

# Energieforschungsprogramm

Publizierbarer Endbericht

**Programmsteuerung:**

Klima- und Energiefonds

**Programmabwicklung:**

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)

Endbericht

erstellt am

17/06/2018

## **heat\_portfolio**

Technische Grundlagen zur signifikanten Integration  
dezentral vorliegender alternativer Wärmequellen in  
Wärmenetze

Projektnummer: 848849

# Energieforschungsprogramm - 1. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Ausschreibung	1. Ausschreibung Energieforschungsprogramm
Projektstart	01/03/2015
Projektende	28/02/2018
Gesamtprojektdauer (in Monaten)	36 Monate
ProjektnehmerIn (Institution)	AIT Austrian Institute of Technology GmbH Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz TU Wien, IET Technikum Wien GmbH Güssing Energy Technologies GmbH Sonnenplatz Großschönau GmbH TB Harald Kaufmann GmbH Öko Energie Strem Reg.Gen.mbH S.O.L.I.D. GmbH
AnsprechpartnerIn	Dr.-Ing. Ralf-Roman Schmidt
Postadresse	Giefinggasse 2, 1210 Wien
Telefon	T +43(0) 50550-6695   M +43(0) 664 235 19 01
Fax	F +43(0) 50550-6679
E-mail	<a href="mailto:Ralf-Roman.Schmidt@ait.ac.at">Ralf-Roman.Schmidt@ait.ac.at</a>
Website	<a href="http://www.ait.ac.at">http://www.ait.ac.at</a>

## heat\_portfolio

Technische Grundlagen zur signifikanten Integration dezentral vorliegender alternativer Wärmequellen in Wärmenetze

### **AutorInnen:**

Ralf-Roman Schmidt  
Daniele Basciotti  
Roman Geyer  
Paolo Leonie  
Steffen Robbi  
Andreas Litzellachner  
Markus Köfinger  
Baldvinsson Ivar  
Olatz Terreros  
Charlotte Maguerite  
Karin Fazeni-Fraisl  
Sebastian Goers  
Simon Moser  
Nagler Johannes  
Karl Ponweiser  
Susanne Schidler  
Alexander Hirschl  
Andrea Werner  
Richard Zweiler  
Christian Doczekal  
Bettina Frantes  
Horst Striessnig  
Siegfried Legath  
Hannes Poier  
Moritz Schubert  
Maria Moser

## Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung .....	7
2	Einleitung .....	11
2.1	Aufgabenstellung .....	11
2.2	Schwerpunkte des Projektes .....	12
2.3	Einordnung in das Programm .....	12
2.4	Verwendete Methoden .....	13
2.5	Aufbau der Arbeit .....	14
3	Inhaltliche Darstellung .....	15
3.1	Nahwärme in Österreich: Status-Quo & Charakteristika .....	15
3.1.1	Bestimmung von Netzkennwerten auf Makro-Ebene .....	15
3.1.2	Typische Geschäftsmodelle von städtischen und ländlichen Wärmenetzen .....	16
3.1.3	Abwärmepotential und -charakteristik relevanter Branchen .....	17
3.2	Entwicklung technischer Lösungsmöglichkeiten Erzeuger-/ Netzseitig .....	18
3.2.1	Methode zur Auswahl, Auslegung und Integration von Speichern .....	18
3.2.2	Methoden zur Auswahl, Auslegung und Integration von Wärmepumpen für Fernwärmesysteme .....	19
3.2.3	Hydraulische Schaltungen und netzseitige Regelstrategien zur Integration dezentraler Erzeuger in Wärmenetze .....	20
3.3	Entwicklung und Potentialschätzung Nutzerseitiger Maßnahmen .....	21
3.3.1	Bewertungsansatz von Maßnahmen zur Reduzierung / Verschiebung von Spitzenlasten .....	21
3.3.2	Bewertungskatalog zu hohen Rücklauftemperaturen in Wärmenetzen .....	22
3.4	Nutzung alternativer Wärmequellen sowie Effizienzmaßnahmen in Nahwärmenetzen - Untersuchung von vier Fallbeispielen .....	24
3.4.1	Einführung in die 4 Fallbeispiele .....	24
3.4.2	Berechnungsmethode für die technischen Analysen .....	25
3.4.3	Ergebnisse der technischen Analysen .....	26
3.4.4	Nachhaltigkeitsanalyse und Volkswirtschaftliche Betrachtungen .....	27
4	Ergebnisse und Schlussfolgerungen .....	35
4.1	Barrieren für die Nutzung alternativer Wärmequellen in Wärmenetzen .....	35
4.1.1	Barrieren für die Einspeisung von Niedertemperaturquellen in Wärmenetzen .....	35
4.1.2	Barrieren für die Einspeisung von dezentral vorliegende Quellen in Wärmenetzen .....	36
4.1.3	Barrieren für zeitlich fluktuierende bzw. nicht kontrollierbare Einspeisung bzw. Konkurrenzsituation zwischen den Erzeugern .....	36
4.1.4	Barrieren für die Integration von Abwärme aus Gewerbe und Industrie .....	37
4.1.5	Barrieren für die Integration von Wärmepumpen in Wärmenetzen .....	37
4.1.6	Nicht-technische Barrieren .....	38
4.2	Lösungsoptionen .....	38
4.2.1	Gesamtheitliche Wärmeversorgungsstrategien .....	38
4.2.2	Sektorenkopplung/ Hybridnetze .....	39

# Energieforschungsprogramm - 1. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

4.2.3	Weitere Unterstützende Maßnahmen .....	39
4.2.4	Neue Geschäftsmodelle .....	39
4.2.5	Digitalisierung .....	40
4.2.6	neue Tarifsysteme .....	41
4.3	Rechtliche Aspekte der dezentralen Wärmeeinspeisung .....	42
5	Ausblick und Empfehlungen .....	45
6	Literaturverzeichnis .....	47
7	Anhang .....	48
8	Kontaktdaten .....	49

# Energieforschungsprogramm - 1. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

## 1 Zusammenfassung

Gegenwärtig stehen viele Betreiber von Fernwärme (FW) Netzen vor einer unsicheren Zukunftsperspektive aufgrund schwankender Energie- und Brennstoffpreise, Konkurrenz zu anderen Energiequellen, sinkender spezifischer Wärmebedarf der Gebäude. Zur Senkung des Brennstoffbedarfs und zur Erhöhung der Versorgungssicherheit wird es im immer wichtiger werden, zunehmend alternative Wärmequellen in Wärmenetze einzubinden. Hierfür kommen insbesondere erneuerbare Energiequellen wie Solar- oder Geothermie und Umgebungswärme sowie Abwärme aus Gewerbe- und Industriebetrieben in Frage.

Eingangs werden im Rahmen des gegenständlichen Berichtes die **technischen Grundlagen zur Erhöhung der Einspeisung dieser oftmals dezentral vorliegenden alternativen Wärmequellen** mit z.T. fluktuierender bzw. nicht-kontrollierbarer Erzeugung und geringem Temperaturniveau in Wärmenetzen beschrieben.

Dieses betrifft einerseits **technische Maßnahmen auf Seite des Netzes/ der Erzeuger**:

- Die Auswahl, Auslegung und Integration von thermischen Speichern → Lösungsoption für den zeitlichen Versatz Erzeugung/ Verbrauch (Insbesondere Solarthermie und industrielle Abwärme) sowie die Konkurrenzsituation zwischen den Erzeugern im Sommer
- Die Auswahl, Auslegung und Integration von Wärmepumpen → Lösungsoption für ein niedriges Temperaturniveau der Wärmequelle (Insbesondere industriellen Abwärme und Solarthermie)
- Eine angepasste hydraulische Schaltungen bzw. Netzseitige Regelungsstrategien zur Integration dezentraler Erzeuger → Lösungsoption für komplexe hydraulische Randbedingungen dezentraler Erzeuger

Andererseits wurden **Maßnahmen auf Seiten der Verbraucher** untersucht, die die Integration dezentraler Wärmequellen erleichtern bzw. deren Potential erhöhen. Hierbei werden folgende zwei Problemfelder adressiert:

- Hohe Spitzenlasten stellen ein Problemfeld für den Betrieb von FW Netzen dar, da zur Deckung im Regelfall fossil befeuerte Spitzenlastkessel eingesetzt werden. → Reduktion bzw. Verschiebung der verbraucherseitigen Spitzenlasten, um das Profil so gut wie möglich an die Verfügbarkeit der Abwärmequellen anzupassen,
- Hohe Vorlauftemperaturen resultieren aus dem höchsten Temperaturbedarf der Verbraucher, hohen Rücklauftemperaturen und der zu transportierenden Wärmemenge → Reduktion der Rücklauftemperaturen auf Seiten der Gebäude notwendig.

Ein wesentlicher Teil des Berichts ist die **Untersuchung ausgewählter Maßnahmen anhand von vier Fallbeispielen**. Im ersten Schritt wurden dazu sinnvolle Maßnahmen mittels Stakeholder-Interviews und Vorberechnungen identifiziert sowie die technische Machbarkeit mittels Simulationsrechnungen überprüft. Vielversprechende Maßnahmen wurden dann einer betriebs- und volkswirtschaftlichen Bewertung unterzogen und hinsichtlich des Impacts auf die Nachhaltigkeitsperformance untersucht. Die

ausgewählten Fallbeispiele sind für Österreich typische, ländliche Wärmenetze. Charakteristisch für derartige Netze sind geringe Wärmedichten und hohen Wärmeverluste insbesondere in den Sommermonaten.

Es lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen:

- Zentraler Pufferspeicher zur Reduktion der sommerlichen Gluterhaltungsstunden: sehr wirtschaftlich und wirksam (Kesselverluste-Rückgewinnung 43%, in 3 Jahren amortisiert)
- Solarthermie (zentral bzw. dezentral) für 100%-Sommerdeckung: Amortisationszeiten >30 Jahre
- Weitere Optionen: sommerliche Netzstilllegung und dezentrale Erzeugung von Warmwasser
  - o mit lokalen Wärmepumpen oder Solarthermie-Anlagen in dezentralen Speichern: Amortisation in > 20 Jahren
  - o Netzaktivierung 1x am Tag zur Beladung der dezentralen Speicher mittels zentralen Biomassekessel: Wirtschaftlich, wenn dezentrale Warmwasserspeicher bereits vorhanden sind
- Wärmepumpen zur Rauchgaskondensation: Amortisation in 14 Jahren, bei Ersatzinvestition evtl. schneller
- Saisonspeicher für sommerliche Abwärme- bzw. Solarthermie-Überschüsse energetisch sehr vorteilhaft, aber schneiden wirtschaftlich schlecht ab (großer Investitionsaufwand)
- Betrieb der bestehenden FW-Systeme als Anergienetze und Einsatz dezentraler Booster-WP: amortisiert in >30 Jahren → ggf. sinnvoll in Kombinationen mit Kühlung?
- KWK sinnvoll nur mit Ökostromtarif
- Regelenergiemarkt: Tertiärregelung möglich für BHKW ggf. mit Pooling, Erlöse vom Spotmarkt erhöht um ca. 10%

Sowohl **betriebs- und volkswirtschaftlich ergeben sich positive Effekte** durch die Umsetzung der Maßnahmen in den untersuchten Fallbeispielen. Allerdings sind die volkswirtschaftlichen Effekte – auch wenn diese positiv sind – als eher gering einzustufen, gemessen an der gesamten Volkswirtschaft eines Bundeslandes. Aus diesem Grund wird in der Nachhaltigkeitsanalyse zur Bewertung der ökonomischen Kriterien keine Veränderung gegenüber dem Status-quo angenommen.

Bzgl. der **Nachhaltigkeitsperformance** zeigt sich, dass die verschiedene Anlagen- oder Adaptierungsvarianten in unterschiedlichen Fallbeispielen **einen positiven Beitrag leisten können**. Die Unterschiede zwischen den Varianten zeigen, dass es aus Sicht der Nachhaltigkeit jedenfalls wichtig ist, mögliche Auswirkungen, einander gegenüberzustellen und die Ergebnisse in die technische Entscheidungsfindung miteinzubeziehen. Auftretende Zielkonflikte zwischen unterschiedlichen Bereichen müssen angesprochen und – oft im Sinne eines „trade-off“ gelöst werden. Eine wichtige Maßnahme im Sinne der, allen Nachhaltigkeitskonzepten inhärenten, Partizipation ist die Einbeziehung betroffener Personen(gruppen) in die Entwicklung von Konzepten oder Planungen von Anlagen. Einerseits um über Fragen wie wieviel Kulturlandschaft jedenfalls geschützt werden muss, wieviel in

einem Abwägungsprozess „zur Verfügung gestellt werden“ kann, zu diskutieren. Andererseits können in einem diskursiven Prozess gefundene Lösungen tragfähiger und langfristiger wirken.

Die genannten Projektergebnisse wurden im Rahmen von mehreren Stakeholder-Workshops diskutiert, sowie „Lessons learned“ und Handlungsempfehlung abgeleitet und die technischen, rechtlichen, sozialen und ökologischen **Chancen und Hemmnisse für mögliche Demonstrationsprojekten** identifiziert. Dieses inkludiert:

- Barrieren für die Nutzung von Wärmequellen auf niedrigem Temperaturniveau sind die hohen Netztemperaturen, die nicht ohne Weiteres geändert werden können (*komplexe Zusammenhänge in städtischen Wärmenetzen, geringer Einfluss von Einzelmaßnahmen, fehlende Schulungen der Installateure, fehlende Motivation und Kontrollen, lange Laufzeiten der Wärmelieferverträge, fehlende Möglichkeiten für temperaturabhängige Tarife, Nutzer/ Verbraucher Dilemma, Gewährleistung für Investitionen beim Kunden unklar, kontinuierliches Monitoring aufwändig*)
- Barrieren für die Nutzung dezentral vorliegender Wärmequellen (*Lastumkehr bei Netzen mit Baumtopologie, unpassende Betriebsstrategien und Regelungskonzepte, in Mikro- oder Insel-Netzen: geringere Versorgungssicherheit, stärkere Berücksichtigung von Einzelinteressen & KonsumentInnenrechten notwendig, keine Skalenvorteile im Vergleich zu großen Netzen*).
- Barrieren für zeitlich fluktuierende bzw. nicht kontrollierbare Wärmequellen (*Kurzzeitflexibilisierung: Netz als Speicher: geringe Wärmekapazität + thermischer Stress auf Rohrleitungen, Lastverschiebung: Eingriff in Kundenanlage, Speicher an der Kundenanlage: hohe Investitionskosten; Langzeitflexibilisierung (hohe Investitionskosten, niedrige maximale Temperaturniveaus und hoher Platzbedarf)*)
- Integration von Abwärme aus Gewerbe und Industrie (*langfristige Verfügbarkeit, mögliche Beeinträchtigung der Produktion, hoher technischer Aufwand, wer trägt das Investitionsrisiko?, Geringes Wissen bei den Betrieben, Identifikation von Abwärmepotenzialen aufwändig bzw. wirtschaftliche Abwärmepotentiale oftmals bereits gehoben, fehlende Geschäfts- und Finanzierungsmodelle*)
- Integration von Wärmepumpen (*Geringe Temperaturniveaus bzw. Verfügbarkeit der Quelle, hohe Strompreise, fehlende Marktübersicht und Know-how, WP in Konkurrenz zu Biomasse, Risiko für das herkömmliche Geschäft, keine konkurrenzfähige Konzepte für die WP-Integration*)
- Nicht-technische Barrieren (*Fehlende Abstimmung der Förderungen, Restriktive Anforderungen zur Vermeidung von Legionellen, Geringe Planungssicherheit, fehlende Finanzierungsanreize*)

Darauf aufbauend werden unterschiedliche **Lösungsmöglichkeiten** aus folgenden Bereichen skizziert:

- Wärmeversorgungsstrategien (*Analyse der Randbedingungen, Entwicklung von Technologieszenarien und Entscheidung zum finalen Konzept*)
- Sektorenkopplung/ Hybridnetze (*Nutzung von diversen Synergien: power-to-heat → Erhöhung Anteil erneuerbaren Energieträgern und Versorgungssicherheit + Erhöhung Aufnahmekapazität und Eigenverbrauch von PV/ Wind; KWK: Vermeidung hydraulischer Engpässe, Versorgung von*

*Inselsystemen, b) Vermeidung von Überlastung von Transformatoren aufgrund zusätzlicher Verbraucher)*

- Weitere unterstützende Maßnahmen (*Unterstützung der Wärmeversorger und Stakeholder bei Planung, Inbetriebnahme, Betrieb durch kompetente Partner, mehr Demoprojekte + „Learning by doing“ durch Vorreiter, Energieraumplanung als wichtiges Instrument*)
- Neue Geschäftsmodelle (*regionale Wertschöpfung, Ersetzen von knappen Ressourcen, Anbieten von mehreren Services, Anbieten von Kälte für Rechenzentren, Anlagenoptimierung als Service für große Kunden, Contracting zur Risikominimierung, Neuverhandlung Wärmelieferverträge, Aufklärung der Verbraucher, Kundenbeziehung stärken, Weiterbildungsmaßnahmen für Planer und Installateure*)
- Digitalisierung der Planung von Wärmenetzen (*Analyse großer Datensätze, Mapping-Algorithmen & Gamification, Integrative Prozessplanungstools*)
- Digitalisierung im Betrieb von Wärmenetzen (*Lastprognosen, Einsatzplanung, Vorlauftemperatursteuerung, Fehlererkennung, Einsatz von Smart heat meter zur Verbesserung der Netzberechnungen, Erkennen von Störungen/ Fehlern in den Kundenanlagen, Demand side management, Visualisierung des Energieverbrauches*)
- neue Tarifsyste (Temperatur- oder zeitabhängige Tarife werden durch Smart Heat meter ermöglicht)

Abschließend erfolgt eine Diskussion der **rechtlichen Aspekte der dezentralen Wärmeeinspeisung**, dieses inkludiert die Notwendigkeit geeichter Zähler, Regelungen für die Bereitstellung der Zähler und deren Eichung, Forderungen der Kunden bei einem Versorgungsausfall, Rücktrittsrechte bei Preissteigerungen, Vertragsbindung bei Fernwärme- Einzelverträgen, Aspekte in Zusammenhang mit wassergeführten Wärmespeichern, Gewerbeberechtigung und Bewilligungspflichten.

