

IEA Wärmepumpentechnologien (HPT) Annex 47: Wärmepumpen in Fernwärme- und -kälte-Systemen

Arbeitsperiode 2015 - 2019

R. Geyer, C. Marguerite,
R.R. Schmidt, A. Arnitz,
R. Rieberer

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

48/2019

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Auszugsweise Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Republik Österreich und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Nutzungsbestimmungen: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/impressum/>

IEA Wärmepumpentechnologien (HPT)

Annex 47:

Wärmepumpen in Fernwärme-
und -kälte-Systemen

Arbeitsperiode 2015 - 2019

Roman Geyer, Charlotte Marguerite, Ralf-Roman Schmidt
AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Alexander Arnitz, Rene Rieberer
Technische Universität Graz – Institut für Wärmetechnik

Wien, März 2019

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms

IEA FORSCHUNGS
KOOPERATION

des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Programm FORSCHUNGSKOOPERATION INTERNATIONALE ENERGIEAGENTUR. Es wurde vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie initiiert, um Österreichische Forschungsbeiträge zu den Projekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu finanzieren.

Seit dem Beitritt Österreichs zur IEA im Jahre 1975 beteiligt sich Österreich aktiv mit Forschungsbeiträgen zu verschiedenen Themen in den Bereichen erneuerbare Energieträger, Endverbrauchstechnologien und fossile Energieträger. Für die Österreichische Energieforschung ergeben sich durch die Beteiligung an den Forschungsaktivitäten der IEA viele Vorteile: Viele Entwicklungen können durch internationale Kooperationen effizienter bearbeitet werden, neue Arbeitsbereiche können mit internationaler Unterstützung aufgebaut sowie internationale Entwicklungen rascher und besser wahrgenommen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch viele IEA Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und auch in der Marktumsetzung konnten bereits richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Publikationsreihe und die entsprechende Homepage www.nachhaltigwirtschaften.at gewährleistet wird.

DI Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	6
2	Abstract	7
3	Ausgangslage	8
4	Projekthalt	10
5	Ergebnisse	15
	5.1. Executive Summary	15
	5.2. Annex 47 – Inhalte und Ziele	17
	5.3. Aufbau des Annex 47	18
	5.4. Markt- und Energieeinsparpotenziale	19
	5.5. Beschreibung verschiedener Lösungen/Demonstrationsprojekte	21
	5.6. Überprüfung verschiedener Konzepte/Lösungen	23
	5.7. Möglichkeiten und Lösungen für Implementierungsbarrieren	24
6	Vernetzung und Ergebnistransfer	26
7	Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen	29
8	Anhang	34

1 Kurzfassung

Ausgangssituation und Motivation: Eine signifikante Nutzung alternativer Wärmequellen mit Hilfe von Fernwärmenetzen ist eine wesentliche Herausforderung für eine nachhaltige Energieversorgung. In Zeiten steigender Anteile fluktuierender Erzeuger wie PV und Windenergie und gleichzeitig sinkender Strompreise steigt in diesem Zusammenhang die Relevanz von Wärmepumpen. Während insbesondere in Skandinavien bereits großflächig Wärmepumpen in Wärmenetze einspeisen (z.B. ca. 7% der Fernwärmeaufbringung in Schweden), gibt es in Österreich jedoch nur sehr vereinzelte Fallbeispiele. Im Rahmen des IEA HPT Annex 47 werden Potentiale und Barrieren zur Integration von Wärmepumpen in Fernwärme- und Fernkältenetzen analysiert und für Entscheidungsträger aufbereitet.

Zielsetzungen und Methode: Ziel dieses gegenständlichen Projektes war die Beteiligung an der Working Phase des Annex 47 zum Erfahrungsaustausch mit den internationalen Teilnehmern und Diskussion und Einbringung relevanter Forschungsergebnisse sowie Leitung von Task 3 und Task 4 durch das AIT. Das Arbeitsprogramm umfasst:

- Task 1: Darstellung der Potentiale für Österreich basierend auf einer Analyse aktueller Studien
- Task 2: Analyse existierender Fallbeispiele in Österreich
- Task 3: Abbildung und Bewertung vielversprechender Integrationsvarianten für charakteristische Fernwärmenetze in Österreich
- Task 4: Identifikation von Umsetzungsbarrieren und die Entwicklung von Lösungsmöglichkeiten
- Task 5: Einbringung der österreichischen Beiträge in internationale Expertenmeetings, die Information der österreichischen Stakeholder, Mitarbeit bei Disseminierungstätigkeiten sowie die Integration der Ergebnisse in den Abschlussbericht

Ergebnisse und Schlussfolgerungen:

