit erhobenen Daten aus Unternehmensbefragungen



Abbildung 41: Schritte zur Abschätzung des Abwärmepotenzials [38]

Die Abwärmepotenziale wurden nach ihrer Nutzbarkeit bewertet und in folgende Temperaturniveaunklassen eingeteilt [38]:

- **Niedertemperatur – NT (35-100°C):** direkt nutzbar in Niedertemperaturnetzen (z.B. Fußbodenheizung bei Passivhäusern) oder mittels Wärmepumpe auf ein höheres Temperaturniveau anhebbar, um die Einspeisung in ein Wärmenetz zu ermöglichen. Allgemein ist hier anzumerken, dass eine Einspeisung in den Vorlauf des bestehenden Wiener Netzes aus aktueller Sicht eher nicht möglich ist. In einem lokalen Wärmenetz mit geringeren Temperaturen wäre dies jedoch möglich.
- **Mitteltemperatur – MT (100-500°C):** direkt in ein Wärmenetz einspeisbar bzw. zur Umwandlung in elektrische Energie geeignet
- **Hochtemperatur – HT (>500°C):** direkt nutzbar zur Umwandlung in elektrische Energie oder abgekühlt nutzbar zur Einspeisung in ein Wärmenetz

Grundsätzlich wurden bei der Analyse der Abwärmepotenziale die Hauptprozesse, für die eine Abwärmenutzung in Frage kommt, betrachtet. Aus diesem Grund wurde hierbei die Abwärme <35°C nicht gesondert berücksichtigt. Abbildung 42 zeigt als Ergebnis das nutzbare Abwärmepotenzial nach Temperaturniveaus und Abwärmemengen, aggregiert für 250x250m Rasterfelder. Zusätzlich wurde die Verteilung des Heizenergiebedarfs abhängig von der Baualter- und Gebäudestruktur (Abbildung 43) sowie die in den nächsten Jahren geplanten größeren Wohnbau-Projekte (Abbildung 44), bei denen eine Nutzung lokaler Abwärmequellen überprüft werden sollte, verortet [38].

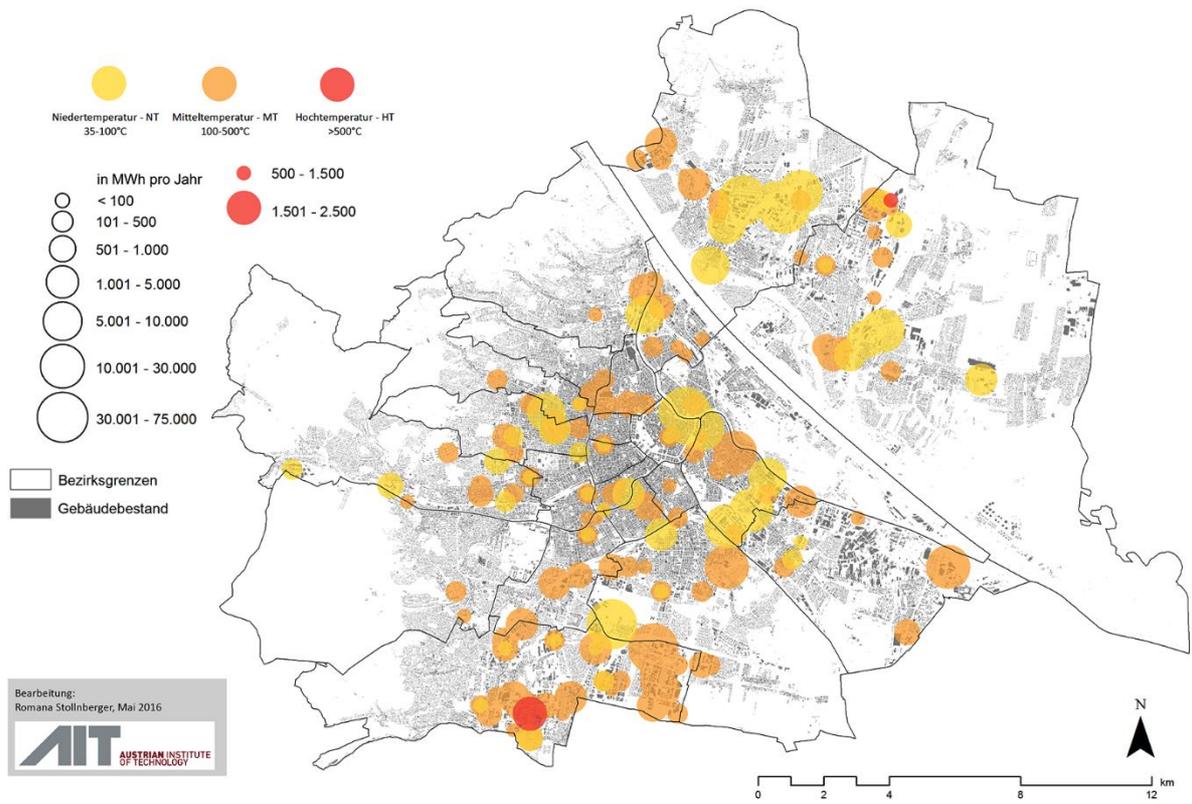


Abbildung 42: Räumliche Verteilung des nutzbaren Abwärmepotenzials Wiener Unternehmen nach Temperaturniveaus [38] & [50]