## 2 Einleitung

### 2.1 Aufgabenstellung

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].

Gegenwärtig stehen viele Betreiber von Fernwärmenetzen vor wirtschaftlichen Schwierigkeiten (ein prominentes Beispiel ist zurzeit Graz<sup>1</sup>). Ursache sind unsichere Entwicklungen der Energiepreise, sinkende Nachfragedichten aufgrund Sanierungsmaßnahmen bzw. hoher Neubaustandards, dazu kommt bei vielen Biomasseheiz(kraft)werken auslaufende Förderungen und eine zunehmende Ablehnung der Verwendung von Biomasse zu Heizzwecken. [2]. Dadurch wird die bisherige langfristige Perspektive dieser Systeme zunehmend unsicher und schwer planbar. Zur Senkung des Brennstoffbedarfs und zur Erhöhung der Versorgungssicherheit kann folgender Handlungsbedarf identifiziert werden:

- 1) Die Steigerung der Energieeffizienz in der gesamten Umwandlungskette, ein Schlüssel hierbei ist die Senkung der Systemtemperaturen. Hierdurch werden nicht vermeidbarer Abwärmepotentiale aus industriellen Prozessen genutzt werden können und Wärmeverteilverluste sowie Pumpstromkosten gesenkt werden können.
- 2) Die Integration signifikanter Anteile erneuerbarer Wärmequellen (Solar/ Geothermie, Umgebungswärme über Wärmepumpen) und power-to-heat. Jedoch liegen diese Quellen oftmals kleinskalig bzw. dezentral vor und/ oder haben ein niedriges Temperaturniveau und/ oder sind zeitlich nicht (einfach) kontrollierbar.
- 3) Die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle, die zukünftigen Anforderungen gerecht werden. Dieses inkludiert die Tendenz zu kleineren, dezentralen Systeme, einer stärkeren Kunden- und Serviceorientierung und der verstärkten Interaktion mit dem Stromnetz. Weiters müssen Risiken für Investitionen in Erzeugungsanlagen, Netzinfrastruktur und Speicher berücksichtigt werden.

---

<sup>1</sup> <http://www.kleinezeitung.at/steiermark/grazumgebung/mellach/3522947/graz-laeuft-zeit-bei-fernwaerme-davon.story>

## 2.2 Schwerpunkte des Projektes

Schwerpunkt des Projektes ist die Schaffung von technischen Lösungsmöglichkeiten, Methoden und Strategien zur Erhöhung der Einspeisung oftmals dezentral vorliegender alternativer Wärmequellen mit z.T. fluktuierender Erzeugung und geringem Temperaturniveau (insbesondere industrielle Abwärme, Solarthermie und oberflächennahe Geothermie) in Wärmenetzen.

Hierbei wurden insbesondere qualitative und quantitative Richtlinien zur Implementierung von unterschiedlichen technischen Maßnahmen in verallgemeinerungsfähiger Form entwickelt. Dieses inkludiert:

1. Die Auswahl, Auslegung und Integration von thermischen Speichern
2. Die Auswahl, Auslegung und Integration von Wärmepumpen
3. Angepasste hydraulische Schaltungen zur Integration dezentraler Erzeuger
4. Netzseitige Regelungsstrategien zur Integration dezentraler Erzeuger mit Hilfe der genannten Maßnahmen 1-3
5. Potentialabschätzungen von nutzerseitigen Maßnahmen zur Reduktion von Spitzenlasten und Systemtemperaturen.

Im Zuge des Projektes wurden die Maßnahmen und Lösungsmöglichkeiten in untersch. Kombinationen und deren Wechselwirkungen systematisch analysiert und mit Hilfe von dynamischen Simulationsrechnungen an 4 Fallbeispiele zurückgespielt um die Richtigkeit, Robustheit und den Nutzen der Ergebnisse für den Betrieb von Fernwärmenetzen zu verifizieren. Bei den Fallbeispielen handelt es sich jeweils um Biomasse-basierte Nahwärmenetze, die ein hohes Replikationspotential in Österreich und international aufweisen.

Die Frage der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen wurde ebenso betrachtet, wie die Analyse der Nachhaltigkeitsperformance der ausgewählten Lösungen. Zudem wurde eine begleitende Rechtsanalyse durchgeführt, durch die die Möglichkeiten, die der aktuell in Österreich geltende Rechtsrahmen für die Abwärmeintegration vorsieht, dargestellt werden können.

Durch die Integration der technischen, wirtschaftlichen, ökologischen und rechtlichen Analysen im Projekt ermöglicht umfassende Aussagen zu den Potentialen der Abwärmeintegration und ihres Beitrags zu den energiepolitischen Zielen Österreichs.

## 2.3 Einordnung in das Programm

Im Rahmen des Projektes heat\_portfolio werden die Ziele der 1. Ausschreibung des Energieforschungsprogramms des Klima- und Energiefonds wie folgt adressiert:

- Schaffung eines Beitrages zur Erfüllung der energie-, klima- und technologiepolitischen Vorgaben der österreichischen Bundesregierung: Die in diesem Projekt adressierte Integration von unterschiedlichen dezentralen Erzeugern in Wärmenetze trägt unmittelbar zur Erhöhung der Ressourceneffizienz, der Steigerung der Potentiale erneuerbarer Energieträger sowie

industrieller Abwärmequellen und damit zur Reduktion der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern bei.

- Erhöhung der Leistbarkeit von nachhaltiger Energie und innovativen Energietechnologien: Durch Wärmenetze können kosteneffizient nachhaltige Energien wie tiefe Geothermie, großflächige Solarthermie und industrielle Abwärme genutzt werden. Das nutzbare Potential dieser oftmals dezentral anfallenden Energiemengen wird durch die in diesem Projekt entwickelten Maßnahmen erheblich erhöht. Die angestrebten Optimierungen tragen auch dazu bei, die Kosteneffizienz der Wärmenetze weiter zu erhöhen.
- Aufbau und Absicherung der Technologieführerschaft bzw. Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit: Die Projektergebnisse verbessern nicht nur das Knowhow der beteiligten Unternehmenspartner zum effizienteren Betrieb von Wärmenetzen, sondern tragen auch dazu bei, dass Produzenten von Komponenten (wie z.B. die Wärmepumpen) ihre Produkte besser für den Einsatz in Wärmenetze anpassen können.

## 2.4 Verwendete Methoden

Das Projekt ist in drei Projektphasen aufgeteilt, wobei der Schwerpunkt der Arbeiten in der zweiten Phase liegt:

- In der ersten Phase wurden die wesentlichen Grundlagen für die Detailbetrachtungen der zweiten Phase geschaffen, insbesondere werden Nachhaltigkeitsindikatoren definiert und die notwendigen Verbraucher- und erzeugerbezogenen Daten erhoben. Des Weiteren wurden unterschiedliche Wärmequellen und weitere Maßnahmen (z.B. Rauchgaskondensation) voridentifiziert um die möglichen Szenarien und Problemstellungen zu klären.
- In der zweiten Phase wurden konkrete technische Lösungsmöglichkeiten entwickelt und in verallgemeinerungsfähiger Form bzw. auf weite Bereiche replizierbaren Modellen dargestellt (Integration von Speichern & Wärmepumpen, hydraulische Schaltungen und Regelungsstrategien sowie Maßnahmen zur Reduktion von Spitzenlasten und Systemtemperaturen). Diese wurden zusammen mit den Projektpartnern in den 4 Fallbeispielen diskutiert und auf die konkreten Problemstellungen (sowohl aus technischer, als auch aus sozio-ökonomischer, ökologischer und rechtlicher Sicht) angewandt. Abschließend wurden detaillierte Berechnungsmodelle erstellt um die unterschiedlichen Maßnahmen aufeinander abzustimmen und zu bewerten.
- In der dritten Phase wurden die Ergebnisse der ersten beiden Phasen zusammengefasst und qualitative Richtlinien sowie quantitative Korrelationen erstellt. Diese wurden in nationalen Workshops mit Stakeholdern der Fallbeispiele und darüber hinaus diskutiert. Ebenso sind internationale Vernetzungstätigkeiten im Rahmen von Konferenzen und Veröffentlichungen geplant.

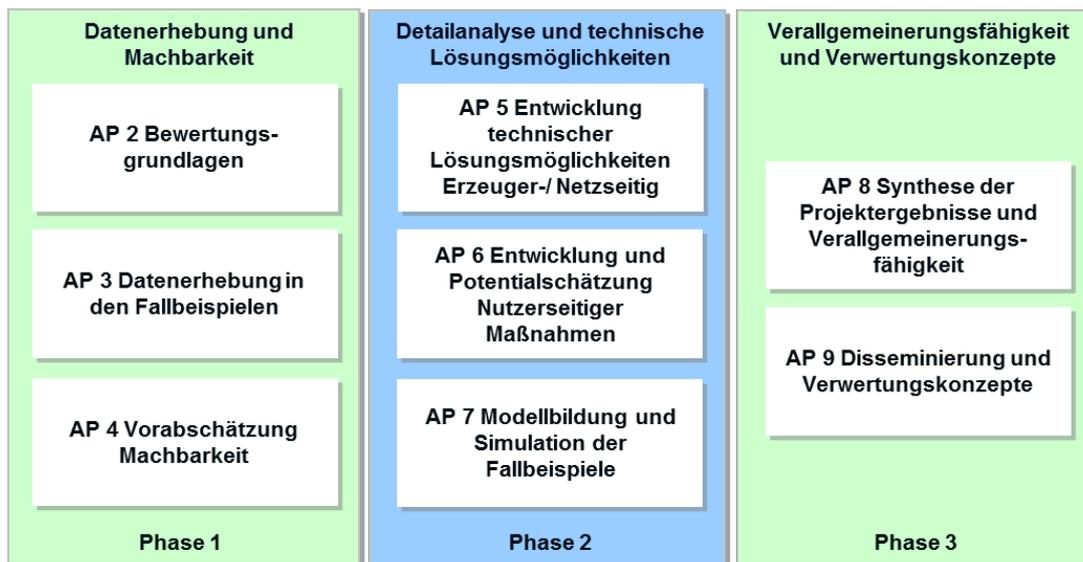


Abbildung 1: Überblick über die Phasen und Arbeitspakete des Projektes

## 2.5 Aufbau der Arbeit

Eingangs wird auf den Status-Quo und die Charakteristika der Nahwärme in Österreich eingegangen, was eine Bestimmung von Netzkennwerten auf Makro-Ebene, typische Geschäftsmodelle von städtischen und ländlichen Wärmenetzen sowie Abwärmepotential und -charakteristik relevanter Branchen inkludiert.

Es folgt die Darstellung von technischen Lösungsmöglichkeiten Erzeuger-/ Netzseitig, dieses inkludiert Methoden zur Auswahl, Auslegung und Integration von Speichern und Wärmepumpen für Fernwärmesystemen sowie Hydraulische Schaltungen und netzseitige Regelstrategien zur Integration dezentraler Erzeuger in Wärmenetze.

Weiters werden unterschiedliche nutzerseitiger Maßnahmen als „enabler“ der Integration alternativer Wärmequellen dargestellt, sie die Reduzierung / Verschiebung von Spitzenlasten und die Reduktion von Rücklauftemperaturen in Wärmenetzen

Kernstück der Arbeiten ist die Untersuchung von vier Fallbeispielen hinsichtlich der Nutzung alternativer Wärmequellen sowie Effizienzmaßnahmen in Nahwärmenetzen: Nach der Einführung der 4 Fallbeispiele wird die Berechnungsmethode für die technischen Analysen vorgestellt und die Ergebnisse dargestellt (Nachhaltigkeitsanalyse und Volkswirtschaftliche Betrachtungen).

Abschließend werden die Ergebnisse und Schlussfolgerungen hinsichtlich der Barrieren für die Nutzung alternativer Wärmequellen in Wärmenetzen zusammengefasst (Niedertemperaturquellen, dezentrale Quellen, zeitlich fluktuierende bzw. nicht kontrollierbare Einspeisung, Abwärme aus Gewerbe und Industrie, Integration von Wärmepumpen) und unterschiedliche Lösungsoptionen dargestellt (gesamtheitliche Wärmeversorgungsstrategien, Sektorenkopplung/ Hybridnetze, weitere Unterstützende Maßnahmen, Neue Geschäftsmodelle, Digitalisierung und neue Tarifsysteme. In diesem Zusammenhang werden auch die rechtlichen Aspekte der dezentralen Wärmeeinspeisung erläutert.

## 3 Inhaltliche Darstellung

### 3.1 Nahwärme in Österreich: Status-Quo & Charakteristika

Nachfolgend sind wesentliche Erkenntnisse des Projektes zu diesem Abschnitt zusammengefasst, eine detaillierte Beschreibung ist in Anhang „D2.1&D2.2 Bericht zur typischen Strukturen und Größen von Fernwärmenetzen in Österreich & Bericht zu typischen bzw. relevanten Industrien in Österreich mit Abwärmepotential“ zu finden.

Mit Hilfe von statistischen Auswertungen, Literaturrecherchen, ExpertInneninterviews sowie der Aufbereitung von Daten aus Vorprojekten wurden die wesentlichen Charakteristika von Wärmenetzen in Österreich ermittelt. Typische Charakteristika (Strukturen, Größenordnungen, etc.) wurden für drei Klassifikationen von Wärmenetzen in Österreich recherchiert und als Grundlage der Verallgemeinerungsfähigkeit für die entwickelten Maßnahmen auf andere Wärmenetze in Österreich aufbereitet. Das inkludiert folgende Aspekte a) Struktur und Eigenschaften typischer Nah- und Fernwärmenetze, b) Prognostizierte Stadtentwicklung und c) Ökonomische und rechtliche Randbedingungen.

#### 3.1.1 Bestimmung von Netzkennwerten auf Makro-Ebene

Zuerst wurde auf bisher verfügbares Material, insbesondere von QM-Heizwerke (Programm zur Verbesserung der Qualität und Steigerung der Effizienz von Biomasseheizwerken und Nahwärmenetzen), zurückgegriffen. Zusätzlich wurde mit einer weiteren (eigenen) Datensammlung begonnen, um die öffentlich verfügbaren Datensätze für weitere Auswertungen zu ergänzen. Mithilfe der generierten Datensätze wurden Auswertungen durchgeführt und Kennwerte für drei Größenklassen abgeleitet und in Form von Tabellen und Grafiken dargestellt. Dabei wurden die gesammelten Datensätze abgeglichen und verifiziert. Basierend auf den Ergebnissen unterschiedlicher Studien und Statistiken wurde eine Grobanalyse auf Makro-Ebene durchgeführt. Dadurch ist es möglich, Kennzahlen zu Durchmesser, Kosten usw. anhand von den Inputdaten „Bebauungsdichte“ und „spezifischer Wärmebedarf je beheizter Bruttogeschossfläche“ abzuleiten. Wesentliche Parameter sind im Folgenden dargestellt:

Tabelle 1: Allgemeine Charakteristika der österreichischen Wärmenetzstruktur anhand der Kategorien „Rural“, „Sub Urban“ und „Urban“, Sammlung aus verschiedenen Quellen

Allgemeine Kennzahlen	Rural	Sub Urban	Urban
Einteilungskriterium:		> 10.000	
Energieproduktion [MWh/a]	≤ 10.000	- ≤ 75.000	> 75.000
Einwohner	≤ 1.000 EW	> 1.000 EW - ≤ 10.000 EW	> 10.000 EW
Netzbelegung [kW/Trm]	0,3 – 1,0	0,4 - 1,3	0,9 - 4,5
Solarthermie Fläche / Wärmeproduktion [m <sup>2</sup> /(kWh*a)]	39 - 270	18 - 51	6 - 18
spez. Wärmeverbrauch / Abnehmer [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 [%]	0,5 - 1,0 %	0,8 %	
Ausfallsreserve (fossil) / Erzeugerleistung [%]	60 - 130 %	75 - 110 %	
Abwärme / Wärmeproduktion [%]	-	-	8 - 17 %
RG-Kondensation / Biomasseleistung [%]	11 - 13 %	11 - 20 %	k.A.
WP / Erzeugerleistung [%]	-	13 - 14 %	k.A.