- Dokumentation nationaler/ internationaler Best Practice Beispiele, Identifikation von technischen und nicht-technischen Barrieren für die Integration von Wärmepumpen in FWK Netzen und Darstellung von Lösungsmöglichkeiten, inkl. Geschäftsmodelle
- Disseminierungstätigkeiten und Reporting:
 - Darstellung der Tätigkeiten und der Ergebnisse des Annex 47 im Internet als Teil der Website <https://heatpumpingtechnologies.org/annex47/>
 - Fortschrittsberichte zum IEA HPT zur Veröffentlichung im Newsletter und jährlicher Bericht zum ExCo des IEA HPT, Abschlussbericht, der alle Ergebnisse des IEA HPT Annex 47 zusammenfasst
 - Erstellung wissenschaftlicher Veröffentlichungen in nationalen und internationalen Konferenzen (z.B. Poster mit populärwissenschaftlicher Darstellung)
- Initiierung lokaler Demonstrationsprojekten durch eine bessere Zusammenarbeit zwischen Forschung und Industrie

2 Abstract

Starting point/Motivation: A significant use of alternative heat sources in district heating networks is a major challenge for a sustainable energy supply in Austria. Especially with the increasing fluctuating power sources, such as PV and wind, and at the same time decreasing electricity prices, the integration of heat pumps into district heating networks becomes increasingly relevant. While in Scandinavia heat pumps are already extensively used in district heating networks (about 7% of the district heating supply in Sweden), there are in Austria only very occasional case studies. Within the IEA-HPT Annex 47, the potentials and barriers for the integration of heat pumps in district heating and cooling networks are analyzed and prepared for decision makers.

Contents, Objectives and Methods: The aim of this project was to participate in the working phase of Annex 47 to exchange experiences with the international participants and to discuss and contribute relevant research results as well as to lead Task 3 and Task 4 by the AIT. The work includes:

- Task 1: Presentation of the potentials for Austria based on an analysis of current studies
- Task 2: Analysis of existing case studies in Austria
- Task 3: Mapping and evaluation of promising integration variants for characteristic district heating networks in Austria
- Task 4: Identification of implementation barriers and development of possible solutions
- Task 5: Austrian contributions to international expert meetings, information of Austrian stakeholders, participation in dissemination activities as well as integration of the results into the final report

Results:

- Documentation of national/ international best practice examples, identification of technical and non-technical barriers for the integration of heat pumps in DHC networks and presentation of possible solutions, including business models
- Dissemination activities and reporting:
 - Presentation of the activities and results of Annex 47 on the Internet as part of the website <https://heatpumpingtechnologies.org/annex47/>
 - Progress reports on the IEA HPT for publication in the newsletter and annual report on the ExCo of the IEA HPT, final report summarizing all the results of the IEA HPT Annex 47.
 - Preparation of scientific publications in national and international conferences (e.g. posters with popular scientific presentations)
- Initiating local demonstration projects through better cooperation between research and industry.

3 Ausgangslage

Das Wärmepumpenprogramm der IEA entwickelt und verbreitet sachliche und ausgewogene Information zu den Themen Wärmepumpen, Kühlung und Klimatisierung. Dabei sollen die umweltrelevanten und energetischen Potenziale dieser Technologien genutzt werden. Im Rahmen dieses Programms werden gemeinsame Forschungsprojekte, Workshops und Konferenzen sowie ein Informationsservice (IEA-Wärmepumpenzentrum) durchgeführt. Die strategischen Ziele des IEA-Programms Wärmepumpentechnologien (HPT) sind:

- Die Vorteile von Wärmepumpen im Hinblick auf Umwelt und Energieeffizienz zu quantifizieren und publik zu machen.
- Auf die WP auf nationaler und internationaler politischer Ebene aufmerksam zu machen.
- Das Programm an die bestehenden Prioritäten, wie beispielsweise die Forderungen von Kyoto oder EU-Vorgaben (20-20-20-Ziele), anzupassen.
- Informationen zur Verfügung zu stellen, durch die die Markteinführung von Wärmepumpen unterstützt wird und welche von Planer, Energieversorger und Politiker genutzt werden können.
- Internationale Zusammenarbeit initiieren und fördern.
- Das Programm in die Richtung zu stärken, dass
 - die Umweltstrategie unterstützt wird,
 - auftretende Hindernisse auf dem Markt vermieden werden können, und
 - internationale Zusammenarbeit gestärkt wird
- Einen effektiven Informationsfluss zwischen den involvierten Parteien sicher zu stellen.
- Die Entwicklung eines Informations- und Kommunikationsplans, durch den Umwelt, Märkte und Technologien unterstützt werden.