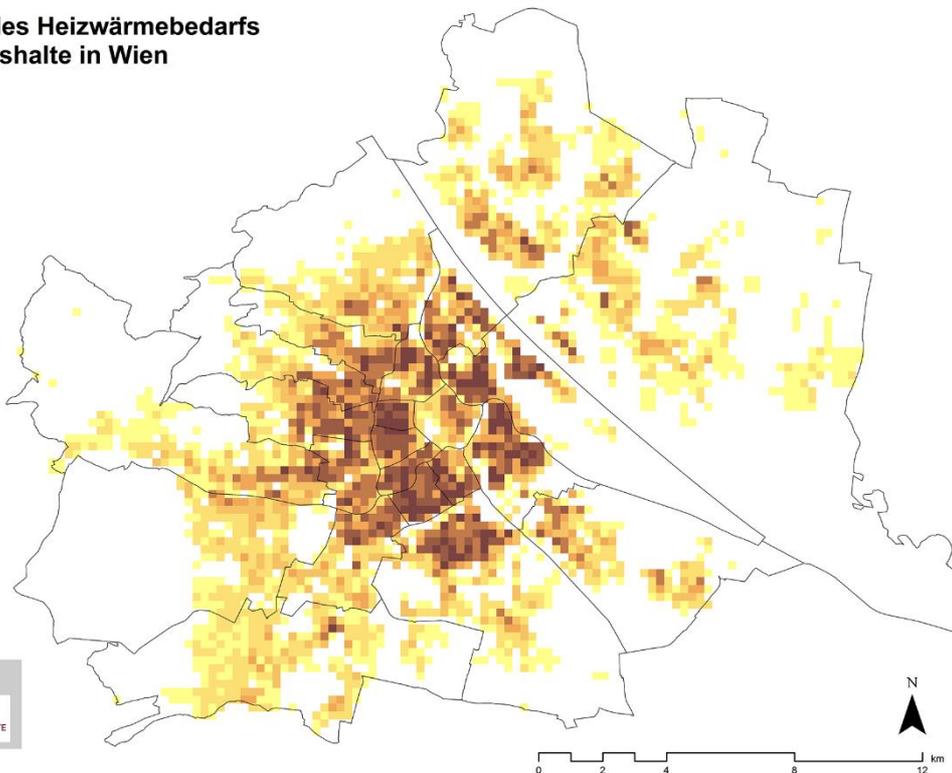
Abschätzung des Heizwärmebedarfs für private Haushalte in Wien

Heizwärmebedarf in GWh pro Jahr

Abschätzung basiert auf 250*250 Meter Rasterzellen

- < 1,5
- 1,5001 - 3
- 3,001 - 4,5
- 4,5001 - 6
- 6,001 - 8
- 8,001 - 10
- 10,001 - 17

Bezirksgrenzen



Bearbeitung:
Romana Stollinger, Mai 2016
AIT
AUSTRIAN INSTITUTE
OF TECHNOLOGY

Abbildung 43: Jährlicher Heizenergiebedarf (berechnet je m² aktueller Wohnfläche) bezogen auf 250x250m Rasterzellen [38] & [50]