### 3.1.2 Typische Geschäftsmodelle von städtischen und ländlichen Wärmenetzen

Als Ergänzung erfolgte eine Auswertung über eine Verallgemeinerungsfähigkeit, wie „typische“ Geschäftsmodelle von Wärmenetzen mit städtischer und ländlicher Struktur aussehen. Grundlage für die Charakterisierung der Geschäftsmodelle bilden Erkenntnisse aus „STRATEGO“ sowie die im Rahmen von heat\_portfolio gesammelten Erfahrungen. Die wesentlichsten Schwerpunkte bzw. Unterschiede zwischen städtischen und ländlichen Wärmenetzen wurden anhand der neun Elemente des Business Models Canvas angeführt und potenzielle innovative Ansätze diskutiert. Während bei den ländlichen Wärmenetzen Anlagenoptimierungen und Netzverdichtung im Vordergrund stehen, spiegelt sich bei den städtischen Wärmenetzen der Ausbau von Zusatzangeboten und neuen Geschäftstätigkeiten, wie zum Beispiel: Abwärme, Customizing (Tarife, Services), Finanzierung & Contracting, wider.

# Energieforschungsprogramm - 1. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

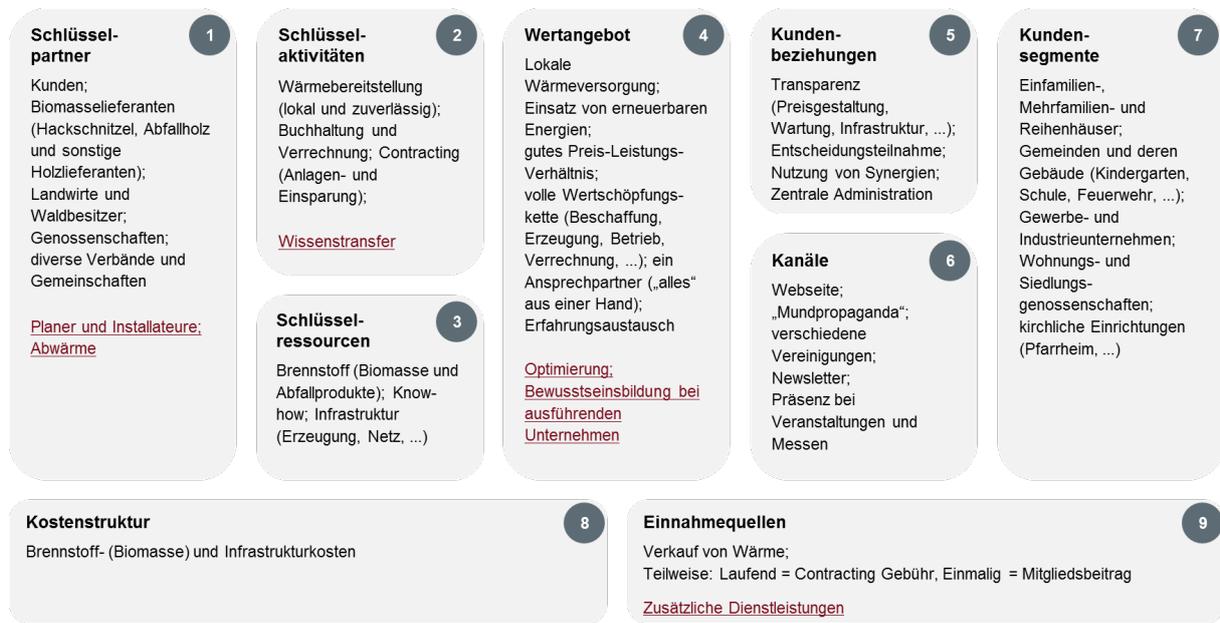


Abbildung 2: Typisches Geschäftsmodell für ein ländliches Wärmenetz (innovative Elemente sind rot unterstrichen gekennzeichnet; Darstellung nach: Business Model Canvas)

## 3.1.3 Abwärmepotential und -charakteristik relevanter Branchen

Typische bzw. relevante Industrien mit Abwärmepotential und die üblicherweise eingesetzten Prozesse wurden anhand frei verfügbarer Statistiken und vorhandener Erhebungen recherchiert. Die Daten liefern Einblicke hinsichtlich der Leistungs- und Temperaturprofile von Abwärmepotentialen verschiedenster Branchen. Das Abwärmepotential zur externen Nutzung in Österreich wird auf ca. 6 TWh/a geschätzt, wobei rd. 85 % auf Niedertemperaturniveau (< 35 °C) anfällt.

## 3.2 Entwicklung technischer Lösungsmöglichkeiten Erzeuger-/ Netzseitig

Nachfolgend sind wesentliche Erkenntnisse des Projektes zu diesem Abschnitt zusammengefasst, eine detaillierte Beschreibung ist in den Anhängen D5.1, D5.2 und D5.3&4 zu finden.

Zur Erhöhung des Anteils alternativer Wärmequellen mit fluktuierender Erzeugungsscharakteristik, und/ oder dezentraler Verortung und/ oder geringem Temperaturniveau (wie z.B. industrielle Abwärme, Solarthermie und oberflächennahe Geothermie) in Wärmenetze werden folgende technische Maßnahmen auf Seiten des Netzes/ der Erzeuger in verallgemeinerungsfähiger/ auf andere Netze replizierbarer Form entwickelt:

- Abschnitt 0: Die Auswahl, Auslegung und Integration von thermischen Speichern → Lösungsoption für den zeitlichen Versatz Erzeugung/ Verbrauch (Insbesondere Solarthermie und industrielle Abwärme) sowie Konkurrenzsituation zwischen den Erzeugern
- Abschnitt 3.2.2: Die Auswahl, Auslegung und Integration von Wärmepumpen → Lösungsoption für ein niedriges Temperaturniveau der Wärmequelle (Insbesondere industriellen Abwärme und Solarthermie)
- Abschnitt 3.2.3: Angepasste hydraulische Schaltungen bzw. Netzseitige Regelungsstrategien zur Integration dezentraler Erzeuger → Lösungsoption für komplexe hydraulische Randbedingungen

Die Daten und Informationen wurden mittels Literaturrecherchen, mathematische Analyse der Erzeuger/ Verbraucherprofile, der Anwendung von Simulationsmodelle, Expert/innen-Interviews und Stakeholder Inputs und Aufbereitung von Daten aus Vorprojekten ermittelt.

### 3.2.1 Methode zur Auswahl, Auslegung und Integration von Speichern

Methoden zur Auslegung thermischer Speicher wurden recherchiert, entwickelt und evaluiert: In der Literatur wurden verfügbare Auslegungs- und Dimensionierungsmethoden für Speicher in Wärmenetzen in folgende Klassen unterteilt a) Engineering Methoden, b) Mathematische Methoden und c) Simulationsmethoden. Die unterschiedlichen Methoden wurden in verallgemeinerungsfähiger Form dargestellt. Die nachfolgende Abbildung zeigt beispielhaft die optimale Speichergröße für unterschiedliche Solare Deckungsgrade in Abhängigkeit der Netzart.

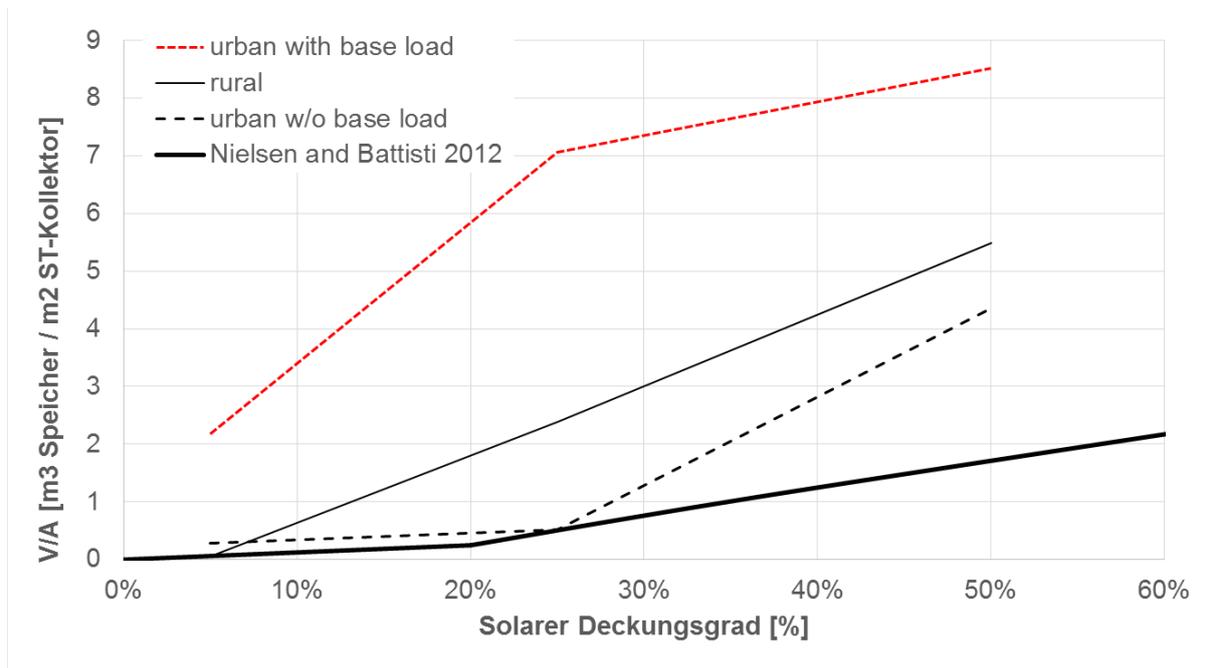


Abbildung 3: Auslegung und Integration von Speichern – Beispiel Solarthermie, mit Hilfe von Simulationsrechnungen wurden „optimale“ Speichergrößen bestimmt

### 3.2.2 Methoden zur Auswahl, Auslegung und Integration von Wärmepumpen für Fernwärmesysteme

Anhang D5.2 beinhaltet Methoden zur Auswahl, Auslegung und Integration von Wärmepumpen für Fernwärmesysteme. Die Daten und Informationen wurden mittels Literaturrecherchen und Experten Interviews ermittelt. Der Bericht beinhaltet eine Zusammenfassung der Untersuchungen von Wärmepumpen in Fernwärmenetzen generell, und beschreibt den aktuellen Status sowie technischen Lösungsmöglichkeiten zur Integration. Des Weiteren wird ein Entscheidungssupport Tool vorgestellt, das eine erste Vorabschätzung der Machbarkeit und der Wirtschaftlichkeit ermöglicht.

# Energieforschungsprogramm - 1. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

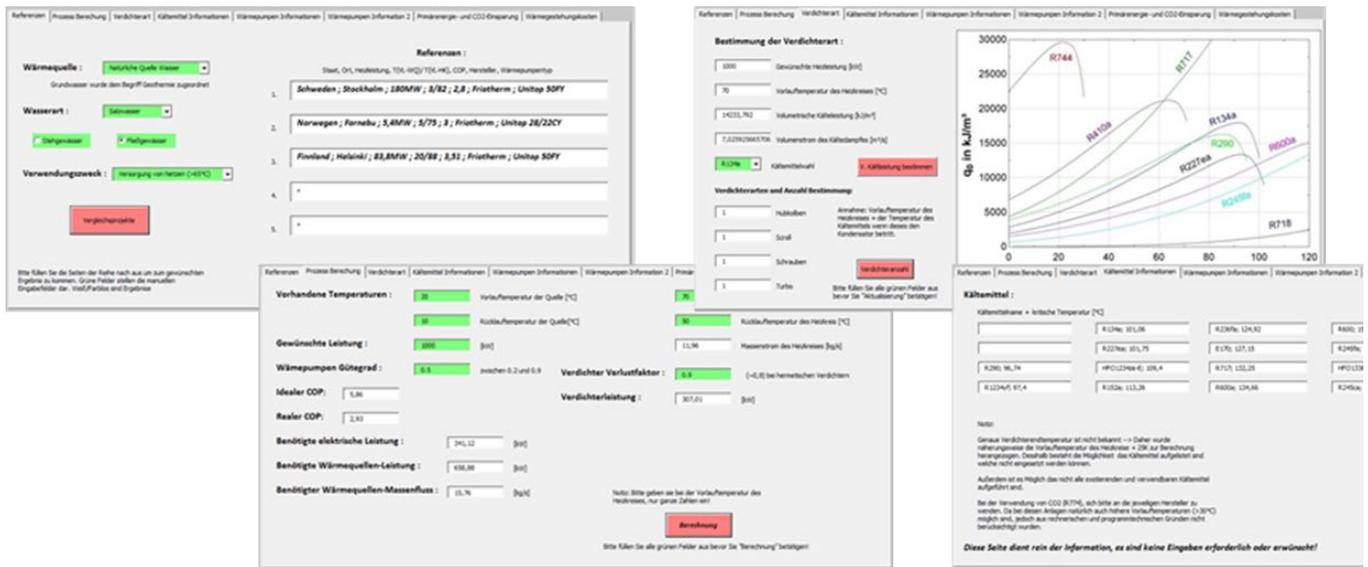


Abbildung 4: Entwicklung eines Entscheidungs-support Tool und verallgemeinerungsfähige Richtlinien zur Auswahl und Integration der WP und zur Berechnung von Kosten, COP...

## 3.2.3 Hydraulische Schaltungen und netzseitige Regelstrategien zur Integration dezentraler Erzeuger in Wärmenetze

Anhang D5.3 und D5.4 befasst sich mit der Hydraulik und Regelung von dezentralen Erzeugern in Wärmenetzen auf den relevanten Netzebenen. Zunächst wird auf übergeordnete Regelungsanforderungen eingegangen, Tools für die Einsatzplanung unterschiedlicher Erzeuger und deren Eigenschaften werden vorgestellt. Es zeigt die unterschiedlichen Auswirkungen der dezentralen Einspeisung auf das Wärmenetz und beschreibt die netzseitigen Regelstrategien und Möglichkeiten der hydraulischen Einbindung von dezentralen Erzeugern anhand von umgesetzten Beispielsanlagen.

## 3.3 Entwicklung und Potentialschätzung Nutzerseitiger Maßnahmen

Nachfolgend sind wesentliche Erkenntnisse des Projektes zu diesem Abschnitt zusammengefasst, eine detaillierte Beschreibung ist in Anhang „D6.1&D6.2 Katalog zur Implementierung der nutzerseitigen Maßnahmen und Szenarien unterschiedlicher Durchdringung der Maßnahmen als Basis für die Simulationen“ zu finden.

Dieser Abschnitt beinhaltet Maßnahmen zur Reduktion/ Verschiebung von Spitzenlasten und Reduktion von Rücklauf- und Vorlauftemperaturen mit Schwerpunkt auf Gebäudeebene. Die Daten und Informationen wurden mittels statistischer Auswertungen, Literaturrecherchen, Expert/inneninterviews und Stakeholder Inputs, Fachworkshops und Datenaufbereitung aus Vorprojekten ermittelt. Basierend auf den gesammelten Daten wurde einerseits ein Bewertungsansatz von Maßnahmen zur Reduktion/ Verschiebung von Spitzenlasten und andererseits ein Bewertungskatalog sekundärseitiger Fehlerquellen, Ursachen, Maßnahmen, etc. zum Thema Rücklauftemperaturen in Wärmenetzen erstellt.

### 3.3.1 Bewertungsansatz von Maßnahmen zur Reduzierung / Verschiebung von Spitzenlasten

Tabelle 2: Bewertungsansatz von Maßnahmen zur Reduzierung / Verschiebung von Spitzenlasten

Maßnahme	Aufwand (1)	Potenzial (2)	Effekt (3)	Quelle (4)
Sekundärseitige Warmwasserspeicher	--	-	k.A.	
Lastverschiebung (Nachtabsenkung)	-	++	bis 30 %	[2] - [9]
Netz als Speicher	O	O	bis 15 %	[2]
Zentrale Speicher	-	++	k.A.	[2]
Verteilte Speicher	--	+	k.A.	[2]
Hydraulische Optimierung	-	O	k.A.	[2]
<u>Legende</u>				
Punktevergabe von ++ (≙ sehr gut) bis -- (≙ sehr schlecht)				
(1) Zu erwartender Aufwand (z.B. Investitionen)				
(2) Zu erwartendes Potenzial				
(3) Recherchierte Einsparungseffekte				
(4) Quelle zu den recherchierten Einsparungseffekten				

Das größte Potenzial wird in der Lastverschiebung durch Nachtabsenkung gesehen. Hierbei werden hohe Reduktionen bei gleichzeitig geringen Investitionskosten erwartet. Allerdings gestaltet sich die Umsetzung schwierig, da Eingriffe in Kundenanlagen vorgenommen werden müssen. Die Nutzung von Speichern hat ebenfalls eine wichtige Bedeutung. Das Potenzial von zentralen Speichern wird

gegenüber verteilten Speichern etwas besser bewertet. Der Grund dafür liegt in der Schwierigkeit der Umsetzung, da eine solche Nutzung einen massiven Eingriff in die Kundenanlagen darstellt sowie der Kostenfaktor (viele kleine Speicher kosten mehr als ein großer Speicher). Dazu sind rechtliche Rahmenbedingungen wie Wartung und Haftungen (z.B. wer kommt für einen frühzeitig beschädigten Speicher auf und wie wird dies festgestellt?) zu klären. Am geringsten wird das Potenzial bei der Nutzung von sekundärseitigen Warmwasserspeichern betrachtet. Neben den erwähnten rechtlichen Rahmenbedingungen werden die vorhandenen Abnehmer-Warmwasserspeicher als zu klein betrachtet, um eine nennenswerte Reduzierung / Verschiebung von Spitzenlasten zu bewirken. Die Potenziale für eine hydraulische Optimierung sind für jedes Netz, aufgrund der unterschiedlichen Charakteristika (z.B. Topologie, Einspeiser, Abnehmer, ...), unterschiedlich und fallspezifisch dezidiert zu bewerten. Da der Aufwand entsprechend hoch ist, werden Netzsimulationen empfohlen um das jeweilige Potenzial abschätzen und entsprechende Netzumbaumaßnahmen zielgerichtet vornehmen zu können.