Um diese Ziele zu erreichen führt das IEA-HPT zahlreiche Aktivitäten durch:

- Annexe (≙ internationale Zusammenarbeitsprojekte)
- Eine alle drei Jahre stattfindende Internationale IEA-Wärmepumpenkonferenz, z.B. in Graz (1984), Las Vegas (2005), Zürich (2008), etc.
- Das IEA Heat Pump Centre (HPC) als Informationsplattform des IEA-Wärmepumpentechnologien (HPT). Das HPC verfolgt folgende Aufgaben:
- Betreiben der Website <https://heatpumpingtechnologies.org/about/heat-pump-centre/>
- Vierteljährlich Publikation eines Newsletters mit Neuigkeiten und Fachartikeln über Entwicklungen auf dem Gebiet der Wärmepumpentechnologien (Heizung, Kühlung und Kälte)
- Workshops, ausgerichtet auf aktuelle Themen, oft mit speziellem Bezug auf das Land, in dem der Workshop stattfindet.
- Die Berichte über Annexe, Workshops und Konferenzen werden entweder direkt nach Abschluss des Projekts, oder verzögert, um den teilnehmenden Ländern einen gewissen Vorsprung zu geben, in einem einheitlichen Format publiziert.
- Zusammenarbeit mit dem International Institute of Refrigeration (IIF/IIR), der EHPA (European Heat Pump Association) sowie anderen Implementing Agreements und dem IEA-Sekretariat.

Referenzanlagen: Wärmepumpen werden bereits seit mehreren Jahrzehnten besonders in skandinavischen Ländern in Fernwärme- bzw. Fernkältenetzen erfolgreich eingesetzt. So stammen z.B. in Schweden ca. 7% der eingespeisten Wärmemenge aus Wärmepumpen¹. An relevanten Referenzanlagen sind zu nennen:

- **Drammen (NO)**²: größte mit NH₃ betriebene WP-Anlage der Welt mit Fjordwasser als Wärmequelle, 3 WP, Wärmeleistung: 14 MW, Errichtung: 2011
- **Stockholm (SE)**³: WP-Anlage mit Meerwasser für Fernwärme, 6 WP mit Gesamtkapazität von 180 MW; Errichtung: 1984 bis 1986
- **Oslo/Sandvika (NO)**⁴: WP-Anlage mit Abwasser (Direktentnahme) für Fernwärme und Fernkälte, 3 WP, Heizleistung: >21 MW, Kälteleistung: >14 MW, Errichtung: 1983 bzw. Erweiterung 1989
- **Oslo/Fornebu (NO)**⁵: WP-Anlage mit Meerwasser für Fernkälte; 1 WP, Kälteleistung: 4,1 MW, Wärmeleistung: 5,4 MW, Errichtung: 2002
- **Rolfsbukta (NO)**: WP-Anlage mit indirekter Nutzung von Meerwasser für Fernkälte und Fernwärme, 4 WP, Kälte- und Wärmeerzeugung: Kälteleistung: 10MW, Wärmeleistung: 16MW oder Kälteerzeugung im Sommer: Kälteleistung: 20MW

In Österreich lassen sich jedoch nur sehr vereinzelt Fallbeispiele identifizieren. Diese speisen jedoch i.A. nicht in „klassische“ Fernwärmenetze ein, sondern hauptsächlich in kleinere Netze bzw. Gebäudeverbände (siehe Auflistung in der Beschreibung von AP₃).

1 Averfalk, H. et al.: On the use of surplus electricity in district heating systems, 14th International Symposium on District Heating and Cooling, September 7th to September 9th, 2014, Stockholm, Sweden

2 <http://www.star-ref.co.uk/star/star-leads-the-way-with-world-s-largest-natural-heating-system.html>

3 http://www.friotherm.com/webautor-data/41/vaertan_e008_uk.pdf

4 http://www.jku.at/ivt/content/e82048/e82052/e268392/e270962/Tagungsband_VDI2015_final.pdf

5 http://www.friotherm.com/webautor-data/41/oslo_fornebu_e004_uk.pdf

4 Projektinhalt

Der IEA HPT Annex 47 zielt darauf ab, Möglichkeiten und Barrieren bei der Implementierung von Wärmepumpen in FWK-Netzen zu sammeln, aufzubereiten und sie politischen Entscheidungsträgern sowie Planern von FWK-Systemen in urbanen Gebieten zur Verfügung zu stellen. Die **Unterziele** stellen sich wie folgt dar:

- Identifikation der verschiedenen Integrationsmöglichkeiten von Wärmepumpen in zentrale und lokale FWK-Netze sowie deren Beschreibung
- Erhebung der Potenziale zur Steigerung des Anteils Erneuerbarer Energien bzw. der verstärkten Nutzung von Abwärme sowie der Minimierung von Systemverlusten
- Beschreibung und Evaluierung bestehender Projekte in den teilnehmenden Ländern
- Evaluierung des Marktpotenzials sowie der wirtschaftlichen Vorteile der Integration von Wärmepumpen in FWK-Netze in den teilnehmenden Ländern

Folgende **Deliverables** sind verfügbar⁶:

- Website mit Informationen über den Fortschritt des Projekts sowie dessen Reports
- 4 Fortschrittsberichte pro Jahr für die Publikation von Newslettern
- Jährlicher Bericht für das IEA HPT Programm und ExCo sowie finaler Annex Bericht
- 2-Seiten umfassende wissenschaftliche Zusammenfassung der Annex Ergebnisse zur freien Verbreitung

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Tasks sowie Taskinhalte. Die Aufgabenstellungen der österreichischen Projektpartner im Task/Annex lag mit Task 2 schwerpunktmäßig bei der TU Graz (IWT) und ansonsten beim AIT.