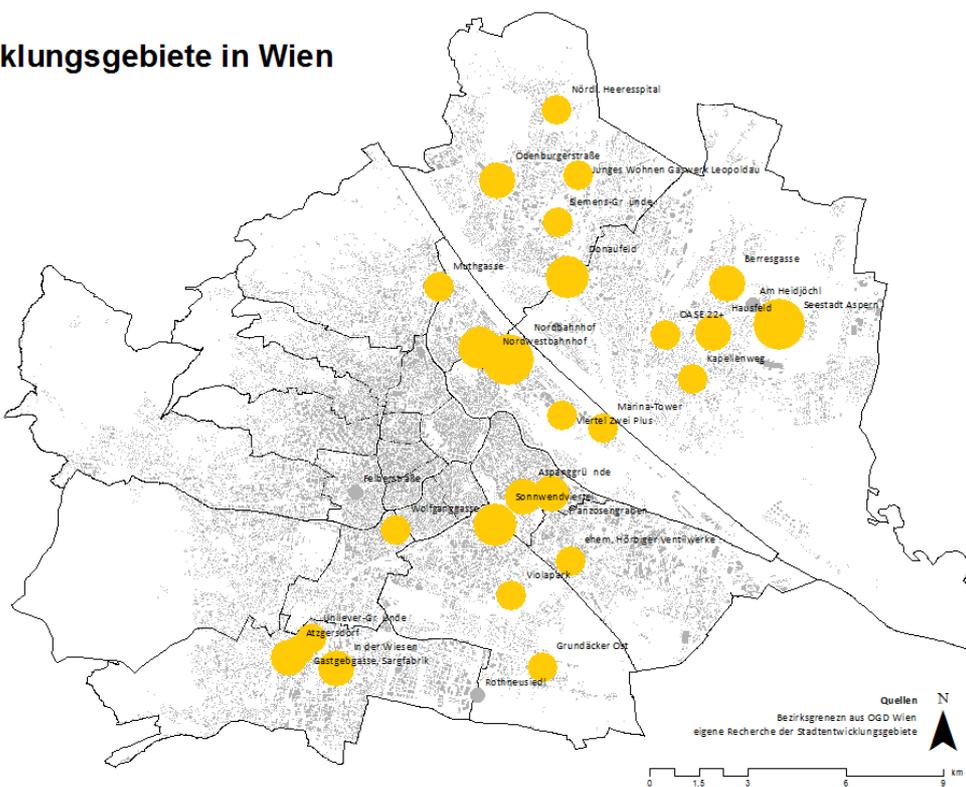
Stadtentwicklungsgebiete in Wien

Anzahl der Wohnungen

- unbekannt
- < 1.000
- 1.001 - 3.000
- 3.001 - 6.000
- 6.001 - 10.000

Bezirksgrenzen

Gebäudebestand



Quellen
Bezirksgrenzen aus OGD Wien
eigene Recherche der Stadtentwicklungsgebiete

Abbildung 44: Künftige Projektentwicklungen im Wohnbau (basierend auf Web-Veröffentlichungen der MA18 sowie Presseinformationen großer Bauträger) [38] & [50]

Aufgrund der hohen Errichtungs- bzw. Anschlusskosten von Fernwärmenetzen, ist eine lokale Nutzung der Abwärme, die zumeist auf niedrigem Temperaturniveau anfällt, aus wirtschaftlicher Sicht am sinnvollsten. Aus diesem Grund wurde eine mögliche Deckung des Heizwärmebedarfs von privaten Haushalten mit der verfügbaren Abwärme anhand von zwei Distanzklassen (250m und 500m) um die Abwärmequelle untersucht. Durch diese Gegenüberstellung der Anbieter- sowie der Nachfragerseite konnten die nutzbaren Abwärme räumlich verortet werden. Die folgenden Abbildungen zeigen schließlich die räumliche Überlagerung des potenziellen Angebots mit der potenziellen Nachfrage. Grün markierte Bereiche zeigen einen Überschuss an Abwärme während die roten Bereiche ein Defizit an Angebot zeigen. Durch die geringen Abwärmemengen und dem hohen Wärmebedarf in der Innenstadt ergibt sich sowohl bei der Analyse mit 500m als auch mit 250m ein hoher zusätzlicher Bedarf an Abwärme, um die Wohnungen im Umkreis damit versorgen zu können. In den Außenbezirken könnten aufgrund weniger dicht besiedelter Gebiete bereits ein höherer Anteil an Wohnungen mit Abwärme versorgt werden. Bei der Betrachtung der Versorgungsdistanz von 250m ergeben sich wesentlich mehr Areale, die mit der verfügbaren Abwärme versorgt werden könnten. Einige potenzielle Abwärme-Versorgungsgebiete kommen im Vergleich zur 500m-Versorgungsdistanz aufgrund des fehlenden Wärmebedarfs (keine Wohnungen in diesem Gebiet) nicht mehr vor. In einer Detailbetrachtung müssten die Temperaturniveaus sowie die wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen geklärt werden [38].

Nutzbarkeit der Abwärmepotenziale in Wien

Bedarfsdeckung

Bilanz des Abwärmeangebots zur Nachfrage privater Haushalte
Umkreis der Abwärmequelle - Radius: 500 Meter
in GWh pro Jahr

zusätzlicher Bedarf	Überschuss an Abwärme
über - 50	0,001 bis 20
-49,99 bis -10	20,001 bis 50
-9,99 bis -5	50,001 bis 55
-4,99 bis 0	

Wärmebedarfsdichte

nur Gebiete, die für eine Fernwärmeversorgung geeignet sind (>10 GWh/km²)

	geringe Dichte
	mittlere Dichte
	hohe Dichte
	sonstige gewerbliche Mischgebiete
	Bezirksgrenzen