### 3.3.2 Bewertungskatalog zu hohen Rücklauftemperaturen in Wärmenetzen

In bestehenden Wärmesystemen liegen die Rücklauftemperaturen meist über den geplanten / theoretisch möglichen Niveaus. Großes Optimierungspotenzial wird dabei der Sekundärseite (entspricht den Abnehmeranlagen) zugeschrieben.

Kategorie	Fehlerquelle	Problem / Auswirkung	Mögliche Maßnahme	Fehlerortung	Aufwand	...
 Hausanschlussstation	 Falsche Lage des Wärmeübertragers	Bei horizontaler Lage Anschlüsse oben: Schmutzpartikel setzen sich ab; Anschlüsse unten: Luft sammelt sich	Plattenwärmetauscher immer senkrecht montieren	Sichtkontrolle	Mittel - Hoch	
	Regelung	Überfahren der primärseitigen Fahrkurve kann instabiles Reglerverhalten in der Hausanschlussstation bewirken	Anpassen der Fahrkurve laut Herstellerangaben und Adaptierung nach durchgeführtem hydraulischem Abgleich	häufiges Takten von Anlagenkomponenten	Niedrig	
 Hausanlage	Fehlender hydraulischer Abgleich	Über- bzw. Unterversorgung von Heizflächen; Komforteinbußen "Wohnraumklima"; erhöhte Heiz- und Pumpstromkosten	Hydraulischen Abgleich durchführen	Ungleiche Wärmeverteilungen in den einzelnen Räumen; störende Betriebsgeräusche an Heizkörpern; "Diskomfort"	Niedrig	
	Nutzerverhalten	falsches Lüften; verstellen der Heizkörper durch Möbel; falsche Benützung der Heizkörper (ein Heizkörper zum Heizen für die ganze Wohnung); etc.	Stoßlüften statt Fenster dauerhaft gekippt; auf freistehende Heizkörper achten; Nutzen aller Heizkörper in jedem Raum und Verwendung der Thermostatventile	Aufklärungsmaßnahmen und Bewusstseinsbildung bei den Nutzern	Niedrig - Mittel	
 Trinkwassererwärmungsanlage	Anlage / System selbst	niedrige RLT nur möglich, wenn sich das Heizungswasser an der Sekundärseite abkühlen kann	Wassermengen kontrollieren → Einregulieren der Verbraucher; Fühlerpositionen optimieren; drehzahlgeregelte Pumpen	Anlageninspektion / Überprüfen der hydr. Schemata	Niedrig - Hoch	
	Zirkulationssystem	Speicherlose Durchflusssysteme liefern in zapffreier Zeit systembedingt RLT über der minimal erforderlichen Zirkulations-RLT von 55 °C	stufenweise / kaskadische TW-Erwärmung; Einsatz von Speicher (Zwischenspeicherung der Restwärme möglich)	Anlageninspektion / Überprüfen der hydr. Schemata	Niedrig - Hoch	
...						

Abbildung 5: Bewertungskatalog zu hohen Rücklauftemperaturen in Wärmenetzen

Die Ursachen für hohe Rücklauftemperaturen können verschiedensten Ursprung haben. Im Folgenden wird ein Überblick über mögliche Gründe für zu hohe Rücklauftemperaturen auf der Sekundärseite, basierend auf den Kategorien „Hausanschlussstation“, „Hausanlage“ und „Trinkwassererwärmungsanlage“, beschrieben. Ein besonderes Augenmerk gilt dem hydraulischen Abgleich, da er für alle hydraulischen Anlagen durchgeführt werden sollte - was allerdings nur in den wenigsten Fällen auch gemacht wird.

Die aufgezeigten möglichen Ursachen sollen eine Grundlage bilden, um Fehler in Systemen zu erkennen und um entsprechende Gegenmaßnahmen zu identifizieren und umsetzen zu können. Überdies sollen sie einen Überblick über „typische und häufige“ Fehler auf der Sekundärseite darstellen.

Die Umsetzung notwendiger Maßnahmen liegt vielfach im Verantwortungsbereich der Kunden bzw. über Wärmenetzbetreiber (noch) kaum unmittelbaren Einfluss auf die Kunden aus. Daher sind Methoden gefordert um den Kunden Anreize zur Einhaltung von niedrigen Rücklauftemperaturen anzubieten. Dabei sollte die Eigenmotivation der Kunden gegenüber Zwangsmaßnahmen, und damit verbundener höherer Akzeptanz, im Vordergrund stehen. Dazu müssen Vorteile von reduzierten Rücklauftemperaturen, die in erster Linie den Wärmeversorgungsunternehmen dienen, auch weitergegeben werden, um eine Win-win-Situation zu schaffen.

## 3.4 Nutzung alternativer Wärmequellen sowie Effizienzmaßnahmen in Nahwärmenetzen - Untersuchung von vier Fallbeispielen

Nachfolgend sind wesentliche Erkenntnisse des Projektes zu diesem Abschnitt zusammengefasst, eine detaillierte Beschreibung ist in Anhang „D4.1&D7.1 Machbarkeitsanalyse der Abwärmeeinspeisung & Bericht zur Simulation der Integration dezentraler Abwärmequellen in die Fallbeispiele“ zu finden.

Im Folgenden werden unterschiedliche Möglichkeiten zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger bzw. Erhöhung der Energieeffizienz aus Abschnitt 3.2 anhand von vier Fallbeispielen angewandt. Im ersten Schritt wurden dazu sinnvolle Maßnahmen mittels Stakeholder-Interviews und Machbarkeitsstudien rechtlich, technisch und ökonomisch überprüft. Aus Geheimhaltungsgründen wurden diese Fallbeispiele mit den 4 Buchstaben A, B, C, D bezeichnet. Die technische Machbarkeit der Maßnahmen wurde mittels Simulationsrechnungen überprüft. Vielversprechende Maßnahmen wurden dann einer detaillierteren ökonomischen (sowohl betriebs- als auch volkswirtschaftlichen) Bewertung unterzogen und hinsichtlich der Nachhaltigkeit untersucht.

### 3.4.1 Einführung in die 4 Fallbeispiele

Die ausgewählten Fallbeispiele gehören zu den österreichischen ländlichen Wärmenetzen. Typisch kommt es in Netzen mit geringen Wärmedichten bzw. geringem Gewerbeanteil zu hohen Verlusten in der Wärmeversorgung und –Verteilung, was während der Sommermonate aufgrund der geringen Lasten besonders auffällt. Die wesentlichen Kennzahlen der 4 Fallbeispiele sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Kennwerte der Fallbeispiele A, B, C und D

Parameter	Einheit	A	B	C	D
Trassenlänge	m	2.100	4.300	14.404	2.390
Leistungsdichte	kW/m	0,17	0,50	0,35	0,33
Anschlussdichte	MWh/m	0,44	1,31	1,02	1,07
Max. stündliche Last	kW	482	2.133	5.000	884
Anteil der Netzverluste	%	27	14	15	28
Mittlere Vorlauftemperatur	°C	79	84	91	78
Mittlere Rücklauftemperatur	°C	69	52	62	58
Spez. Volumenstrom	m <sup>3</sup> /MWh	52	21,8	23,5	43
Betriebszeit Wärmenetz	h/a	8.760	8.760	8.760	8.760
Installierte Nennleistung	kW	500	2.615	4.850	1.500
Volllaststunden	h/a	2.366	2.485	3.035	2.616
Wärmeerzeugung					
Brennstoffkosten	k€/a	31	148	140	215

# Energieforschungsprogramm - 1. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

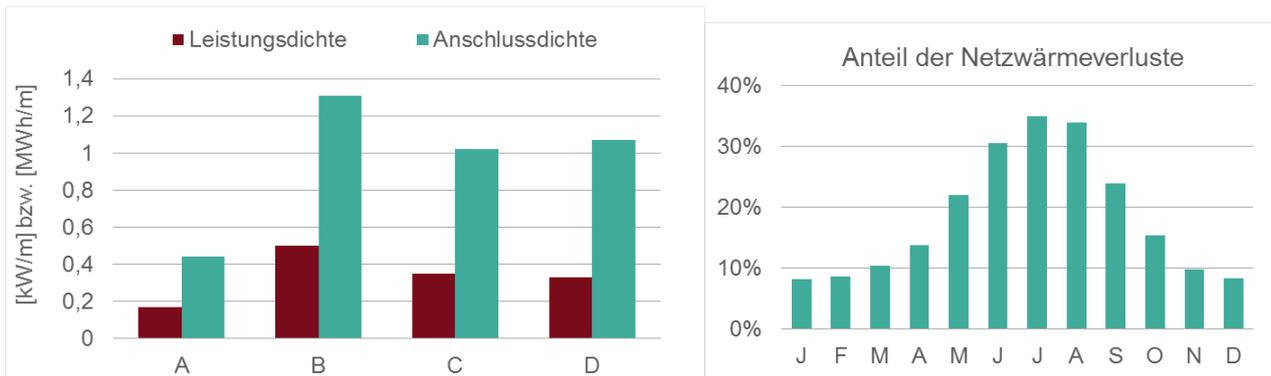


Abbildung 6: Leistungs- und Anschlussdichte der vier Fallbeispiele, rechts: Wärmeverluste über das Jahr – charakteristische Werte für die 4 Fallbeispiele

### 3.4.2 Berechnungsmethode für die technischen Analysen

Die Bewertung der einzelnen Varianten erfolgte in allen Fallbeispielen mit einem in Microsoft Excel® erstellten Berechnungstool. Dazu wurden im ersten Schritt die derzeit vorliegenden Situationen in einem statischen Modell abgebildet. Dieses Modell ist jeweils Referenz für die betrachteten Varianten. Das Berechnungstool basiert auf stündlichen Eingangs- und Ausgangsdaten über ein gesamtes Jahr; die Betriebsparameter des Fernwärmesystems (Wärmeerzeugung, Verteilung, Verbrauchs) werden somit für 8.760 aufeinanderfolgende stündliche Zeitschritte ermittelt. Mit dem Tool werden technische, wirtschaftliche und ökologische Kennzahlen berechnet, die der Bewertung der Variante bzw. dem Vergleich zum Referenzszenario zugrunde liegen.

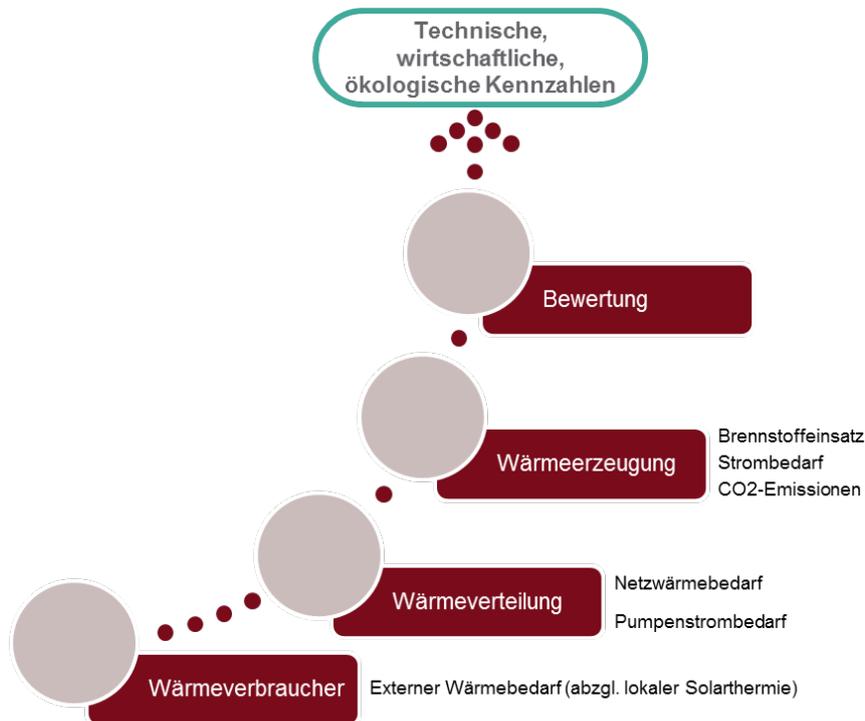


Abbildung 7: Bewertungsmethodik, Struktur des Berechnungstools

## 3.4.3 Ergebnisse der technischen Analysen

Die wesentlichen Ergebnisse der Simulationen können wie folgt zusammengefasst werden:

- wo nicht bestehend, ist der Einsatz eines zentralen Pufferspeichers eine sehr wirtschaftliche und effiziente Maßnahme, um die sommerlichen Gluterhaltungsstunden zu senken (eine Rückgewinnung der Kesselverluste von 43% wurde ermittelt, wodurch die Amortisation in 3 Jahre erfolgt);
- die Integration von Solarthermie (zentral sowie dezentral) mit 100%-Sommerdeckung in bestehenden FW-Systemen hat in den untersuchten Fallbeispielen Amortisationszeiten über 30 Jahre sowie eine große Flächeninanspruchnahme ( $8,75 \text{ m}^2/(\text{MWh/a})$ );
- eine dezentrale Warmwasserbereitung erlaubt die Netzstilllegung außerhalb der Heizungsperiode, mit darauffolgender Senkung der Verteilungsverluste; zusätzlich zur dezentralen Solarthermie wurden zu diesem Zweck folgende Maßnahmen betrachtet:
  - Integration dezentraler Speicher und Wärmepumpen, was in 22 Jahren amortisiert wird;
  - Integration dezentraler Speicher, die durch eine zeitweise Reaktivierung von Netz und zentralen Anlagen einmal täglich geladen werden (die Reaktivierung von Netz und Anlagen erfolgt solange wie für die tägliche Speicherbeladung benötigt); diese Variante ist wirtschaftlich nur wenn:
    - schon bestehende Speicher eingesetzt werden können, was den Investitionsaufwand reduziert;
    - nach der täglichen Beladung die Maßnahme ergriffen wird, die Strömung im Netz umzukehren, bis das gesamte Hochtemperaturwasser im Vorlauf in den zentralen Speicher eingespeist und bis zum nächsten Tag gespeichert wird; dazu stellen sich aber Fragen über die technische Realisierbarkeit, die momentan offen sind: Verursachen die täglichen Temperaturschwankungen im Vorlauf eine Materialermüdung? Kommt es zu einer unerwünschten Mischung von kaltem und warmem Wasser im Vorlauf und in den Speicherschichten? Braucht solche Maßnahme einen zu komplexen Regelkreis?
- Wärmepumpen zur Rauchgaskondensation sind in 14 Jahren amortisierbar;
- der Betrieb der bestehenden Fernwärmesysteme als „Anergienetz“ (durch Senkung der Vor- und Rücklaufemperatur auf ca. 30 und 5 °C) und der Einsatz dezentraler Booster-Wärmepumpen hat Amortisationszeiten über 30 Jahre; deswegen ist solche Maßnahme ggf. nur sinnvoll, wenn neue Niedertemperaturquellen, die dadurch integriert werden können, ins Spiel kommen, oder ein Interesse an Kombinationen mit Kühlung besteht;
- Saisonspeicher für sommerliche Abwärme- bzw. Solarthermie-Überschüsse sind thermodynamisch sehr vorteilhaft, schneiden aber leider aufgrund des großen Investitionsaufwands wirtschaftlich schlecht ab;

- Der Einsatz neuer KWK-Anlagen ist nicht sinnvoll, wenn der Strom mit keinem Ökostromtarif vergütet wird;
- Die Weiterführung bestehender KWK-Anlagen nach dem Wegfall des Ökostromtarifs kann hingegen sinnvoll sein; in diesem Fall wäre die Teilnahme am Tertiärregelenergiemarkt auch möglich, was verglichen zum bloßen Spotmarkt zu einer Erhöhung der Erlöse um 10% beitragen kann.

### 3.4.4 Nachhaltigkeitsanalyse und Volkswirtschaftliche Betrachtungen

Nachfolgend sind wesentliche Erkenntnisse des Projektes zu diesem Abschnitt zusammengefasst, eine detaillierte Beschreibung ist in Anhang „Wirtschaftliche Nachhaltigkeit – volks- und betriebswirtschaftliche Analyse, Rechtliche Aspekte der dezentralen Wärmeeinspeisung“ zu finden.

Die Nachhaltigkeitsperformance setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen, für deren Erhebung ein Kriterienkatalog erstellt wurde.