Tabelle 1: Übersicht über Tasks sowie Taskinhalte

Task 1: Markt- und Energieeinsparpotenzial	Marktpotenzial von FWK und Potenzial für WP Darstellung Energiesituation und Trends Nachfrage und Angebot an Wärme und Kälte Überblick über bestehende Wärmequellen, Darstellung Preisstruktur der Energiequellen
Task 2: Beschreibung bestehender Fernwärmesysteme, Demoanlagen sowie F&E Projekte mit Wärmepumpen	Beschreibung bestehender Fernwärmesysteme, Demoanlagen sowie F&E Projekte mit Wärmepumpen
Task 3: Überprüfung der Konzepte/ Lösungen	Beschreibung der verschiedenen Konzepte Evaluierung von Fallbeispielen
Task 4: Umsetzungsbarrieren, Möglichkeiten und Lösungen	Beschreibung Umsetzungsbarrieren/ Lösungen Geschäftsmodelle und Implementierungspläne Diskussion nicht-technischer Hindernisse
Task 5: Verbreitung	Bericht für politische Entscheidungsträger

⁶ Siehe Projekt-Website: <https://heatpumpingtechnologies.org/annex47/>

Status (inkl. Aktivitäten und Zeitplan des Annexes)

Der IEA HPT Annex 47 ist am 1.1.2015 gestartet. Die geplante Laufzeit beträgt 3 Jahre. Da Verzögerungen auftraten, wurde die Laufzeit kostenneutral um ein Jahr verlängert. Wie aus nachfolgender Tabelle ersichtlich, wurden in den ersten 6 Monaten Vorbereitungsarbeiten durchgeführt. Das Start-Up Meeting fand im Oktober in Nürnberg unter Beteiligung des AIT statt. Der Zeitplan stellt sich wie folgt dar:

Tabelle 2: Zeitplan des Annex 47

Start	Ende	Aktivität
10/2015	11/2015	- Kick off Meeting, Vorbereitung des Arbeitsprogrammes - Bestätigung der Beteiligungen
11/2015	12/2017	Startup Meeting Task 1 – Markt- und Energieeinsparpotenzial
03/2016	05/2018	Task 2 – Beschreibung bestehender Fernwärmesysteme
09/2016	06/2018	Task 3 – Überprüfung der Konzepte/Lösungen
03/2017	12/2018	Task 4 – Umsetzungsbarrieren, Möglichkeiten und Lösungen
09/2017	03/2019	Task 5 – Dissemination

Partner des Annexes und deren Aufgaben im Projekt

Der Annex 47 wird vom Danish Technology Institute (DTI) als **Operating Agent** geleitet. Die verantwortliche Person ist Svend Pedersen (Phone: +45 72201271, svp@teknologisk.dk). Als Partner nahmen folgende Organisationen und Länder teil:

Tabelle 3: Partner des Annex 47

Organisation	Land
Danish Technological Institute (DTI)	Dänemark
Austrian Institute of Technology (AIT)	Österreich
Research Institutes of Sweden (RISE)	Schweden
Hochschule Luzern Technik & Architektur (HSLU)	Schweiz
Technische Universität Graz – Institut für Wärmetechnik (IWT)	Österreich

Aufgaben der Partner im Projekt: Jedes teilnehmende Land bringt ein **Arbeitspensum von zumindest 3 Personenmonaten pro Jahr** ein. Jeder Teilnehmer hatte folgende Aufgaben:

- einen Country-Report zu verfassen
- Input zu zumindest zwei Sub-Tasks liefern, sowie die allgemein notwendigen Informationen für die Tasks 1 bis 5 beisteuern
- Input zu den Deliverables (Jahresberichten, Endbericht) liefern

- aktiv an den Arbeitsmeetings sowie Workshops teilnehmen und seine nationalen Ergebnisse einbringen
- die für den Annex relevanten Marktteilnehmern auf Angebots- und Nachfrageseite in ihren Ländern einbinden
- an der Organisation von Expertenmeetings- und Workshops beitragen.

Kooperations- und Verwertungsstrategie auf Annex-Ebene

Kooperationsstrategie auf Annex Ebene: Die inhaltliche Arbeit ist thematisch in Tasks aufgeteilt, wie in Tabelle 1 beschrieben. Jeder Teilnehmer brachte eigene Inhalte und Ergebnisse nationaler Projekte ein, die jeweils von einem Taskleiter koordiniert werden. Die Taskleiter sorgten dafür, dass die im Legal Text definierten Deliverables sowie der Zeitplan, eingehalten wurden.