Bearbeitung:
Romana Stollberger, Mai 2016

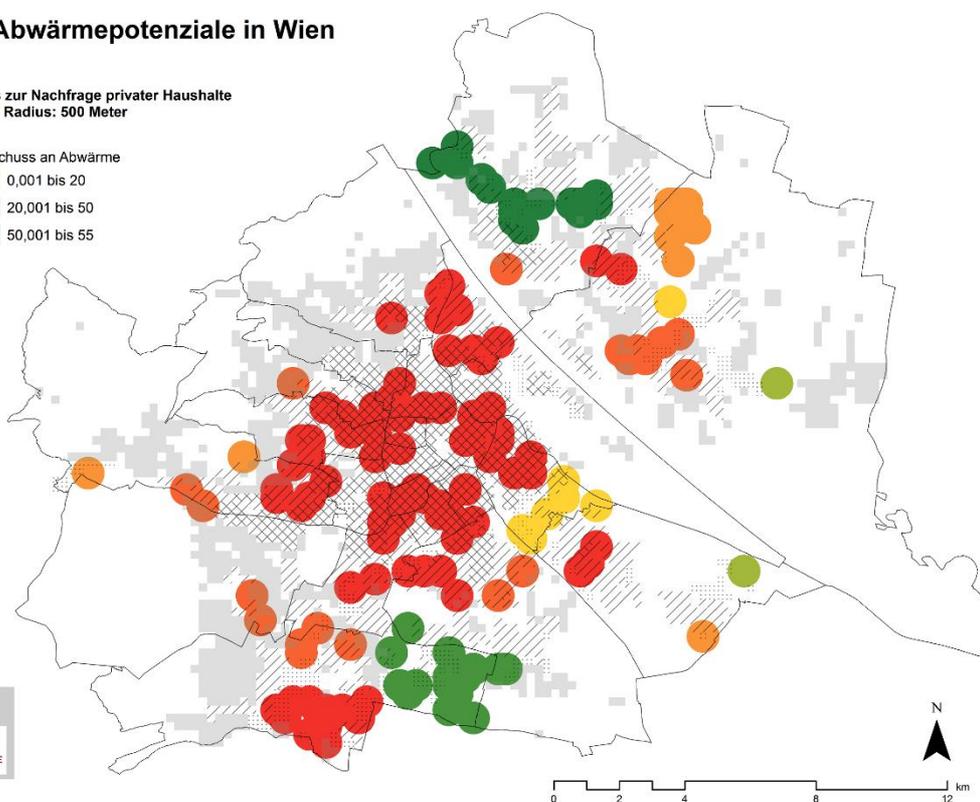



Abbildung 45: Nutzbarkeit der Abwärmepotenziale im Stadtgebiet von Wien (Radius von 500m um die Abwärmequelle) [38] & [49]

Nutzbarkeit der Abwärmepotenziale in Wien

Bedarfsdeckung

Bilanz des Abwärmeangebots zur Nachfrage privater Haushalte
Umkreis der Abwärmequelle - Radius: 250 Meter
in GWh pro Jahr

zusätzlicher Bedarf	Überschuss an Abwärme
über - 50	0,001 bis 20
-49,99 bis -10	20,001 bis 50
-9,99 bis -5	50,001 bis 75
-4,99 bis 0	

Wärmebedarfsdichte

nur Gebiete, die für eine Fernwärmeversorgung geeignet sind (>10 GWh/km²)

geringe Dichte
mittlere Dichte
hohe Dichte
sonstige gewerbliche Mischgebiete
Bezirksgrenzen

Bearbeitung:
Romana Stollnberger, Mai 2016

AIT AUSTRIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

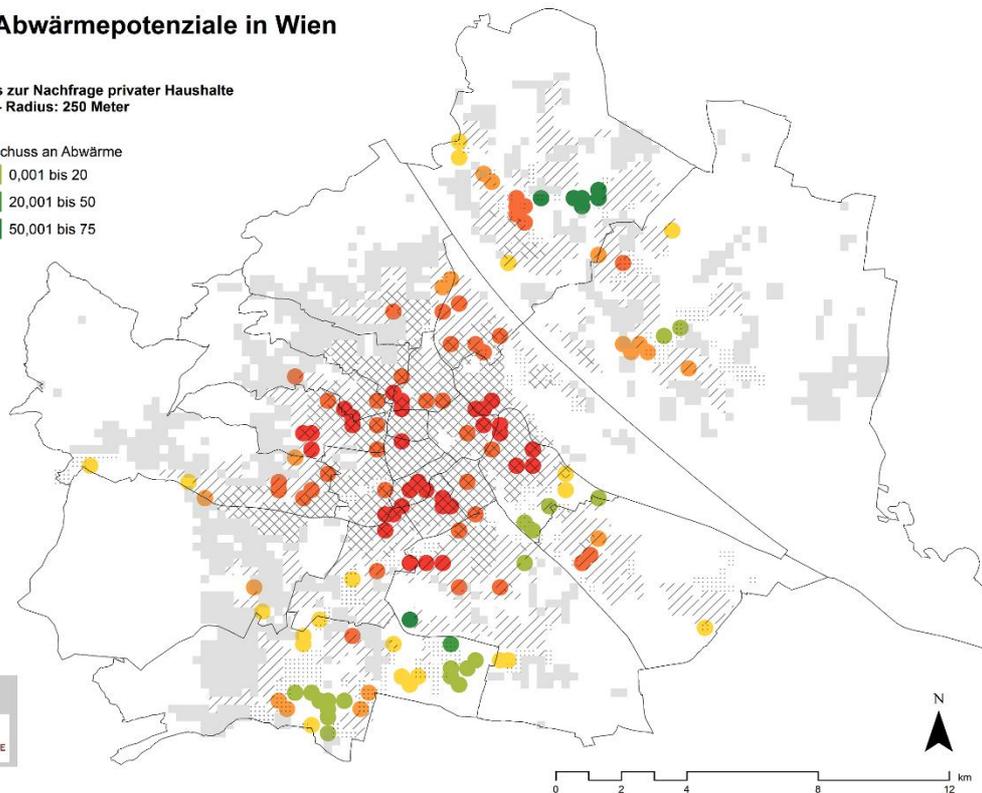


Abbildung 46: Nutzbarkeit der Abwärmepotenziale im Stadtgebiet von Wien (Radius von 250m um die Abwärmequelle) [38] & [50]

3.5.3 Ausblick / Erweiterte Methodenentwicklung (Projekt MEMPHIS)

Auf internationaler Ebene läuft aktuell das Projekt MEMPHIS⁴, welches sich mit der Weiterentwicklung der vorher beschriebenen Methoden beschäftigt. Ziel des Projektes ist es, sowohl potenzielle betriebliche Abwärmequellen als auch Abwasserquellen, durch Anwendung von generischen Methoden und Nutzung von öffentlich verfügbaren Datensätzen, zu identifizieren und zu evaluieren.