- Ökologische Kriterien geben Auskunft über die Umweltauswirkungen der Szenarien, gemessen beispielsweise an den ausgestoßenen Treibhausgasemissionen.
- Die wirtschaftlichen Kriterien unterteilen sich in betriebswirtschaftliche, volkswirtschaftliche und regionalwirtschaftliche (im Sinne der Regionalentwicklung) Kriterien.
- Die sozialen Kriterien beschäftigen sich in erster Linie mit potentiellen sozialen Auswirkungen (z. B.: Partizipation) auf regionaler Ebene.

Während für die betriebs- und volkswirtschaftliche Bewertung in erster Linie die Ergebnisse aus Abschnitt 3.4.3 maßgeblich sind, beruht die Bewertung ökologischer und sozialer Aspekte in den Fallbeispielen auf den von den Betreibern angegebenen qualitativen und quantitativen Daten.

Zunächst erfolgt eine Bewertung jedes einzelnen Kriteriums hinsichtlich der Verbesserung oder Verschlechterung gegenüber dem Status-quo. Diese Bewertung erfolgt auf einer Skala von -2 bis +2, wobei -2 eine sehr deutliche Verschlechterung und + 2 eine sehr deutliche Verbesserung des betreffenden Kriteriums im Szenario gegenüber dem Status-quo darstellt. Die Bewertung erfolgt auf Basis der im Kriterienkatalog angegebenen qualitativen und quantitativen Indikatoren, die entweder durch die Befragung der Betreiber in den Fallbeispielen oder durch die Anwendung von Methoden der ökonomischen und ökologischen Bewertung generiert werden. Im Anschluss wird diese Bewertung aggregiert dargestellt.

Die betriebswirtschaftlichen Indikatoren werden unter Anwendung der dynamischen Investitionsrechnung ermittelt. Auch für die volkswirtschaftliche Analyse, durchgeführt mittels des makroökonomischen Simulationsmodells MOVE, dienen diese Investitionskosten als wesentliche Inputs.

## 3.4.4.1 Volkswirtschaftliche Betrachtungen

Die Ergebnisse der betriebs- und volkswirtschaftlichen Analyse werden im Folgenden kurz zusammengefasst: Tabelle 4 zeigt die Amortisationsdauern der in den Szenarien betrachteten Maßnahmen. Es zeigt sich, dass sich alle Maßnahmen vor Ablauf ihrer angenommenen Lebensdauer von 20 Jahren amortisieren. Kleinere Maßnahmen, wie beispielsweise die Installation eines zentralen Pufferspeichers (14 m<sup>3</sup>) wie in Fallbeispiel A lassen sich umsetzen, ohne negative Auswirkungen auf die ursprünglich erwarteten Wirtschaftlichkeit zu haben.

Tabelle 4: Dynamische Amortisationsdauern der in den Fallbeispielen betrachteten Wärmenetze nach ausgewähltem Szenario (bis 2030); Anmerkung: Der Kalkulationszinssatz beträgt 5 %. Betriebs- und Nebenkosten sowie Energieträger- und Endkundenpreise steigen jährlich um 1 %, die Wärmenachfrage bleibt konstant. Es wird eine direkte Investitionsförderung von einem Drittel angenommen. Neuinvestitionen infolge des Ablaufs der technologischen Lebensdauer der ursprünglichen Anlage und des Leitungsnetzes werden vernachlässigt.

Quelle: Eigene Berechnungen basierend auf den Inputs zu den Fragebögen zur Wirtschaftlichkeit, Energiepreisszenarien und eigenen Annahmen.

Fallbeispiel / Szenarien	Bundesland	amortisiert ab
A, Szenario <b>Zentraler Pufferspeicher</b>	Niederösterreich	2008
B, Szenario <b>Rauchgaskondensation</b>	Salzburg	2022
C, Szenario <b>Warmwasserspeicher + Wärmepumpe</b>	Steiermark	2024-2040
D, Szenario <b>Zentrale Holzvergasung</b>	Burgenland	2027

Alle betrachteten Fallbeispiele zeigen positive Effekte der Nahwärmeproduktion auf das Bruttoregionalprodukt infolge von

- Investitionsimpulsen seitens der Unternehmen (Anlagenbau, Leitungsnetzbau) und
- Leistungsbilanzeffekten infolge der Reduktion der Energieimporte (vor allem Heizöl, Gas) infolge der zusätzlichen Wärmeproduktion.

Investitionsvolumina und Wärmeproduktionsmengen sind ausschlaggebend für die Intensität der jeweiligen Effekte.

Abbildung 8 zeigt die Ergebnisse der volkswirtschaftlichen Effekte der Umsetzung der Maßnahmen in den Fallbeispielen.

Abbildung 8: Effekte auf die regionale Volkswirtschaft im Vergleich zu einer Situation ohne eine erhöhte Nahwärme-Produktion in den Fallbeispielen

# Energieforschungsprogramm - 1. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Fallbeispiel A	Fallbeispiel B																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" data-bbox="113 331 695 371"><b>Volkswirtschaftliche Effekte</b></th> </tr> <tr> <th colspan="2" data-bbox="113 371 695 412">im Vergleich zu einer Situation ohne Wärmenetz</th> </tr> <tr> <th colspan="2" data-bbox="113 412 695 452">Ø 1994-2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="113 452 512 517">Bruttoregionalprodukt</td> <td data-bbox="512 452 695 517">+0,2 Mio. € pro Jahr</td> </tr> <tr> <td data-bbox="113 517 512 582">Investitionen</td> <td data-bbox="512 517 695 582">+0,1 Mio. € pro Jahr</td> </tr> <tr> <td data-bbox="113 582 512 647">Nettoexporte</td> <td data-bbox="512 582 695 647">+0,1 Mio. € pro Jahr</td> </tr> </tbody> </table>	<b>Volkswirtschaftliche Effekte</b>		im Vergleich zu einer Situation ohne Wärmenetz		Ø 1994-2030		Bruttoregionalprodukt	+0,2 Mio. € pro Jahr	Investitionen	+0,1 Mio. € pro Jahr	Nettoexporte	+0,1 Mio. € pro Jahr	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" data-bbox="863 331 1445 371"><b>Volkswirtschaftliche Effekte</b></th> </tr> <tr> <th colspan="2" data-bbox="863 371 1445 412">im Vergleich zu einer Situation ohne Wärmenetz</th> </tr> <tr> <th colspan="2" data-bbox="863 412 1445 452">Ø 2012-2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="863 452 1262 517">Bruttoregionalprodukt</td> <td data-bbox="1262 452 1445 517">+0,6 Mio. € pro Jahr</td> </tr> <tr> <td data-bbox="863 517 1262 582">Investitionen</td> <td data-bbox="1262 517 1445 582">+0,3 Mio. € pro Jahr</td> </tr> <tr> <td data-bbox="863 582 1262 647">Nettoexporte</td> <td data-bbox="1262 582 1445 647">+0,2 Mio. € pro Jahr</td> </tr> </tbody> </table>	<b>Volkswirtschaftliche Effekte</b>		im Vergleich zu einer Situation ohne Wärmenetz		Ø 2012-2030		Bruttoregionalprodukt	+0,6 Mio. € pro Jahr	Investitionen	+0,3 Mio. € pro Jahr	Nettoexporte	+0,2 Mio. € pro Jahr																										
<b>Volkswirtschaftliche Effekte</b>																																																			
im Vergleich zu einer Situation ohne Wärmenetz																																																			
Ø 1994-2030																																																			
Bruttoregionalprodukt	+0,2 Mio. € pro Jahr																																																		
Investitionen	+0,1 Mio. € pro Jahr																																																		
Nettoexporte	+0,1 Mio. € pro Jahr																																																		
<b>Volkswirtschaftliche Effekte</b>																																																			
im Vergleich zu einer Situation ohne Wärmenetz																																																			
Ø 2012-2030																																																			
Bruttoregionalprodukt	+0,6 Mio. € pro Jahr																																																		
Investitionen	+0,3 Mio. € pro Jahr																																																		
Nettoexporte	+0,2 Mio. € pro Jahr																																																		
Fallbeispiel C	Fallbeispiel D																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" data-bbox="113 748 831 788"><b>Volkswirtschaftliche Effekte</b></th> </tr> <tr> <th colspan="2" data-bbox="113 788 831 828">im Vergleich zu einer Situation ohne Wärmenetz</th> </tr> <tr> <th colspan="2" data-bbox="113 828 831 869">Ø 2009-2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" data-bbox="113 869 831 909"><b>WW-Speicher 5000m<sup>3</sup></b></td> </tr> <tr> <td data-bbox="113 909 632 974">Bruttoregionalprodukt</td> <td data-bbox="632 909 831 974">+2,3 Mio. € pro Jahr</td> </tr> <tr> <td data-bbox="113 974 632 1039">Investitionen</td> <td data-bbox="632 974 831 1039">+1,0 Mio. € pro Jahr</td> </tr> <tr> <td data-bbox="113 1039 632 1104">Nettoexporte</td> <td data-bbox="632 1039 831 1104">+0,4 Mio. € pro Jahr</td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="113 1104 831 1144"><b>WW-Speicher 30.000m<sup>3</sup> + WP 500 kw</b></td> </tr> <tr> <td data-bbox="113 1144 632 1209">Bruttoregionalprodukt</td> <td data-bbox="632 1144 831 1209">+2,3 Mio. € pro Jahr</td> </tr> <tr> <td data-bbox="113 1209 632 1274">Investitionen</td> <td data-bbox="632 1209 831 1274">+1,1 Mio. € pro Jahr</td> </tr> <tr> <td data-bbox="113 1274 632 1339">Nettoexporte</td> <td data-bbox="632 1274 831 1339">+0,3 Mio. € pro Jahr</td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="113 1339 831 1379"><b>WW-Speicher 50.000m<sup>3</sup> + WP 500 kw</b></td> </tr> <tr> <td data-bbox="113 1379 632 1444">Bruttoregionalprodukt</td> <td data-bbox="632 1379 831 1444">+2,6 Mio. € pro Jahr</td> </tr> <tr> <td data-bbox="113 1444 632 1509">Investitionen</td> <td data-bbox="632 1444 831 1509">+1,4 Mio. € pro Jahr</td> </tr> <tr> <td data-bbox="113 1509 632 1574">Nettoexporte</td> <td data-bbox="632 1509 831 1574">+0,3 Mio. € pro Jahr</td> </tr> </tbody> </table>	<b>Volkswirtschaftliche Effekte</b>		im Vergleich zu einer Situation ohne Wärmenetz		Ø 2009-2030		<b>WW-Speicher 5000m<sup>3</sup></b>		Bruttoregionalprodukt	+2,3 Mio. € pro Jahr	Investitionen	+1,0 Mio. € pro Jahr	Nettoexporte	+0,4 Mio. € pro Jahr	<b>WW-Speicher 30.000m<sup>3</sup> + WP 500 kw</b>		Bruttoregionalprodukt	+2,3 Mio. € pro Jahr	Investitionen	+1,1 Mio. € pro Jahr	Nettoexporte	+0,3 Mio. € pro Jahr	<b>WW-Speicher 50.000m<sup>3</sup> + WP 500 kw</b>		Bruttoregionalprodukt	+2,6 Mio. € pro Jahr	Investitionen	+1,4 Mio. € pro Jahr	Nettoexporte	+0,3 Mio. € pro Jahr	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" data-bbox="863 748 1453 788"><b>Volkswirtschaftliche Effekte</b></th> </tr> <tr> <th colspan="2" data-bbox="863 788 1453 828">im Vergleich zu einer Situation ohne Wärmenetz</th> </tr> <tr> <th colspan="2" data-bbox="863 828 1453 869">Ø 2003-2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" data-bbox="863 869 1453 909"><b>WW-Speicher 5000m<sup>3</sup></b></td> </tr> <tr> <td data-bbox="863 909 1262 974">Bruttoregionalprodukt</td> <td data-bbox="1262 909 1453 974">+0,4 Mio. € pro Jahr</td> </tr> <tr> <td data-bbox="863 974 1262 1039">Investitionen</td> <td data-bbox="1262 974 1453 1039">+0,2 Mio. € pro Jahr</td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="863 1039 1453 1079"><b>WW-Speicher 30.000m<sup>3</sup> + WP 500 kw</b></td> </tr> <tr> <td data-bbox="863 1079 1262 1144">Bruttoregionalprodukt</td> <td data-bbox="1262 1079 1453 1144">+0,4 Mio. € pro Jahr</td> </tr> <tr> <td data-bbox="863 1144 1262 1209">Investitionen</td> <td data-bbox="1262 1144 1453 1209">+0,2 Mio. € pro Jahr</td> </tr> <tr> <td data-bbox="863 1209 1262 1274">Nettoexporte</td> <td data-bbox="1262 1209 1453 1274">+0,2 Mio. € pro Jahr</td> </tr> </tbody> </table>	<b>Volkswirtschaftliche Effekte</b>		im Vergleich zu einer Situation ohne Wärmenetz		Ø 2003-2030		<b>WW-Speicher 5000m<sup>3</sup></b>		Bruttoregionalprodukt	+0,4 Mio. € pro Jahr	Investitionen	+0,2 Mio. € pro Jahr	<b>WW-Speicher 30.000m<sup>3</sup> + WP 500 kw</b>		Bruttoregionalprodukt	+0,4 Mio. € pro Jahr	Investitionen	+0,2 Mio. € pro Jahr	Nettoexporte	+0,2 Mio. € pro Jahr
<b>Volkswirtschaftliche Effekte</b>																																																			
im Vergleich zu einer Situation ohne Wärmenetz																																																			
Ø 2009-2030																																																			
<b>WW-Speicher 5000m<sup>3</sup></b>																																																			
Bruttoregionalprodukt	+2,3 Mio. € pro Jahr																																																		
Investitionen	+1,0 Mio. € pro Jahr																																																		
Nettoexporte	+0,4 Mio. € pro Jahr																																																		
<b>WW-Speicher 30.000m<sup>3</sup> + WP 500 kw</b>																																																			
Bruttoregionalprodukt	+2,3 Mio. € pro Jahr																																																		
Investitionen	+1,1 Mio. € pro Jahr																																																		
Nettoexporte	+0,3 Mio. € pro Jahr																																																		
<b>WW-Speicher 50.000m<sup>3</sup> + WP 500 kw</b>																																																			
Bruttoregionalprodukt	+2,6 Mio. € pro Jahr																																																		
Investitionen	+1,4 Mio. € pro Jahr																																																		
Nettoexporte	+0,3 Mio. € pro Jahr																																																		
<b>Volkswirtschaftliche Effekte</b>																																																			
im Vergleich zu einer Situation ohne Wärmenetz																																																			
Ø 2003-2030																																																			
<b>WW-Speicher 5000m<sup>3</sup></b>																																																			
Bruttoregionalprodukt	+0,4 Mio. € pro Jahr																																																		
Investitionen	+0,2 Mio. € pro Jahr																																																		
<b>WW-Speicher 30.000m<sup>3</sup> + WP 500 kw</b>																																																			
Bruttoregionalprodukt	+0,4 Mio. € pro Jahr																																																		
Investitionen	+0,2 Mio. € pro Jahr																																																		
Nettoexporte	+0,2 Mio. € pro Jahr																																																		

Die ökonomische Dimension der Nachhaltigkeit ist aufgrund der gezeigten Ergebnisse als positiv zu bewerten. Sowohl betriebs- und volkswirtschaftlich ergeben sich positive Effekte durch die Umsetzung der Maßnahmen. Allerdings sind die volkswirtschaftlichen Effekte – auch wenn diese positiv sind – als eher gering einzustufen, gemessen an der gesamten Volkswirtschaft eines Bundeslandes. Aus diesem Grund wird in der Nachhaltigkeitsanalyse zur Bewertung der ökonomischen Kriterien keine Veränderung gegenüber dem Status-quo angenommen.

## 3.4.4.2 Nachhaltigkeitsanalyse

Nachfolgend sind wesentliche Erkenntnisse des Projektes zu diesem Abschnitt zusammengefasst, eine detaillierte Beschreibung ist in Anhang „Nachhaltigkeitsbewertung ausgewählter Fernwärme-Szenarien“ zu finden.

Die Nachhaltigkeitsperformances der verschiedenen Varianten zeigen ein differenziertes Bild. In der folgenden Beschreibung sind die Bewertungsergebnisse in aggregierter Form zusammengefasst. Es wird hierbei jeweils das  $\Delta$  zur Ausgangslage (Das Ausgangsszenario bildet die 0-Linie (**schwarz** dargestellt)) bewertet. Aufgrund des hohen Aufwands der Datensammlung werden nur die vielversprechenden Szenarien pro Fallbeispiel analysiert. Aufgrund der geringen Wirtschaftlichkeit der Szenarien im Fallbeispiel C wird keine Analyse der Nachhaltigkeitsperformance durchgeführt.

**Fallbeispiel A:** Szenario 1 („Zentraler Pufferspeicher“) ist **blau**, Szenario 2 („Zentrale Solarthermie“) ist **orange** dargestellt.