Externe Verwertung: Der Inhalt des Annexes, sein Projektfortschritt sowie die öffentlich zugänglichen (Teil-) Ergebnisse wurden auf einer **Webseite** publiziert.

Jeder Teilnehmer präsentierte die im Rahmen des Projekts erarbeiteten Ergebnisse auf **internationalen Konferenzen** und in **Fachzeitingen**.

Weiters werden 4x jährlich Fortschrittsberichte in **HPC Newslettern** veröffentlicht.

Interne Verwertung: Ein **Bericht** über den Status des Projekts und die geplanten Arbeiten wird vom Operating Agent alle 6 Monate dem HPT ExCo vorgelegt.

Einbettung der österreichischen Partner in den Annex zur Erlangung eines gemeinsamen Erkenntnisgewinns

Die einreichende BIEGE nahm an den internationalen Expertenworkshops teil, um dort zum einen die Erkenntnisse aus laufenden Forschungsprojekten sowie die im Rahmen dieses Projekts durchzuführenden Arbeiten einzubringen, und zum anderen um sich mit den internationalen Experten über deren laufende Forschungsaktivitäten auszutauschen. Das **AIT** hatte die **Taskleitung** für den **Task 3 – Review of different concepts/solutions** über. Zusätzlich wurde im Laufe des Projekts auch die Taskleitung von **Task 4 – Implementation barriers, possibilities and solutions** vom AIT übernommen.

Innovationsgehalt und Ergebnisse des Vorhabens

Ein wesentlicher Innovationsgehalt ist die Zusammenstellung und Nutzung einer großen Datenbasis unterschiedlichster internationaler Fallbeispiele (Task 2). So können auf verschiedenen Ebenen Maßnahmen und Technologien identifiziert und bewertet werden, die zu einer verstärkten Integration von WP in FWK Netzen führen (Task 3), bzw. technische und nicht-technische Barrieren identifiziert werden (Task 4). Durch die Einbringung internationaler Expertise und Erfahrungen sowie durch den Vergleich unterschiedlichster Fallbeispiele kann folgender Mehrwert gegenüber anderen laufenden Projekten erzielt werden:

- Entwicklung verschiedener Integrationsoptionen von Wärmepumpen, Darstellung der Auslegungsdetails und Investitionskosten sowie Identifikation neuer Wärmepumpenlösungen/ Arbeitsmedien sowie neue Anwendungsgebiete und innovative Schaltungsvarianten und Regelungsstrategien
- Begünstigende Rahmenbedingungen in anderen Ländern (z.B. Regulierungen, Geschäftsmodelle usw.)

Des Weiteren liefern die beim AIT genutzten Methoden einen Beitrag zur Entwicklung von innovativen Bewertungs- und Vergleichstools (statisch und dynamisch), die in Folge auch für österreichische Fallbeispiele anwendbar sind. Hierbei sollen insbesondere die folgenden Fragen adressiert werden a) hydraulische Integrationsmöglichkeiten, b) Auswahl und Auslegung von Arbeitsmitteln und Komponenten und c) optimierte Regelungsalgorithmen und Betriebsstrategie für die gekoppelten Systeme Wärmepumpe und Wärmenetz.

Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

- Dokumentation nationaler/ internationaler Best Practice Beispiele, Identifikation von technischen und nicht-technischen Barrieren für die Integration von Wärmepumpen in FWK Netzen und Darstellung von Lösungsmöglichkeiten, inkl. Geschäftsmodelle
- Disseminierungstätigkeiten und Reporting:
 - Darstellung der Tätigkeiten und der Ergebnisse des Annex 47 im Internet als Teil der Website <https://heatpumpingtechnologies.org/annex47/>
 - Fortschrittsberichte zum IEA HPT zur Veröffentlichung im Newsletter und Jährlicher Bericht zum ExCo des IEA HPT, Abschlussbericht, der alle Ergebnisse des IEA HPT Annex 47 zusammenfasst
 - Erstellung wissenschaftlicher Veröffentlichungen in internationalen Journalen und Konferenzen (z.B. Poster mit populärwissenschaftlicher Darstellung)
- Initiierung lokaler Demonstrationsprojekten durch eine bessere Zusammenarbeit zwischen Forschung und Industrie

Vorgangsweise, Methoden und Erläuterung der Erhebung

Im Vordergrund der Beteiligung am IEA HPT Annex 47 stehen der Wissenstransfer und die internationale Zusammenarbeit innerhalb des Annexes. Darüber hinaus werden ergänzende Arbeiten durchgeführt, deren Methodik im Folgenden beschrieben wird:

Zur **Ermittlung der relevanten Daten von Potenzialen und Referenzbeispielen in Österreich** wurden im Wesentlichen Online- und Literaturrecherchen, Interviews mit Anlagenbetreibern, Besichtigungen von Demoanlagen sowie Fragebögen und Experten-Interviews genutzt. Ein wesentlicher Input waren hier die Arbeiten der Energy Economics Group (EEG) der TU Wien, die die Potentiale für FWK und KWK in Österreich ermittelte. Diese Inputs wurden im Rahmen eines Subauftrages zusammengefasst (siehe Task 1 Country report Austria).