Anhand des Fallbeispiels Graz sollen systematisch verfügbare Abwärmequellen aus unterschiedlichsten Industrie- und Gewerbebetrieben sowie Abwasserpotenziale identifiziert, charakterisiert und evaluiert werden. Dadurch sollen ökonomische und ökologisch sinnvolle Pilotprojekte identifiziert werden um Grobkonzepte für Mikro-Fernwärme-Netze oder für die Einspeisung in das Fernwärme-Netz zu entwickeln [51].

⁴ Methodology to Evaluate and Map the Potential of waste Heat from Industry, Service sector and sewage water by using internationally available open data.

Projektpartner: HAWK (Lead), AIT, BRE

Laufzeit: Oktober 2017 – Mai 2019

Fördergeber: IEA Technology Collaboration Programme on District Heating and Cooling including Combined Heat and Power (DHC CHP) ANNEX XII

Methodik

1. Weiterentwicklung und Validierung einer allgemeinen Methodik unter Verwendung von Open Access Daten zur Bewertung der Abwärmepotenziale aus dem Industrie- und Dienstleistungssektor auf städtischer Ebene.
2. Entwicklung und Validierung einer generischen Methodik unter Verwendung von Open Access Daten zur Bewertung der Wärmepotentiale aus Abwasserströmen in Städten.
3. Anwendung der Methoden auf drei repräsentative Städte / Regionen in Österreich, Deutschland und dem Vereinigten Königreich.
4. Analyse der Übertragbarkeit der Methodik auf andere Städte und Mitgliedsländer.

Erwartete Ergebnisse

- Interaktive Onlinekarte von Abwärmeangebotszonen sowie der ermittelten Potenzialcharakteristika.
- Datenvalidierung nach dem Bottom-up-Prinzip durch Stakeholder-Interviews in den ausgewählten Abwärmeverbundzonen der Testgebiete (Diskussion der lokalen Nutzungsmöglichkeiten und notwendiger Begleitmaßnahmen).
- Analyse von nationalen und lokalen Einflussfaktoren auf das technische und wirtschaftliche Potenzial für die Integration von Abwärme sowie die Entwicklung von Geschäftsmodellen und eines Maßnahmenkataloges zur Überwindung von Barrieren.

Anwendung und Zielgruppe

- Transparente, öffentlich zugängliche und international anwendbare Methodik, die Entscheidungsträgern helfen soll, Abwärme zu nutzen.
- Kommunen, Stadtplaner, Energieversorger und Bauherren können mit dem Tool Abwärmepotenziale auf lokaler Ebene ermitteln.
- Unterstützung bei der Entwicklung von Zukunftsstrategien sowie einer verbesserten Energieraumplanung für neue/bestehende und/oder expandierende Netze/Gebiete.



Abbildung 47: Exemplarische Darstellung der erwarteten Ergebnisse als interaktive Karte [51]

4 Literaturverzeichnis

- [1 FGW, „Erdgas und Fernwärme in Österreich - Zahlenspiegel 2016,“ FGW – Fachverband
] der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen, Wien, 2016.
- [2 R.-R. Schmidt, R. Tichler, C. Amann und I. Schindler, „Forschungs-, Innovations- und
] Technologiefahrplan Fernwärme/ Fernkälte Österreich,“ Austrian Institute of Technology,
Energieinstitut Linz, e7, Umweltbundesamt, Wien, 2015.
- [3 FGW, „Erdgas und Fernwärme in Österreich - Zahlenspiegel 2017,“ FGW – Fachverband
] der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen, Wien, 2017.
- [4 FGW, „Erdgas und Fernwärme in Österreich - Zahlenspiegel 2015,“ FGW – Fachverband
] der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen, Wien, 2015.
- [5 bmwfw - Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, „Energiestatus
] Österreich 2015,“ bmwfw - Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und
Wirtschaft, Wien, 2015.
- [6 bmwfw - Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, „Energiestatus
] 2016,“ bmwfw - Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, Wien,
2016.
- [7 A. Müller, R. Büchele, L. Kranzl, G. Totschnig, F. Mauthner, R. Heimrath und C.
] Halmdienst, „Solarenergie und Wärmenetze: Optionen und Barrieren in einer
langfristigen, integrativen Sichtweise (Solargrids),“ TU Wien (EEG), Wien, 2014.
- [8 bmlfuw, „<http://www.klimaaktiv.at/>,“ Dezember 2015. [Online]. Available:
] [http://www.klimaaktiv.at/dam/jcr:9a7bfaa8-87b8-4304-90cd-
bd2bac97626d/Effiziente_Biomasse-Nahwaerme_2015.pdf](http://www.klimaaktiv.at/dam/jcr:9a7bfaa8-87b8-4304-90cd-bd2bac97626d/Effiziente_Biomasse-Nahwaerme_2015.pdf). [Zugriff am 31 August 2016].
- [9 FGW, „Fernwärme Sicher Sauber Bequem - Eine Information der österreichischen
] Fernwärmewirtschaft,“ FGW – Fachverband der Gas- und
Wärmeversorgungsunternehmen, Wien, 2011.
- [1 C. Kristöfel, „Betreibermodelle Biomasseheizwerke,“ BIOENERGY 2020+ GmbH,
0] http://www.bioenergy2020.eu/app/webroot/files/file/Geschaeftsmodelle_CKristoefel.pdf,
Wieselburg, 03. November 2010.
- [1 Wien Energie GmbH und Wien Energie Vertrieb GmbH & Co KG, „Wien Energie GmbH,“
1] [Online]. Available:
[http://www.wienenergie.at/eportal3/ep/channelView.do/pageTypeld/67825/channelId/-
58107](http://www.wienenergie.at/eportal3/ep/channelView.do/pageTypeld/67825/channelId/-58107). [Zugriff am 31 August 2016].
- [1 bmwfw - Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, „Austrian Heat
2] Map,“ e-think und TU Wien, 2015. [Online]. Available: [http://www.austrian-
heatmap.gv.at/das-projekt/](http://www.austrian-heatmap.gv.at/das-projekt/). [Zugriff am 1 September 2016].