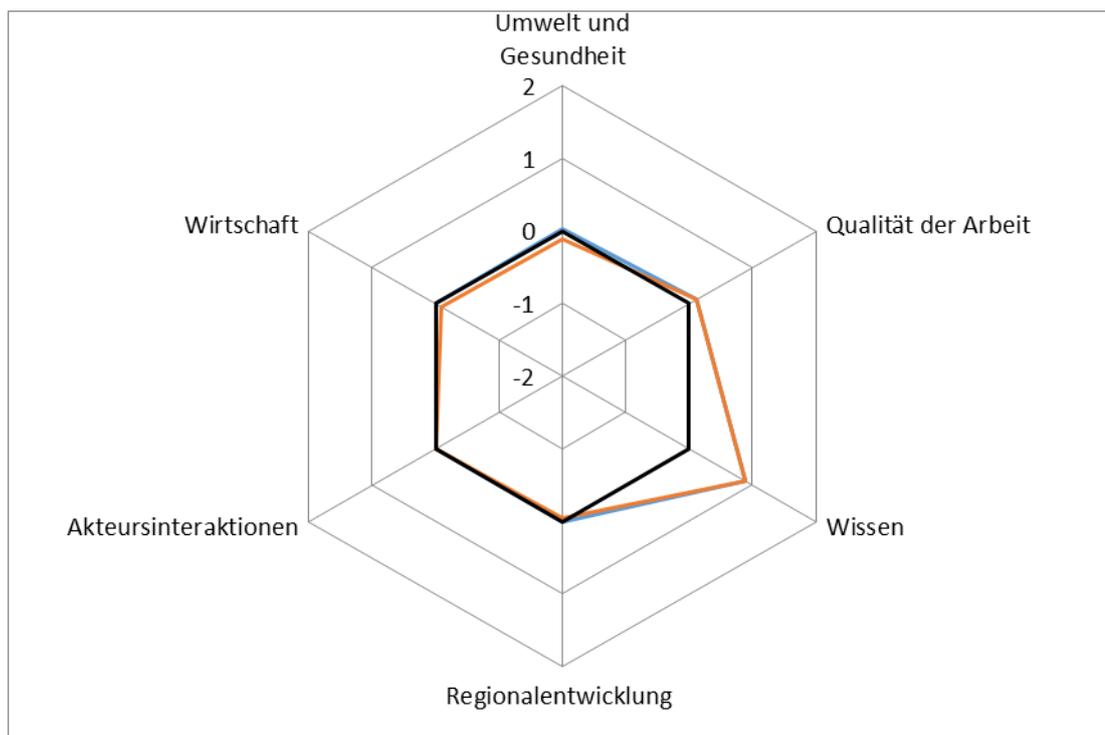


Abbildung 9: Nachhaltigkeitsperformance Standort A

- **Positive Aspekte** zeigen beide Szenarien im Bereich „Sicherung und Qualität der Arbeit“ durch die Möglichkeit regionaler Arbeitsplätze. Im Bereich „Wissen“ werden die Forschungstätigkeit, Publikationen und Vernetzung der Ergebnisse in beiden Szenarien positiv bewertet. Im Bereich „Umwelt- und gesundheitsrelevante Impacts“ wird in Szenario 1 durch Brennstoffeinsparungen, Verringerung der genutzten Waldfläche und Verringerung der Luftschadstoffe, der Wärmeverluste sowie der Klimabilanz (-17 %) eine Verbesserung erreicht.
- Die meisten dieser Faktoren gelten auch in Szenario 2, jedoch wird hier, als **negativer Aspekt**, durch den hohen Material- und Flächenverbrauch für die solarthermische Anlage der positive

# Energieforschungsprogramm - 1. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Effekt kompensiert und beispielsweise die Klimabilanz verschlechtert (+8 %). Dazu kommen Chemikalien für den Solarkreislauf und eventuell störende Reflexionen durch die Module. Im Bereich der Regionalentwicklung zeigt sich in Szenario 2 eine Verschlechterung durch die Veränderung der Kulturlandschaft, der Aufstellung von Solarthermie und Pufferspeicher, die teilweise im Grünland erfolgen würde. Wirtschaftlich auf Anlagenebene hat Szenario 1 keine Auswirkung, in Szenario 2 ist durch die Investition in die solarthermisch Anlage und die gegenüber dem Ausgangsszenario gleichbleibende. Wärmebereitstellung eine Amortisation innerhalb der Anlagenlaufzeit nicht möglich. Volkswirtschaftliche Effekte sind in beiden Szenarien nicht zu erwarten.

- Zielkonflikte zeigen sich zwischen Landschaftsschutz (Waldfläche, Brennstoffeinsparung) und Existenzsicherung der Forstwirte, oder Landschaftsschutz und Einsatz erneuerbarer Energie (Kulturlandschaft/Solarthermie im Grünland). Diskurse über die geplanten Veränderungen, bzw. Mitsprache bei Planungen oder Lösung der Zielkonflikte wären nicht vorgesehen, sollten jedoch im Sinne der Partizipation angedacht werden.
- Insgesamt zeigt Szenario 1 kaum Veränderungen gegenüber dem Ausgangsszenario, Szenario 2 eher Verschlechterungen im Sinne von Nachhaltigkeit.

**Fallbeispiel B:** Die adaptierte Anlage (Rauchgaskondensation) ist **orange** dargestellt.

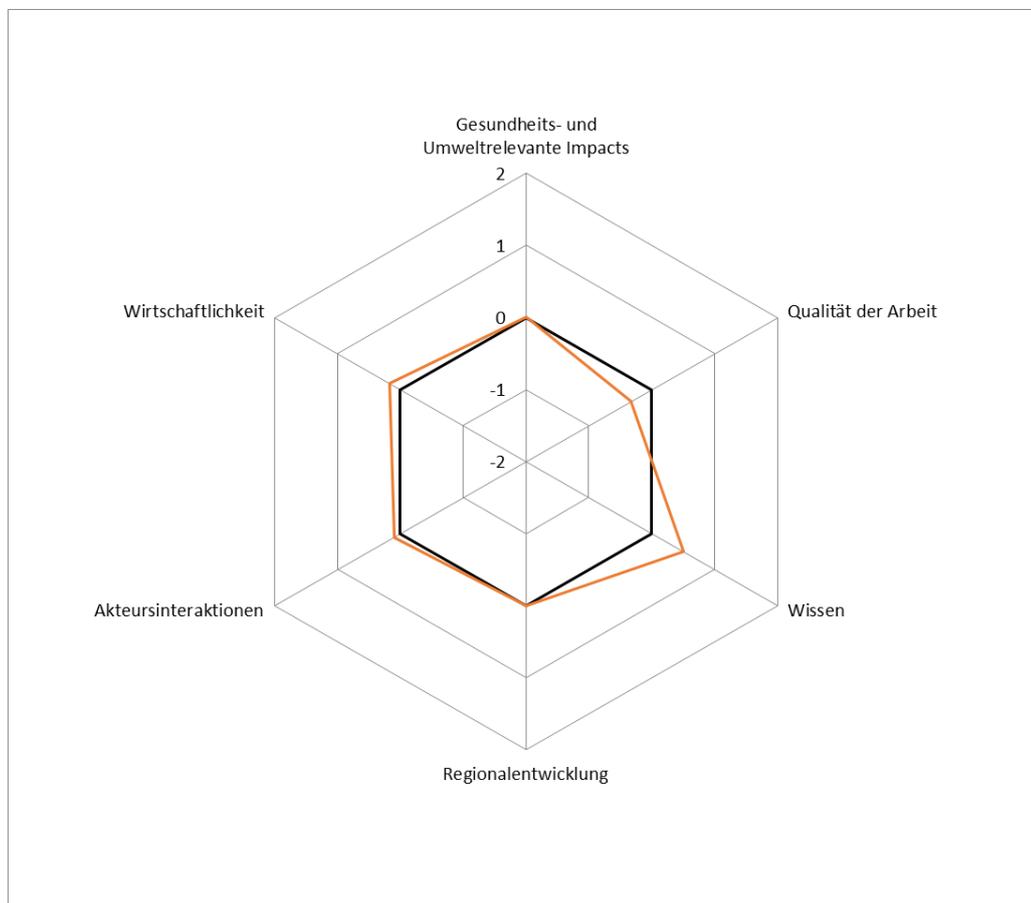


Abbildung 10: Nachhaltigkeitsperformance Standort B

# Energieforschungsprogramm - 1. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

- Positive Aspekte durch die Installation der Rauchgaskondensationsanlage sind in den Kategorien Wissen, zu verzeichnen. Diese sind auf die aktuelle Forschungstätigkeit und die damit verbundene Wissensvernetzung zurückzuführen, weitere Forschung ist nicht geplant. Die Akteursinteraktionen zeigen durch die Möglichkeit einige Fragen im Diskurs mit Betroffenen zu klären eine leichte Verbesserung gegenüber der Ausgangslage. Indirekte Beschäftigungseffekte und die Einbindung regionaler Betriebe in die Wartung sind hier ebenfalls zu nennen. Die Wirtschaftlichkeit der Anlage kann durch steigende Fernwärmenachfrage verbessert werden. Die Umweltsituation zeigt insgesamt keine Veränderung jedoch ist zu berücksichtigen, das Brennstoffbedarf, Wärmeverluste, Ascheabfälle und einige Emissionen sinken, darüber hinaus erhöht sich die Lebensdauer des Biomassekessels. Der hohe Recyclinganteil in den neuen Anlagenteilen ist ebenfalls positiv zu bewerten.
- Negativ zu vermerken ist, dass der Netzbezug der Anlage steigt. Die Lebenszyklusanalyse zeigt, dass die Rauchgaskondensationsanlage zu wesentlich höheren CO<sub>2</sub>-äquivalenten Emissionen durch den Betrieb führt als die Basisvariante mit Holzhackschnitzel. Im Bereich Regionalentwicklung ist keine Veränderung zu verzeichnen. Fehlende Angaben zur Fehlertoleranz der Anlage sind ebenfalls negativ bewertet.
- Insgesamt zeigt die Adaptierung eine Verbesserung im Sinne von Nachhaltigkeit.

**Fallbeispiel D:** das Szenario D1 („Spot- und Regelenergiemarkt“) ist **Orange**, das Szenario D3 („Holzvergaser und Holzgas KWK) ist **blau** dargestellt.

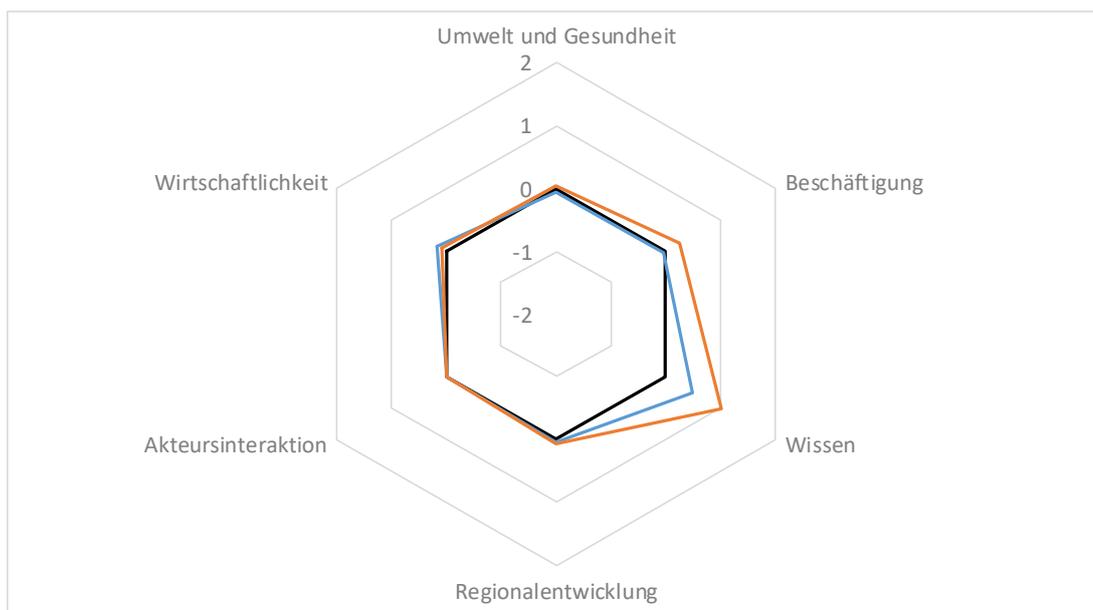


Abbildung 11: Nachhaltigkeitsperformance Standort D

- Positive Aspekte zeigen sich in beiden Szenarien in allen Bereichen. Im Bereich Wissen einerseits aufgrund der aktuellen Forschung und der dadurch induzierten Wissensvernetzung und andererseits, in Szenario D3 durch notwendige Qualifizierung für die Arbeit in der neuen Anlage. Durch die neue Anlage werden ein Arbeitsplatz geschaffen und durch den erhöhten Wartungsaufwand, für den regionale Betriebe herangezogen werden auch ev. Arbeitsplätze in der Region gesichert. Darüber hinaus verbessert der erhöhte Brennstoffbedarf die Existenzsicherung forstwirtschaftlicher Akteure. Akteursinteraktionen erfahren in D3 eine leichte Verbesserung, da ein Beteiligungsverfahren durchgeführt werden müsste. Durch die Möglichkeit zusätzlicher Fernwärmeanschlüsse in D3 verbessert sich die Wirtschaftlichkeit auf Anlagenebene etwas. Verbesserungen im Umweltbereich zeigen sich durch eine Verringerung von Emissionen und auch CO<sub>2</sub>-Äquivalente in beiden Szenarien. Der Wechsel von Biomasse aus intensiver Landwirtschaft zu forstlicher Biomasse verringert Vorläuferemissionen aus der Brennstoffbereitstellung.
- Dieser Wechsel bringt jedoch auch wirtschaftliche Verschlechterungen für die landwirtschaftlichen BiomassenbereiterInnen mit sich. Weitere negative Aspekte finden sich im Bereich der Wirtschaftlichkeit in der negativ bewerteten Amortisationszeit und der Wärmegestehungskosten in D3. Die Nutzung einer größeren Waldfläche für die Brennstoffbereitstellung kann negative Auswirkungen auf die Kulturlandschaft haben. Die Versiegelung zusätzlicher Flächen ist ebenfalls negativ zu werten. Die Verringerung der Anlagenlebensdauer durch eine erhöhte Zahl von Abschaltvorgängen in D1 ist hier ebenfalls zu nennen. Erhöhter Aschanfall und Emissionen durch höhere Zahl von Servicefahrten in D3 schlagen im Bereich der Umwelt zu Buche. Dies ist auch vor dem Hintergrund der in beiden Szenarien niedrigeren Energieerzeugung zu betrachten.
- Zielkonflikte zeigen sich z.B. im Bereich der Brennstoffbereitstellung zwischen land- und forstwirtschaftlichen Interessen oder auch durch den erhöhten Bedarf an Wartung in D3 der einerseits Arbeitsplätze positiv beeinflussen kann andererseits jedoch über die dafür notwendigen Fahrten Emissionen und Energiebedarf erhöht.
- Insgesamt zeigt D3 die etwas bessere Nachhaltigkeitsperformance.

**Zusammenfassung Nachhaltigkeitsbewertung:** Die Abhängigkeit von spezifischen Standortfaktoren - wie zum Beispiel bereits verbauten oder bestehenden Kulturlandschaftsflächen, den betroffenen Personen- wie zum Beispiel Forstwirten und deren Existenzsicherung oder spezifischen Umweltfaktoren wie vorhandene Ressourcen und daraus resultierende Transportwege zeigen die Komplexität des Themas. Darüber hinaus sind hier auch die Ansprüche künftiger Generationen zum beispielsweise in Bezug auf Bereich der Investitionen, Flächen- oder Ressourcenverbrauch zu beachten.

Was sich jedoch gezeigt hat ist, dass verschiedene Anlagen- oder Adaptierungsvarianten durchaus in unterschiedlichen Bereichen einen Beitrag zu nachhaltiger Entwicklung leisten können. Die Unterschiede zwischen den Varianten zeigen, dass es aus Sicht der Nachhaltigkeit jedenfalls wichtig ist, mögliche Auswirkungen, einander gegenüberzustellen und die Ergebnisse in die technische Entscheidungsfindung miteinzubeziehen. Auftretende Zielkonflikte zwischen unterschiedlichen Bereichen müssen angesprochen und – oft im Sinne eines „trade off“ gelöst werden. Eine wichtige

# Energieforschungsprogramm - 1. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

Maßnahme im Sinne der, allen Nachhaltigkeitskonzepten inhärenten, Partizipation ist die Einbeziehung betroffener Personen(gruppen) in die Entwicklung von Konzepten oder Planungen von Anlagen. Einerseits um über Fragen wie wieviel Kulturlandschaft jedenfalls geschützt werden muss, wieviel in einem Abwägungsprozess „zur Verfügung gestellt werden“ kann, zu diskutieren. Andererseits können in einem diskursiven Prozess gefundene Lösungen tragfähiger und langfristiger wirken.

## 4 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Nachfolgend sind wesentliche Erkenntnisse des Projektes zu diesem Abschnitt zusammengefasst, eine detaillierte Beschreibung ist in Anhang „D8.1&D9.1 Bericht über die geeigneten Rahmenbedingungen und Richtlinien zur Implementierung der Projektergebnisse in anderen Wärmenetze und Bericht zu Chancen und Hemmnissen möglicher Demonstrationsprojekte“ zu finden.