Die Bewertung der Integration von Wärmepumpen in Fernwärme-/Fernkältenetzen erfolgte mit Hilfe statischer und dynamischer Analysen. Bei der dynamischen Analyse wurde das Zusammenspiel von Wärmepumpen, Netz und andere Erzeuger analysiert, wobei unterschiedliche Regelungsstrategien berücksichtigt wurden. Dazu wurde die Simulationsumgebung

Modelica/Dymola genutzt. Diese multi-engineering Simulationsumgebung wurde bereits in verschiedenen Projekten des AIT verwendet. Im Rahmen der Arbeiten des Annexes wurden vorhandene Modelle von Wärmenetzen und Wärmepumpen erweitert, miteinander kombiniert und ggf. adaptiert. Ein wichtiger Input sind Beiträge der anderen Teilnehmer des Annexes (Regelungsstrategien, Auslegung der Komponenten der WP, Wahl des Kältemittels, hydraulische Integration, netzseitige Maßnahmen usw.), was einen großen Mehrwert bildet.

Zusätzlich wurde ein **Workshop mit Energieversorgern, Planern und Herstellern von Wärmepumpen** durchgeführt: Um den unterschiedlichen Anforderungen der geplanten Workshops gerecht zu werden und auf die Zusammenstellung der jeweiligen Gruppen optimal eingehen zu können, wurden verschiedene Methoden angewandt:

- Mindmapping zur Sammlung eines breiten Spektrums an Informationen
- Worldcafe für Gruppen mit unterschiedlichen Fachbereichen
- Moderierte Gruppendiskussionen bei heterogenen Gruppe

Für die Identifikation und Übertragung der **Geschäftsmodelle** wurde ein **Business Model Canvas** verwendet, das zusammen mit den jeweiligen Stakeholdern im Rahmen von Workshops und Interviews skizziert wurde.

5 Ergebnisse

5.1. Executive Summary

Es wird erwartet, dass Fernwärme im Allgemeinen und an die Netze angeschlossene Wärmepumpen im Besonderen eine Schlüsselrolle im Energienetz und in der Versorgung der Zukunft spielen werden. Mit dem Einsatz von Fernwärme ist es möglich, bis zu 50% des Wärmebedarfs in Europa zu decken, und Wärmepumpen können rund 25% der Energie in das Fernwärmenetz liefern. Die Szenarien der Heat Roadmap Europe 4 mit einem größeren Anteil der Fernwärme am Energiesystem zeigen, dass die CO₂-Emissionen im Vergleich zur heutigen Situation um mehr als 70% reduziert werden können.

Wärmepumpen können auf unterschiedliche Weise eine Schlüsseltechnologie im zukünftigen Fernwärmenetz sein:

- Nutzung alternativer Niedertemperatur-Wärmequellen (z.B. zu niedriges Temperaturniveau für direkte Einspeisung)
- Ermöglicht die Einbindung anderer alternativer Energiequellen (z.B. Abwärme)
- Anbindung an das Stromnetz (z.B. Beteiligung am Strommarkt – Stichwort Sektorkopplung, Bilanzierung von Energiebereichen, Reduzierung von Netzengpässen durch Nachfragesteuerung)
- Reduzierung der Netztemperaturen durch den (dezentralen) Einsatz von Wärmepumpen
- Erhöhung der Transportkapazitäten (z.B. Nutzung des Rücklaufs als Quelle, dezentrale Einheiten an hydraulisch schlechten Anschlüssen installieren)
- Wärmepumpen stellen eine sinnvolle Alternative zu fossile Brennstoffe dar

Struktur des Annexes:

Die Arbeiten im Annex 47 wurde in folgende Themen unterteilt:

Task 1 - Marktübersicht: Der aktuelle Stand und die möglichen Veränderungen für die Zukunft werden auf Länderebene, aber auch auf europäischer Ebene beschrieben.

Task 2 - Demonstrationsprojekte: In 39 Fällen werden verschiedene bestehende Wärmepumpenimplementierungen in Fernwärmenetzen beschrieben.

Task 3 - Überprüfung verschiedener Konzepte/Lösungen: Beschreibt die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten von Wärmepumpen im Fernwärmenetz.