- [1 U. Persson und S. Werner, „Heat distribution and the future competitiveness of district heating,“ *Applied Energy*, p. 568–576, März 2011.
- [1 U. Persson und S. Werner, „Effective width - the relative demand for district heating pipe lengths in city areas,“ in *The 12th International Symposium on District Heating and Cooling, September 5th to September 7th*, Tallin, 2010.
- [1 R.-R. Schmidt, D. Basciotti, F. Judex, O. Pol, G. Siegel, T. Brandhuber, N. Dorfinger und D. Reiter, „SmartHeatNetworks - Intelligente Fernwärmenetze,“ Austrian Institute of Technology (AIT) und Salzburg AG, Wien / Salzburg, 2013.
- [1 S. Böhmer und M. Gössl, „Optimierung und Ausbaumöglichkeiten von Fernwärmesystemen,“ Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2009.
- [1 Wärmenetzbetreiber, Interviewee, *Befragung von verschiedenen Wärmenetzbetreibern zu Charakteristika deren Anlagen*. [Interview]. November 2016.
- [1 Arbeitsgemeinschaft QM Holzheizwerke, „Leitfaden qm:kompakt 2.0 für Biomasseanlagen unter 400 kW,“ Landesenergieverein Steiermark, Graz, 2014.
- [1 A. Malik, F. Promitzer und H. Schrammel, „Was ist ein gutes Heizwerk? Bewertung anhand von Kennzahlen und Statistiken,“ Landesenergieverein Steiermark, Graz, 2012.
- [2 Bundeskanzleramt - Rechtsinformationssystem (RIS), „Gesamte Rechtsvorschrift für Feuerungsanlagen-Verordnung, Fassung vom 07.12.2016,“ Bundeskanzleramt der Republik Österreich, Wien, 2016.
- [2 I. E. Europe, „STRATEGO: Multi-level actions for enhanced Heating & Cooling plans,“ European Commission, Brüssel, 2016.
- [2 A. Osterwalder und Y. Pigneur, „Business Model Generation - A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers,“ Self Published, 2009.
- [2 C. Stadler und P. Eijbergen, „Wir ernten die Sonne - Projekte in Dänemark und Status Big Solar Graz,“ *3. Fernwärme/Fernkälte Praxis- und Wissensforum*, p. 26, 7 November 2017.
- [2 M. Haraldsson, Interviewee, *Business Models of Austria in comparison to Sweden*. [Interview]. 28 Juni 2016.
- [2 E. Commission, „Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast),“ European Commission, Brussels, 23.02.2017.
- [2 H. Steinmüller, R. Tichler, S. Goers, S. Moser, L. Rebhandl, G. Muggenhumer, M.-T. Holzleitner, K. de Bruyn, C. Maier, S. Nemeč-Begluk, W. Gawlik, M. Heimberger und M. Köfinger, „OPEN HEAT GRID - Offene Wärmenetze in urbanen Hybridsystemen,“ Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz, Linz, 2016.
- [2 M. Haraldsson, Interviewee, *Swedish experience on pricing models in district heating*. [Interview]. 2 November 2016.