Die Nutzung alternativer Wärmequellen wie Solar- oder Geothermie, Umgebungswärme und Abwärme aus Produktionsprozessen oder dem Gewerbebereich (z.B. Rechenzentren) in Wärmenetzen kann deren Gesamteffizienz erhöhen sowie CO<sub>2</sub> Emissionen und Investitionsrisiken reduzieren. Dieses trägt unmittelbar zur Beibehaltung der Zukunftsfähigkeit von Wärmenetzen bei.

Im Folgenden werden „Lessons learned“ und Handlungsempfehlung sowie die technischen, rechtlichen, sozialen und ökologischen Chancen und Hemmnisse für mögliche Demonstrationsprojekten identifiziert und beschrieben. Dieses basiert auf einer intensiven Diskussion der Projektergebnisse mit unterschiedlichen Stakeholdern im Rahmen von mehreren Workshops. Im Rahmen des Projektes wurden folgende Workshops durchgeführt:

- **Lokaler Stakeholder WS** (Ort: Eggenburg, Datum: 04.12.2017, Teilnehmerkreis: Vertreter vom Wirtschaftsforum Waldviertel)
- **Lokaler Stakeholder WS** (Ort: Güssing, Datum: 31.01.2018, Teilnehmerkreis: Fern- und Nahwärmenetzbetreiber, Hersteller von Komponenten)
- **Lokaler Stakeholder WS** (Ort: Eugendorf, Datum: 06.02.2018, Teilnehmerkreis: Nahwärmenetzbetreiber, Energiecontracting)
- **Lokaler Stakeholder WS** (Ort: Großschönau, Datum: 21.02.2018, Teilnehmerkreis: Gemeindevertreter)
- **Abschluss WS in Wien** (Ort: Wien, Datum: 28.02.2018, Teilnehmerkreis: Fern- und Nahwärmenetzbetreiber, Hersteller von Komponenten, Ingenieurbüros, Interessensvertretungen, Förderstellen)

Abschließend werden unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten aus folgenden Bereichen skizziert: Wärmeversorgungsstrategien, Sektorenkopplung/ Hybridnetze, neue Geschäftsmodelle, Digitalisierung sowie neue Tarifsysteme.

### 4.1 Barrieren für die Nutzung alternativer Wärmequellen in Wärmenetzen

#### 4.1.1 Barrieren für die Einspeisung von Niedertemperaturquellen in Wärmenetzen

Da alternative Wärmequellen hauptsächlich auf niedrigem Temperaturniveau vorliegen bzw. deren volles Potential erst bei geringen Temperaturniveaus entfaltet werden kann, sind niedrige Vor- und Rücklauftemperaturen die wichtigste „enabler“ für deren Integration. Aufgrund der geringen technischen Effizienz vieler Kundenanlagen sind die Rücklauftemperaturen oftmals hoch und zur kosteneffizienten Übertragung der benötigten Wärmemenge werden i.A. relativ hohe

Vorlauftemperaturen im Wärmenetz eingestellt. Technische Maßnahmen zur Reduktion der Vor- und Rücklauftemperaturen im Bestand sind bekannt. Bei deren Umsetzung zeigen sich jedoch folgende Herausforderungen:

- niedrige Netztemperaturen haben insbesondere in städtischen Netzen keinen oder nur einen vernachlässigbaren Beitrag zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit
- Installateure müssen kontinuierlich geschult werden, es fehlt oftmals Motivation und Kontrollen
- Wärmelieferverträge haben langfristigen Laufzeiten
- fehlende Möglichkeiten zur Erstellung temperatur- oder massenstrom-abhängiger Tarife
- Nutzer/ Verbraucher Dilemma
- Gewährleistungsfragen, wenn der Netzbetreiber in Optimierungsmaßnahmen beim Kunden investieren
- Kontinuierliches Monitoring notwendig (ändert sich die Nutzung/ der Mieter können neue Fehler auftreten)

#### **4.1.2 Barrieren für die Einspeisung von dezentral vorliegende Quellen in Wärmenetzen**

Viele alternative Wärmequellen liegen dezentral bzw. im Netz verteilter und kleinskalig vor. Deren Integration stellt eine technische Herausforderung dar.

- So weisen viele Wärmenetze eine Strahlen- bzw. Baumtopologie auf, in denen eine dezentrale Einspeisung bzw. Lastumkehr nicht bzw. nur mit erhöhtem Aufwand möglich ist.
- Betriebsstrategien und Regelungskonzepte sind nicht auf eine hohe Zahl dezentraler Erzeuger ausgelegt.

Alternativ können Mikro- oder Insel-Netze um die Wärmequelle herum gebildet werden. Herausforderungen bestehen in folgenden Bereichen:

- geringe Versorgungssicherheit bzw. zusätzliche Installation back-up notwendig.
- neue Geschäftsmodelle zur Berücksichtigung von Einzelinteressen notwendig
- Gewährleistung von KonsumentInnenrechte aufgrund der kleinteiligen Strukturen schwieriger.
- Skalenvorteile im Vergleich zu großen Netzen nicht mehr gegeben.

#### **4.1.3 Barrieren für zeitlich fluktuierende bzw. nicht kontrollierbare Einspeisung bzw. Konkurrenzsituation zwischen den Erzeugern**

Die Erzeugung von Nicht- oder nur schwer beeinflussbaren Wärmequellen ist im Regelfall nicht zeitgleich mit dem Bedarf der Verbraucher. Zusätzlich konkurrieren diese Quellen insbesondere im Sommer miteinander und mit anderen Bandlasterzeugern wie der Müllverbrennung.

Die *Kurzzeitflexibilisierung* der Wärmenetze im Bereich von Stunden und Tagen ist recht gut beherrschbar, es lassen sich folgende Aspekte herausstreichen:

- Netz als Speicher: geringe Wärmekapazität, geringe Invest.-Kosten, Achtung: thermischer Stress auf Rohrleitungen
- Lastverschiebung: Schwer umsetzbar, da Eingriff in Kundenanlage, Geringe Invest.-Kosten, hohes Potential bei großen Verbrauchern
- Zentrale Speicher: Hohe Kapazitäten, hohe Investitionskosten, Nutzbare Synergieeffekte: Spitzenlast-reduktion, Entkopplung Wärme/ Strom-produktion, Integration Solarthermie etc.
- Verteilte Speicher (an der Kundenanlage): Hohe Kapazitäten, sehr hohe Invest.-Kosten, Ggf. Synergien bei Netzengpässen

Die größte Herausforderung für die signifikante Integration alternativer Wärmequellen ist jedoch die *Langzeitflexibilisierung* (Wochen bis Monate), bis hin zur saisonalen Speicherung. Barrieren für den Einsatz von saisonalen Wärmespeichern in urbanen Wärmenetzen sind

- die hohen Investitionskosten,
- die niedrigen maximalen Temperaturniveaus und
- der hohe Platzbedarf

#### **4.1.4 Barrieren für die Integration von Abwärme aus Gewerbe und Industrie**

Zusätzlich zu den genannten Barrieren (falls zutreffend), treten folgende spezifische Barrieren für die Integration von Abwärme aus Gewerbe und Industrie auf:

- Fehlende Sicherheit der langfristige Verfügbarkeit der industriellen Abwärme
- Risiko des Anlagenausfalls/ der Beeinträchtigung der Produktion
- hoher technischer Aufwand, wer trägt das Investitionsrisiko?
- Geringes Wissen bei Betrieben bzgl. der Möglichkeiten, bzw. sind bestehende und wirtschaftlich realisierbare Abwärmepotentiale oftmals gehoben.
- Es fehlen i.A. geeignete Geschäfts- und Finanzierungsmodelle
- Identifikation von Abwärmepotenzialen mit einem sehr großen Aufwand verbunden, insbesondere für kleinere Abwärmepotentiale in städtischen Systemen

#### **4.1.5 Barrieren für die Integration von Wärmepumpen in Wärmenetzen**

Die Motivation zum Einsatz von Wärmepumpen in der Fernwärme lässt sich in folgende Bereiche untergliedern: 1. Die Einspeisung von Niedertemperaturquellen, 2. Die Beteiligung am Strommarkt/ Reduktion von Netzengpässen, 3. Die Reduktion der Netztemperaturen und 4. Die Erhöhung von Transportkapazitäten durch Nutzung der Rücklaufleitung als Quelle. Zusätzlich zu den bereits genannten Herausforderungen (falls zutreffend), treten folgende spezifische Barrieren für die Integration von Wärmepumpen auf:

- Geringe Temperaturniveaus bzw. ungünstiges Verhältnis zwischen Wärmequelle (vor allem bei Umgebungswärme) und Wärmesenke (FW-Netztemperatur)

- Die aktuellen Strompreisniveaus erlauben oftmals keine wirtschaftliche Integration. Verwendung von Strom zu Heizzwecken kritisch, vor allem im Winter, wo der COP geringer ist
- Die Verfügbarkeit einer geeigneten Wärmequelle ist nicht immer gegeben, bzw. fehlende räumliche Nähe zur Erschließung von Wärmequellen
- keine befriedigende Produkt-/Technologie- und Marktübersicht über etablierte Hersteller, dessen Angebote sowie Umsetzungsprojekte
- fehlendes Know-how (Mangel an Personal, Kapital, etc.).
- WP stellen eine Konkurrenzsituation zu Biomasse (BM) dar, die WP ist noch nicht als Standardtechnologie in den Ö-Wärmenetzen etabliert.
- Es besteht ein Risiko für das herkömmliche Geschäft, vor allem bzgl. der Wertschöpfungs-/Erzeugungskette (Brennstoffbeschaffung/Logistik)
- fehlen momentan noch konkurrenzfähige Konzepte für die WP-Integration

## 4.1.6 Nicht-technische Barrieren

Die gegenwärtigen rechtlichen Rahmenbedingungen sind nicht für eine signifikante Erhöhung der Energieeffizienz und des Anteils Erneuerbarer im Wärmenetz geeignet. Das betrifft insbesondere folgende Punkte:

- Fehlende Abstimmung der Förderungen auf Bundes- und Landesebene
- Restriktive Anforderungen zur Vermeidung von Legionellen
- Geringe Planungssicherheit für langfristige Großprojekte
- Fehlende Finanzierungsanreize für großvolumige Infrastrukturinvestitionen

## 4.2 Lösungsoptionen

Die im Rahmen des Projektes entwickelten Maßnahmen zur Integration von alternativen Wärmequellen werden im Folgenden zu allgemeinen Lösungsoptionen ausformuliert, die verallgemeinerungsfähigen Charakter haben.

### 4.2.1 Gesamtheitliche Wärmeversorgungsstrategien

Ein Fokus liegt auf der Integration alternativer Wärmequellen Die übergeordnete Methode gliedert sich in die folgenden drei Phasen:

1. Analyse der Randbedingungen: a) Abstimmung der Bewertungskriterien und des Zeithorizonts, b) Status-Quo Bewertung und Szenarien, c) Analyse der energie- und klimapolitischen Rahmenbedingungen
2. Entwicklung von Technologieszenarien: a) Charakteristika der Erzeugungsanlagen/ Potentiale alternativer Wärmequellen, b) Berechnung der Wärmegestehungskosten, c) Entwicklung von Erzeugerportfolios, d) Sensitivitätsanalyse

3. Entscheidung zum finalen Konzept: a) Auswahl unterschiedlicher Varianten (Erzeugung/Netz), b) SWOT-Analyse, c) Multi-Kriterien-Bewertung, d) Übergangsszenarien und Maßnahmenplan für die ausgewählte Variante

## 4.2.2 Sektorenkopplung/ Hybridnetze

Hierbei handelt es sich um das Konzept der gemeinsamen Planung und Auslegung sowie des gemeinsamen Betriebs unterschiedlicher Energiedomänen, insbesondere des Stromnetzes, des Fernwärme/Kältenetzes und des Gasnetzes. In dem Hybridsystem Strom/Wärme ergeben sich so z.B. folgende wesentliche Synergien

Einsatz von E-Boilern/Wärmepumpen zu Zeiten günstiger Strompreise → a) Erhöhung Anteil erneuerbaren Energieträgern und Versorgungssicherheit, b) Erhöhung technische Aufnahmekapazität und Eigenverbrauch von PV/ Wind.

Integration von KWK-Anlagen → a) Vermeidung hydraulischer Engpässe, Versorgung von Inseln, b) Vermeidung von Überlastung von Transformatoren aufgrund zusätzlicher Verbraucher vermieden werden.

## 4.2.3 Weitere Unterstützende Maßnahmen

Neben den oben genannten Lösungsoptionen sind folgende Maßnahmen zu nennen:

- Kompetente und zuverlässige Partner, die die Wärmeversorger und Stakeholder bei Planung, Projektierung, Umsetzung, Inbetriebnahme und laufenden Betrieb unterstützen und beratend
- Demoprojekte, Best practice, Erfahrungen und konkrete Umsetzungsbeispiele
- Für ein „Learning by doing“ bedarf es Vorreiter, die Erfahrungen teilen und eine Risikobereitschaft für Forschung & Entwicklung haben
- Die Energieraumplanung sollte Unterstützung bei innovativen Projekten geben (Bereitstellung von Tools, Garantien für langfristige Planungssicherheiten, Bestehen von Doppelinfrastrukturen (Fernwärme, Gas) vermeiden)

## 4.2.4 Neue Geschäftsmodelle

Um alternative Wärmequellen in den österreichischen Wärmenetzen zu etablieren, werden neue Akteure hinzukommen (bzw. alte ersetzt werden) und auch innovative Geschäftsmodelle notwendig sein. Folgende innovative Elemente können genannt werden

- Regionalität: Hervorheben der regionalen Wertschöpfung
- Brennstoffsubstitution (ersetzen von knappen Ressourcen): Steigerung des erneuerbaren Anteils in der FW
- Gesamtheitliches Systemkonzept: Anbieten von mehreren Services (Wärme, Strom, Telekommunikation (Glasfaser), Mobilität ...)
- Nutzen Abwärme/Kühlenergie: Anbieten von Kälte für Rechenzentren
- Für die größten bzw. energieintensivsten Kunden könnten besondere Services angeboten werden (Systemoptimierung, Demand Side Management (DSM))

- Finanzierung und Contracting zur Risikovermeidung
- Reduzierung der Systemtemperaturen: Neuverhandlung der Wärmelieferverträge und Aufklärung der Verbraucher
- Unternehmensauftritt: Kundenbeziehung stärken und strategische Kommunikation der Unternehmensstrategie mit Hinblick auf verschiedene Interessen
- Anlagenoptimierung: Weiterbildungsmaßnahmen für Planer und Installateure zu den Anforderungen an Kundeninstallationen, Wissenstransfer von Best-Practice-Beispielen

## 4.2.5 Digitalisierung

Die Digitalisierung von Wärmenetzen betrifft diverse Aspekte, wie z.B. Instandhaltung, Workflow-Management, Betriebsführung und Asset Management, Dokumentation und Berichterstattung, Kundenkommunikation und Abrechnung. Der Digitalisierungsgrad in der Wärmeversorgung ist unterschiedlich, es liegen diesbzgl. keine Regulierungen oder Standardisierungen vor. Im Folgenden werden unterschiedliche digitale Methoden zur Unterstützung der Optimierung der Integration dezentraler Wärmequellen und des Betriebs von Wärmenetzen dargestellt, die im Projekt heat\_portfolio diskutiert und untersucht wurden.

- Die **Planung bzw. Transformation** von Wärmenetzen unterliegt diversen Randbedingungen und Einflussparametern, auch sind unterschiedliche Entscheidungskriterien und Stakeholder zu berücksichtigen. Dieses ist insbesondere für hohe Anteile alternativer Wärmequellen herausfordernd. Der Gesamtprozess zur Optimierung der Planung/ des Designs kann durch die Anwendung verschiedener digitaler Methoden optimiert werden, dieses inkludiert
  - Methoden zur Analyse großer Datensätze (z.B. Nutzung von Messdaten für Auslegungen),
  - Mapping-Algorithmen & Gamification (z.B. Identifikation von Potentialen erneuerbarer Energien und Sanierungsbedarf)
  - Integrative und GIS-basierte Prozessplanungstools, inklusive Benchmarking, Modellierung, Optimierungs- und Co-Simulationsmethoden, Risikomanagement
- Die wichtigsten Indikatoren beim **Betrieb von Wärmenetzen** sind wirtschaftliche Parameter wie die Kosteneffizienz. Zunehmend wichtiger werden auch Nachhaltigkeitsaspekte wie der Anteil erneuerbarer Energien und Autarkie-Bestrebungen wie die Maximierung des Eigenverbrauchs von lokalen PV-Anlagen. Digitale Lösungen können den Betrieb auf folgenden Wegen unterstützen:
  - Die Lastprognose des Wärmebedarfs der am Fernwärmenetz angeschlossenen Gebäude
  - Einsatzplanung unterschiedlicher Erzeugungsanlagen
  - Vorlauftemperatursteuerung zur Minimierung von Wärmeverteilverlusten, Maximierung der Effizienz der Erzeugungsanlagen und Nutzung des Rohrleitungsnetzes als Speicher
  - Erkennung von Fehlern auf Seiten der Erzeugungsanlagen und des Leitungsnetzes

- Smart heat meter können einerseits zeitnah Daten zu gebäudeseitigen Parametern übermitteln und andererseits fernsteuerbare Setpoints und Schnittstellen zu den Verbrauchern bieten. Folgende Vorteile ergeben sich
  - Die Verbesserung der Netzberechnungen
  - das Erkennen von Störungen/ Fehlern und falsch ausgelegten Kundenanlagen
  - Demand side management
  - die Visualisierung des Energieverbrauches und der Performance der Heizungsanlage → Erkennen fehlerhafter Einstellungen Anpassen des Heizverhaltens

## 4.2.6 neue Tarifsysteme

Eine weitere Möglichkeit von Smart Heat Metern ist die Einführung neuer Tarifsysteme. Hierbei können folgende zwei Möglichkeiten genannt werden

- Anreize zur Senkung der Rücklauftemperaturen z.B. in dem durchschnittliche Spreizungen oder der Volumenstrom zur Abrechnung verwendet werden (derzeit in Österreich nicht ohne weiteres möglich)
- Flexible Tarife/„Wärmebörse“: Zeitabhängige Gestaltung des Fernwärmetarifs, dass in Spitzenlastzeiten hohe Arbeitspreise verrechnet werden, z.B. zum Ausgleich saisonaler oder tageszeitlicher Schwankungen oder der Anpassung an fluktuierende Erzeuger.