Task 4 - Umsetzungsbarrieren, Möglichkeiten und Lösungen: Beschreibt Barrieren für die Integration von Wärmepumpen sowie mögliche Lösungen.

Task 5 - Disseminierungsaktivitäten

5.2. Annex 47 – Inhalte und Ziele

Hintergrund

In der heutigen Zeit liegt ein großer Schwerpunkt auf einer effizienteren Energienutzung. Fernwärme- und -kältenetzen (FWK) bieten häufig die Möglichkeit zur Steigerung der Gesamtenergieeffizienz (z.B. durch die Nutzung von Prozesswärme). Eine Lösung zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien in FWK-Systemen ist die Integration von Wärmepumpen.

Bei der Arbeitsgruppensitzung und dem National Team Meeting des IEA Wärmepumpenprogramms im Oktober 2013 in Nürnberg standen Wärmepumpen in FWK-Systemen im Mittelpunkt der Diskussion. Viele Themen wurden diskutiert: Wie man den Einsatz von Wärmepumpen in Wärmenetzen mit mehreren Energiequellen, Wärmepumpen mit mehreren Funktionen (z.B. Hausheizung, Warmwasserbereitung) und das Management der Nachfrageseite, verbessern kann.

Weltweit wurden bereits zahlreiche Projekte zur Implementierung von Wärmepumpen in FWK-Systemen durchgeführt. Um dies weiter zu steigern ist es notwendig zu zeigen, wie Wärmepumpen in FWK-Systemen, von Großstädten über Stadtgebiete bis hin zu Siedlungen, intelligent und nachhaltig eingesetzt werden können, damit die CO₂-Reduktion für das Gesamtsystem so groß wie möglich wird. Es ist auch sehr wichtig zu zeigen, wie die verschiedenen Arten des Einsatzes von Wärmepumpen in FWK-Systemen den Wirkungsgrad von FWK-Systemen und die Nutzung von Abwärme und erneuerbaren Energien erhöhen können, sowohl direkt im FWK-System als auch auf der Produktionsseite. Zusätzlich müssen Hindernisse für die Umsetzung aufgedeckt und Erfahrungen aus bestehenden Projekten ermittelt werden.

Ziel des Annex 47 war es, diese Informationen und Ideen für Entscheidungsträger, Entscheidungsträger und Planer von Energiesystemen in städtischen Gebieten zu sammeln und aufzubereiten.

Ein weiteres Ziel war es, vorzuschlagen, wie Wärmepumpen sowohl in neuen als auch in älteren Fernwärmesystemen am besten eingesetzt werden können. Dazu wurden verschiedenen Arten der Integration sowohl in zentralen als auch lokalen Systemen beschrieben.

Dabei standen die Erhöhung des Anteils an erneuerbarer Energie sowie die Nutzung überschüssiger Wärme in verschiedenen Systemen ebenso wie die Minimierung der Systemverluste durch den Einsatz von Wärmepumpen im Vordergrund.

Jedes teilnehmende Land (Österreich, Schweiz, Schweden, Dänemark) beschrieb bestehende Projekte zur Integration von Wärmepumpen in FWK-Systemen.

5.3. Aufbau des Annex 47

Dieses Dokument ist eine Kurzzusammenfassung der Arbeiten, die im Rahmen des IEA HPT Annex 47 in den letzten 4 Jahren durchgeführt wurden. Darin werden die im Projekt gesammelten Perspektiven für den Einsatz von Wärmepumpen in Fernwärme- und Kältenetzen vorgestellt. Zusammen mit dieser Zusammenfassung wurden mehrere Dokumente mit Länderberichten und detaillierteren Analysen publiziert.

Dieser Bericht beginnt mit einem einführenden Teil über die prinzipiellen Vorteile, die Wärmepumpen in Fernwärmenetzen bieten. Nach dem Einführungsteil "Teil I" werden die Inhalte in folgender Reihenfolge dargestellt:

Task I – Markt- und Energieeinsparpotenziale

In diesem Teil wird eine Einschätzung der aktuellen Marktsituation und der Zukunftsperspektiven für Wärmepumpen in der Fernwärme beschrieben. Dabei wurden nur die zusammenfassenden Ergebnisse berücksichtigt. Vollständige Länderberichte sind als separate Dokumente verfügbar. <https://heatpumpingtechnologies.org/annex47/wp-content/uploads/sites/54/2019/03/task1-report-austria.pdf>

Task II – Beschreibung verschiedener Lösungen/Demonstrationsprojekte

Dieser Teil gibt einen Überblick über Demonstrationsprojekte, die in den teilnehmenden Ländern durchgeführt wurden. Aus diesen Projekten ist ein umfassendes Wissen über die praktischen Umsetzungserfolge und Misserfolge der Wärmepumpenintegration in Fernwärmesystemen entstanden. Eine Einführung in die verschiedenen Fälle ist in den zugrunde liegenden Beschreibungen von ausgeführten Anlagen dargestellt, die von den verschiedenen Teilnehmerländern erstellt wurden. <https://heatpumpingtechnologies.org/annex47/publications/>