- [2 H. Gåverud, K. Sernhed und A. Sandgren, „Kundernas uppfattning om förändrade 8] prismodeller,“ Energiforsk AB, Stockholm, 2016.
- [2 K. Sernhed, „Customer preferences on district heating models,“ in *2nd International 9] Conference on Smart Energy Systems and 4th Generation District Heating*, Aalborg, 27-28 September 2016.
- [3 C. Walla, Interviewee, *Befragung zur Struktur von österreichischen Wärmenetzen und 0] deren Rechtsformen*, Kommunalkredit Public Consulting GmbH. [Interview]. 29 August 2016.
- [3 P. Jurik, Interviewee, *Befragung zur Struktur von österreichischen Wärmenetzen und 1] deren Rechtsformen*, Fachverband der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen. [Interview]. 30 August 2016.
- [3 Kommunalkredit Public Consulting GmbH, „<https://www.umweltfoerderung.at>,“ Juli 2016. 2] [Online]. Available: https://www.umweltfoerderung.at/fileadmin/user_upload/media/umweltfoerderung/Dokumente_Betriebe/Nahwaermeversorgung/ufi_standardfall_infoblatt_biofern.pdf. [Zugriff am 13 September 2016].
- [3 K. Könighofer, G. Domberger, S. Gunczy, M. Hingsamer, J. Pucker, M. Schreilechner, J. 3] Amtmann, J. Goldbrunner, H. Heiss, J. Füreder, G. Burgstaller und U. Pölzl, „Potenzial der Tiefengeothermie für die Fernwärme- und Stromproduktion in Österreich,“ JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH, Geoteam, Energie AG Oberösterreich Wärme, Graz, 2014.
- [3 Statistik Austria, „Gebäude- und Wohnungszählung Hauptergebnisse Österreich,“ 4] STATISTIK AUSTRIA Bundesanstalt Statistik Österreich, Wien, 2004.
- [3 M. Pehnt, J. Bödeker, M. Arens, E. Jochem und F. Idrissova, „Die Nutzung industrieller 5] Abwärme – technisch-wirtschaftliche Potenziale und energiepolitische Umsetzung,“ ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg; Fraunhofer Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung; IREES GmbH, Heidelberg, Karlsruhe, 2010.
- [3 Kommunalkredit Public Consulting, „Abwärmepotenzialerhebung 2012,“ Wien, 2012. 6]
- [3 S. Brückner, S. Liu, L. Miro, M. Radspieler, L. Cabeza und E. Lävemann, „Industrial 7] waste heat recovery technologies: An economic analysis of heat transformation technologies,“ Garching, 2015.
- [3 W. Loibl, R. Stollnberger, A. Litzellachner und R. Geyer, „HEAT_re_USE.vienna - 8] Sondierung zur systematischen Nutzung von Abwärmepotenzialen in Wien,“ AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Wien, 2017.
- [3 M. Köfinger, „Open Heat Grid: D4.1 - Rahmenbedingungen zur Integration dezentral 9] anfallender (Ab-) Wärmequellen in Wärmenetze,“ AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Wien, 2016.

- [4 M. Theiing, „Instationarität von industrieller Abwärme als limitierender Faktor bei der
0] Nutzung und Integration in Wrmeverteiler- und Wrmenutzungssystemen,“ Kapfenberg,
2009.
- [4 H.-J. Wagner, H. Unger und et al., „Validierung und kommunale Disaggregation des
1] Expertensystems HERAKLES,“ Ruhr-Universität Bochum, Bochum, 2002.
- [4 C. Lauterbach, B. Schmitt und K. Vajen, „Das Potential solarer Prozesswärme in
2] Deutschland,“ Institut für Thermische Energietechnik Universität Kassel, Kassel, 2011.
- [4 FGW – Fachverband der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen, „Fernwärme -
3] Sicher Sauber Bequem,“ Wien, 2011.
- [4 Wien Energie , „Sue Wärme: Manner-Schnitten heizen für Wien,“ 07 01 2016. [Online].
4] Available:
<http://www.wienenergie.at/eportal3/ep/contentView.do/pageTypeld/67831/programId/74495/contentTypeld/1001/channelId/-53365/contentId/82788>.
- [4 R. Büchele, R. Haas, M. Hartner, R. Hirner, M. Hummel, L. Kranzl, A. Müller, K.
5] Ponweiser, M. Bons, K. Grave, E. Slingerland, Y. Deng und K. Blok, „Bewertung des
Potenzials für den Einsatz der hocheffizienten KWK und effizienter Fernwärme- und
Fernklteversorgung,“ TU Wien und Ecofys, Wien, 2015.
- [4 A. Paar, F. Herbert, M. Pehnt, S. Ochse, S. Richter, S. Maier, H. Huther, J. Khne und I.
6] Weidlich, „Transformationsstrategien von fossiler zentraler Fernwärmeversorgung zu
Netzen mit höheren Anteilen erneuerbarer Energien,“ Heidelberg, Leimen, Frankfurt am
Main, 2013.
- [4 Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH, „Technologien der Abwärmenutzung,“
7] Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH, Dresden, 2. Auflage, Dezember 2016.
- [4 A. Grahl, S. Joest und T. Raulien, „Erfolgreiche Abwärmenutzung im Unternehmen -
8] Energieeffizienzpotenziale erkennen und erschlieen,“ Deutsche Energie-Agentur GmbH
(dena), Berlin, 12/2015.
- [4 S. e. a. Brueckner, „Methods to estimate the industrial waste heat potential of regions – A
9] categorization and literature review,“ *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Bd.
38 , p. 164–171, 2014.
- [5 R. Stollnberger, „Industriell-gewerbliche Abwärme­potenziale und deren Nutzung fr eine
0] energieeffiziente Entwicklung im Stadtgebiet von Wien (Diplomarbeit),“ Technische
Universität Wien, Wien, 2016.
- [5 AIT Austrian Institute of Technology GmbH, „MEMPHIS - Methodology to Evaluate and
1] Map the Potential of waste Heat from Industry, Service sector and sewage water by using
internationally available open data,“ IEA Technology Collaboration Programme on District
Heating and Cooling including Combined Heat and Power (DHC CHP) ANNEX XII, Paris,
voraussichtlich 2019.