## 4.3 Rechtliche Aspekte der dezentralen Wärmeeinspeisung

Nachfolgend sind wesentliche Erkenntnisse des Projektes zu diesem Abschnitt zusammengefasst, eine detaillierte Beschreibung ist in Anhang „Wirtschaftliche Nachhaltigkeit – volks- und betriebswirtschaftliche Analyse, Rechtliche Aspekte der dezentralen Wärmeeinspeisung“ zu finden.

In einem projektinternen Workshop wurden unterschiedliche Fragestellungen für die Rechtliche Analyse erarbeitet und im Folgenden diskutiert, es lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen:

- **Ist bei der Einspeisung ein geeichter Zähler ebenfalls notwendig?** → JA - gem. § 8 Abs 1 lit 3c MEG unterliegen Mengenmessgeräte für thermische Energie, also auch Wärmehähler, der Eichpflicht, wenn sie im amtlichen oder im rechtsgeschäftlichen Verkehr verwendet oder bereitgehalten werden.
- **Von wem ist dieser Zähler bereitzustellen und wer ist für die Eichung verantwortlich?** → Es ist im MRG gesetzlich nicht geregelt, wer einen Wärmehähler bereitzustellen hat, jedoch ist der Verwender dieses eichpflichtigen Messgeräts gem. § 7 Abs. 2 dafür verantwortlich, dass das Messgerät auch tatsächlich geeicht ist. Dies ist im gegenständlichen Projekt der Einspeiser der Wärme. Aufgrund der Vorgabe in § 15 Z 5 lit f MEG muss der Wärmehähler alle fünf Jahre nachgeicht werden.
- **Gibt es Alternativen zum Zähler und wie sind diese aus rechtlicher Sicht zu bewerten (z.B.: Pauschalabrechnung)?** → Eine Aufteilung z.B. nach Fläche ist nicht gerecht, da einige Mieter dann nie die Möglichkeit haben, durch sinnvolles Sparverhalten ihre Heizkosten zu senken. Diese müssen immer für die Mieter, die nicht auf die Heizkosten achten, anteilig der Wohnfläche mitbezahlen. Kosten für Wärme und gegebenenfalls die Warmwasseraufbereitung sind in Grundkosten und Verbrauchskosten aufzuteilen. (Vgl. HeizKG und ÖNORM M 5930)
- **Lassen sich Forderungen der Kunden bei einem Versorgungsausfall ableiten, z.B. aus dem KSchG oder dem Genossenschaftsrecht?** → Die öffentlich-rechtliche Rechtsordnung regelt die unterbrechungsfreie Versorgung mit Wärme derzeit nicht spezifisch. Die Versorgungssicherheit ergibt sich jedenfalls aus vertraglichem oder wirtschaftlichem Eigeninteresse des Wärmenetzbetreibers. Im Falle des Versorgungsausfalls könnte der Versorger grundsätzlich gem. §§ 1295 ABGB schadenersatzpflichtig sein. Jedoch wurde in allen bisher geprüften Service-Verträgen der Schadensersatz-Anspruch ausgeschlossen.
- **Bestehen bei Preissteigerungen (oder generell aufgrund der Vertragslaufzeit) Rücktrittsrechte des Abnehmers auf Basis des KSchG? Regelungen dazu auch in den individuell gestalteten Wärmelieferverträgen enthalten.** → § 6 Abs 1 Z 5 will Verbraucher vor unvorhersehbaren, nicht kalkulierbaren einseitigen Preisänderungen durch Unternehmer schützen. Vertragsänderungen und insbesondere Entgeltanpassungen müssen besonderen Anforderungen genügen, um wirksam zu sein: sie müssen vereinbart, klar nachvollziehbar, in ihren Kriterien sachlich gerechtfertigt, für beide Seiten in gleicher Weise gegeben und in ihren

Voraussetzungen vom Willen des Unternehmers unabhängig sein, um nicht gegen § 6 Abs 1 Z 5 KSchG zu verstoßen.

- **Vertragsbindung bei Fernwärme- Einzelverträgen** → § 15 Abs 1 KSchG schützt Verbraucher vor überlangen Vertragsbindungen, indem die Norm nichtunternehmerischen Kunden bei Dauerlieferverträgen gegenüber unternehmerischen Vertragspartnern jährliche Kündigungsrechte gewährt. § 15 Abs 3 KSchG gestattet die Aufschiebung des ersten möglichen Kündigungstermins, wenn die Erfüllung des Vertrags für den Verbraucher erhebliche Aufwendungen verursacht und dies dem Verbraucher spätestens bei Vertragsabschluss mitgeteilt worden ist. § 15 Abs 3 KSchG berücksichtigt somit das Interesse des Unternehmers an der Amortisation seiner gerade für diesen Vertrag getätigten Investitionen. OGH 29.4.2004, 8 Ob 130/03f : Längere Vertragsbindungen sind nur unter der Voraussetzung zulässig, dass der Energieversorger erhebliche Aufwendungen getragen hat, die dem Betroffenen bei der Vertragsschließung bekannt gegeben werden. (OGH Unpräzise, allgemeine Hinweise des Energieversorgers reichen jedenfalls nicht aus. Zweck der Regelung: dem Verbraucher eine Beurteilung der Angemessenheit der von ihm einzugehenden Bindung zu ermöglichen. Auch korrekte Bekanntgabe der Aufwendungen ist kein Freibrief für den Energieversorger, Bindungsfristen zu vereinbaren, die bei dauerndem Verbleib in der Wohnung auf eine lebenslange Bindung hinauslaufen können.
- **Rechtliche Aspekte in Zusammenhang mit wassergeführten Wärmespeichern** → Es existiert keine Legaldefinition für „Wärmespeicher“.
- **Gewerbeberechtigung:**
  - Ist die erwerbsmäßige Wärmespeicherung eine Teiltätigkeit der gewerblichen Wärmeversorgung anderer, handelt es sich um ein freies Gewerbe.
  - Ist die Wärmespeicherung bloß eine dienende, untergeordnete Funktion für diverse andere Gewerbsarten (etwa im Zuge eines Industriebetriebes), ist sie kein eigenes (daher auch kein freies) Gewerbe, sondern eine unselbständige Teiltätigkeit eines anderen Gewerbes, die das rechtliche Schicksal dieses eigentlichen Gewerbes teilt. Insofern ein reglementierter Gewerbebetrieb für seine Zwecke auch Wärme speichert, wäre die Wärmespeicherung dann eben Teil einer reglementierten Tätigkeit.
  - Je nachdem, welches Speichermedium eingesetzt wird, unterliegen die Errichtung und der Betrieb zusätzlich zu „herkömmlichen Bestimmungen“ der Gewerbeordnung auch noch anderen Sonderregelungen (Seweso III, IPPC-Anlage, UVP, DruckgeräteG). Für eine abschließende rechtliche Beurteilung ist daher der Einzelfall mit den jeweiligen Spezifika heranzuziehen. Für wassergeführte Wärmespeicher können beispielsweise insbesondere die Regelungen des Wasserrechtsgesetz 1959 gelten:
- **Bewilligungspflichten (z.B. Generalklausel für „Einwirkungen“ auf Beschaffenheit der Gewässer)**
  - Unterlassenpflichten (z.B. Wiedereinleitung von bereits verwendetem Wasser)

# Energieforschungsprogramm - 1. Ausschreibung

Klima- und Energiefonds des Bundes – Abwicklung durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG

- Handlungspflichten (z.B. Maßnahmen zur Vermeidung einer Gewässerverunreinigung)
- Instandhaltungspflichten (z.B. Wasserbenutzungsanlagen)
- Abänderung von Bewilligungen (Vorschreibung nachträglicher (weiterer) Auflagen)
- Befristungen für Wasserbenutzungsrechte (bspw. Wärmenutzung der Gewässer)

## 5 Ausblick und Empfehlungen

Basierend auf den Projektergebnissen werden folgende **Empfehlungen** formuliert:

Die **Betrachtung und Optimierung von Anergienetzen** rückt derzeit zunehmend in den Fokus internationaler und nationaler Aktivitäten. Anergienetze sind Wärmenetze mit Temperaturen bei typischerweise 8 und 22°C und dezentralen Wärmepumpen beim Verbraucher, die bi-direktional funktionieren und verschiedene Wärmequellen und Verbraucher im Regelfall über Langzeitwärmespeicher koppeln, insbesondere in Kombination mit Kühlung.

→ **Ausblick:** die Machbarkeit von Anergienetzen soll in dem Projekt „*NEFI\_Smart Anergy Quarter Baden*“ (national, Vorzeigeregion NEFI, eingereicht) für den Standort Baden untersucht werden.

Die **Reduktion der Systemtemperaturen** im Wärmenetz ist ein „key-enabler“ für die Transformation der Richtung eines signifikanten Anteils alternativer Wärmequellen und damit der Sicherstellung der Zukunftsfähigkeit. Technische Maßnahmen zur Reduktion der Vor- und Rücklauftemperaturen im Bestand oder im Neubau sind hinreichend bekannt, bei der Umsetzung dieser Maßnahmen zeigen sich jedoch diverse Herausforderungen.

→ **Ausblick:** Strategien und Geschäftsmodelle zur Reduktion der Netztemperaturen werden derzeit in zwei laufenden Forschungsprojekten bearbeitet:

- „*T2LowEx - Transformation von konventionellen Wärmenetzen in Richtung Niedertemperaturnetze durch sekundärseitige Maßnahmen*“ (National, Energieforschungsprogramm 3. Ausschreibung, genehmigt)
- „*TEMPO - TEMPerature Optimisation for Low Temperature District Heating across Europe*“, (H2020, Call: H2020-EE-04-2016-2017, genehmigt)

Die **Digitalisierung von Wärmenetzen** betrifft diverse Aspekte, jedoch ist der Digitalisierungsgrad in der Wärmeversorgung sehr unterschiedlich. Die Planung bzw. Transformation von dezentralen Wärmenetzen mit sehr hohen Anteilen erneuerbarer Energien und Abwärme ist besonders herausfordernd bzgl. der Art und Dimensionierung der Infrastruktur, der Wahl der Erzeugungsanlagen und der Integration von Prosumern, thermische Speicher, Batterien etc.

→ **Ausblick:** Digitale Planungsmethoden werden demnächst in folgenden Projekten bearbeitet:

- *DIM4Energy - „Digitale Informationsmodelle für die Planung und Optimierung von Gebäuden und urbaner Energieinfrastruktur“* (Stadt der Zukunft 5. Ausschreibung)
- *Hot City – „Gamification als Möglichkeit für die Generierung von Daten zur energieorientierten Quartiersplanung“* (Stadt der Zukunft 5. Ausschreibung)

Die **Sektorenkopplung** erlaubt die gemeinsamen Planung und Auslegung sowie den gemeinsamen Betriebs unterschiedlicher Energiedomänen (elektrisches Netz, Gasnetz, Wärmenetz) und damit die Optimierung des gesamten Energiesystems und Nutzung verschiedener Synergien.

→ **Ausblick:** Synergien aufgrund der Sektorenkopplung werden derzeit in dem Projekt *Fit4power2heat – Sondierung zur Realisierung des Wärmepumpenpooling für städtische Wärmenetze*“ (national, Stadt der Zukunft 4. Ausschreibung) bearbeitet.

**Weiterer Ausblick:** Die Projektergebnisse werden in verschiedenen IEA Aktivitäten einfließen und somit die internationale Sichtbarkeit Österreichs in dem Thema stärken:

- HPT Annex 47: *“Heat Pumps in District Heating and Cooling systems“*
- DHC Annex TS2: *“Implementation of low temperature district heating systems“*
- DHC Annex TS3 *“District heating and cooling networks in an integrated energy system context“*
- SHC Task 55: *“Towards the Integration of Large SHC Systems into District Heating and Cooling (DHC) Networks“*

## 6 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] 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.
- [4] R. F. Szydlowski, L. E. Wrench, P. J. O'Neill und J. B. Paton, „Measured Energy Savings from Using Night Temperature Setback,“ Pacific Northwest Laboratory, Richland, 1993.

## 7 Anhang

- D2.1&D2.2 Bericht zur typischen Strukturen und Größen von Fernwärmenetzen in Österreich & Bericht zu typischen bzw. relevanten Industrien in Österreich mit Abwärmepotential
- D4.1&D7.1 Machbarkeitsanalyse der Abwärmeeinspeisung & Bericht zur Simulation der Integration dezentraler Abwärmequellen in die Fallbeispiele
- D5.1 Bericht zur Auswahl, Auslegung und Integration von Speichern in verallgemeinerungsfähiger Form
- D5.2 Bericht zur Auswahl, Auslegung und Integration von Wärmepumpen in verallgemeinerungsfähiger Form
- D5.3&5.4 Bericht zu hydraulischen Schaltungen zur Integration dezentraler Erzeuger in verallgemeinerungsfähiger Form und netzseitige Regelungsstrategien zur Integration dezentraler Erzeuger in verallgemeinerungsfähiger Form
- D6.1&D6.2 Katalog zur Implementierung der nutzerseitigen Maßnahmen und Szenarien unterschiedlicher Durchdringung der Maßnahmen als Basis für die Simulationen
- D8.1&D9.1 Bericht über die geeigneten Rahmenbedingungen und Richtlinien zur Implementierung der Projektergebnisse in anderen Wärmenetze und Bericht zu Chancen und Hemmnissen möglicher Demonstrationsprojekte
- Bericht „Wirtschaftliche Nachhaltigkeit – volks- und betriebswirtschaftliche Analyse, Rechtliche Aspekte der dezentralen Wärmeeinspeisung“
- Nachhaltigkeitsbewertung ausgewählter Fernwärme-Szenarien, Bericht zu (Task 2.1, Task 3.3 und Task 7.3)

## 8 Kontaktdaten

### **Dr.-Ing. Ralf-Roman Schmidt**

AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Giefinggasse 6, 1210 Wien

M +43 (0) 664 235 19 01

[Ralf-Roman.Schmidt@ait.ac.at](mailto:Ralf-Roman.Schmidt@ait.ac.at)

### **Weitere Projekt- bzw. KooperationspartnerInnen**

- Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz
  - Dr.in Karin Fazeni-Fraisl, [fazeni@energieinstitut-linz.at](mailto:fazeni@energieinstitut-linz.at)
  - Dr. Sebastian Goers, [goers@energieinstitut-linz.at](mailto:goers@energieinstitut-linz.at)
  - Dr. Simon Moser, [moser@energieinstitut-linz.at](mailto:moser@energieinstitut-linz.at)
- Technische Universität Wien
  - Nagler Johannes [johannes.nagler@tuwien.ac.at](mailto:johannes.nagler@tuwien.ac.at)
  - Karl Ponweiser [karl.ponweiser@tuwien.ac.at](mailto:karl.ponweiser@tuwien.ac.at)
- Technikum Wien GmbH
  - Susanne Schidler [schidler@technikum-wien.at](mailto:schidler@technikum-wien.at)
  - Alexander Hirschl
  - Andrea Werner
- Güssing Energy Technologies GmbH
  - Richard Zweiler, [r.zweiler@get.ac.at](mailto:r.zweiler@get.ac.at)
  - Christian Doczekal, [c.doczekal@get.ac.at](mailto:c.doczekal@get.ac.at)
- Sonnenplatz Großschönau GmbH
  - Bettina Frantes, [b.frantes@sonnenplatz.at](mailto:b.frantes@sonnenplatz.at)
- TB Harald Kaufmann GmbH
  - Horst Striessnig [h.striessnig@nahwaerme.at](mailto:h.striessnig@nahwaerme.at)
- Öko Energie Strem Reg.Gen.mbH
  - Siegfried Legath [legaths@gmail.com](mailto:legaths@gmail.com)
- S.O.L.I.D. GmbH
  - Hannes Poier [h.poier@solid.at](mailto:h.poier@solid.at)
  - Moritz Schubert [m.schubert@solid.at](mailto:m.schubert@solid.at)
  - Sabine Putz [s.putz@solid.at](mailto:s.putz@solid.at)