- [5 C. Hofer, Interviewee, *Auslegung von thermischen Speichern in Wärmenetzen*, Bilfinger 2] VAM Anlagentechnik GmbH. [Interview]. 5 Oktober 2016.
- [5 M. Pülzl, Interviewee, *Auslegung von thermischen Speichern in Wärmenetzen*, aqotec 3] GmbH. [Interview]. 5 Oktober 2016.
- [5 C. Sorger, Interviewee, *Auslegung von thermischen Speichern in Wärmenetzen*, Sorger 4] Engineering. [Interview]. 18 Oktober 2016.
- [5 T. Bauch, Interviewee, *Auslegung von thermischen Speichern in Wärmenetzen*, 5] Solarbayer GmbH. [Interview]. 20 Oktober 2016.
- [5 T. Göschel, Interviewee, *Auslegung von thermischen Speichern in Wärmenetzen*, inetz 6] GmbH. [Interview]. 26 September 2016.
- [5 Hr. Neumann, Interviewee, *Auslegung von thermischen Speichern in Wärmenetzen*, 7] DEHOUST GmbH. [Interview]. 5 Oktober 2016.
- [5 Bilfinger VAM Anlagentechnik GmbH, „www.vam.bilfinger.com,“ 2016. [Online]. Available: 8] <http://www.vam.bilfinger.com/referenzen/apparate-behaelter-tankbau/referenzen-waermespeicher/#gallery2796>. [Zugriff am 20 Oktober 2016].
- [5 Solarbayer® GmbH, „<http://www.solarbayer.de>,“ Solarbayer GmbH, k.A.. [Online]. 9] Available: <http://www.solarbayer.de/planungshilfe-pufferspeicher.html>. [Zugriff am 21 Oktober 2016].
- [6 D. Wolff und K. Jagnow, „Überlegungen zu Einsatzgrenzen und zur Gestaltung einer 0] zukünftigen Fern- und Nahwärmeversorgung,“ delta-q, Wolfenbüttel/Braunschweig, 2011.
- [6 KfW, „www.kfw.de,“ k.A.. [Online]. Available: [https://www.kfw.de/Download-Center/F%20C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%20C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000002410-Merkblatt-271-281-272-282.pdf](https://www.kfw.de/Download-Center/F%20C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%20C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000002410-Merkblatt-271-281-272-282.pdf). [Zugriff am 21 Oktober 2016].
- [6 J. E. Nielsen und R. Battisti, „Rough calculations of the costs and expected yield from a 2] solar district heating plant,“ solar district heating, København, 2012.
- [6 D. Mangold, M. Benner, T. Schmidt, E. Hahne und H. Müller-Steinhagen, „Solarthermie- 3] 2000 TP 3: Solar unterstützte Nahwärme. Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung,“ in *OPET-Seminar Solar unterstützte Nahwärme*, Neckarsulm, 29. und 30.03.2001.
- [6 Österreichischer Städtebund, „www.staedtebund.gv.at,“ Cellent AG, [Online]. Available: 4] <https://www.staedtebund.gv.at/services/aktuelles/aktuelles-details/artikel/oesterreichs-staedte-sind-bevoelkerungsmagneten.html>. [Zugriff am 06 Dezember 2016].
- [6 A. Standards, „ÖNORM EN 1434-6: 2016 03 15, Wärmezähler - Teil 6: Einbau, 5] Inbetriebnahme, Überwachung und Wartung“.
- [6 Bundeskanzleramt der Republik Österreich, „Bundesgesetz vom 5. Juli 1950 über das 6] Maß- und Eichwesen (Maß- und Eichgesetz - MEG),“ Bundeskanzleramt, Referat V/2/a, 2016. [Online]. Available:

- <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10011268>. [Zugriff am 31 Oktober 2016].
- [6 R.-R. Schmidt und D. Basciotti, „Peak reduction in district heating networks: A comparison study and practical considerations,“ in *The 14th International Symposium on District Heating and Cooling*, Stockholm, Sweden, September 7th to 9th, 2014.
- [6 C. Muser, „Großwärmespeicher als Beitrag zur Energiewende in Linz,“ 15 November 2016. [Online]. Available: http://www.ait.ac.at/fileadmin/mc/energy/downloads/News_and_Events/2016_11_15_2.Praxis_und_Wissensforum_FWK/B4_Muser_GWS_Linz_-_Muser.pdf. [Zugriff am 29 November 2016].
- [6 W. H. M. Gawlik, M. Heimberger, R.-R. Schmidt, D. Basciotti, W. Böhme, G. Bachmann, 9] R. Puntigam, K. Haider und E. Arenholz, „OPEN HEAT GRID - Offene Wärmenetze in urbanen Hybridsystemen,“ Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, 2016.
- [7 QM Holzheizwerke, „www.qmholzheizwerke.at,“ [Online]. Available: 0] http://www.qmholzheizwerke.de/fileadmin/sites/qm/files/06_FAQ/FAQ_Gesamtuebersicht.pdf. [Zugriff am 05 Januar 2017].
- [7 A. Oberhammer, „Fernwärmetage 2010,“ 2010. [Online]. Available: 1] <https://www.gaswaerme.at/de/pdf/10-1/oberhammer.pdf> . [Zugriff am 20 3 2013].