Task III – Überprüfung verschiedener Konzepte / Lösungen

Dieser Teil gibt einen Überblick über verschiedene Einsatzmöglichkeiten beim Einsatz von Wärmepumpen in Fernwärmenetzen. Er gibt einen Überblick über aktuelle Wärmepumpen in FWK-Netzen sowie ihre Quellen und Systemdesign. <https://heatpumpingtechnologies.org/annex47/wp-content/uploads/sites/54/2019/03/task3-report.pdf>

Task IV – Möglichkeiten und Lösungen für Implementierungsbarrieren

Der letzte Teil gibt einen Überblick über alternative Wärmequellen in Fernwärmenetzen und beschreibt die Barrieren für die Integration von Wärmepumpen. Mögliche Lösungen werden ebenso beschrieben wie Geschäftsmodelle.

<https://heatpumpingtechnologies.org/annex47/wp-content/uploads/sites/54/2019/02/task4-report.pdf>

5.4. Markt- und Energieeinsparpotenziale

Das Projekt Heat Road Map Europe 4 (HRE4) zeigte, dass Fernwärme für die überwiegende Mehrheit der europäischen Stadtgebiete eine kosteneffiziente Lösung ist und mindestens die Hälfte des gesamten Wärmebedarfs in den 14 untersuchten Ländern decken kann, während gleichzeitig die CO₂-Emissionen und der Primärenergiebedarf des Wärme- und Kältebereichs effizient reduziert werden. Basierend auf den Ergebnissen wird auch vorgeschlagen, dass große Wärmepumpen (WP) in zukünftigen Fernwärme-Systemen eine große Rolle spielen sollten, um flexible und sichere Systeme zu entwickeln.

Nach dem HRE4-Projekt kann der europäische Anteil von Fernwärme (FW) im Wärmesektor von 12% (aktueller Wert) bis 2050 auf 50% steigen. Dies ist ein wichtiger Wandel im Wärmesektor in Europa und zeigt, dass FW kostengünstig und unerlässlich ist, um die CO₂-Emissionen im Energiesektor deutlich zu reduzieren (David, Mahiesen, Averfalk, Werner, & Lund, 2017), (Hartner, Büchele, & Geyer, May 2018).

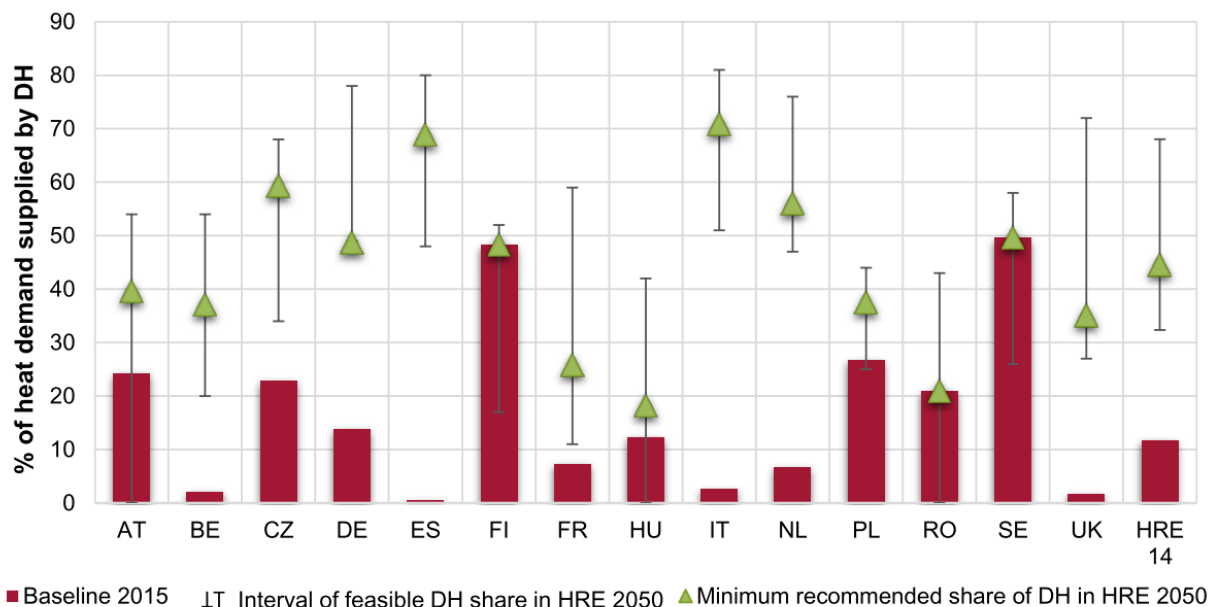


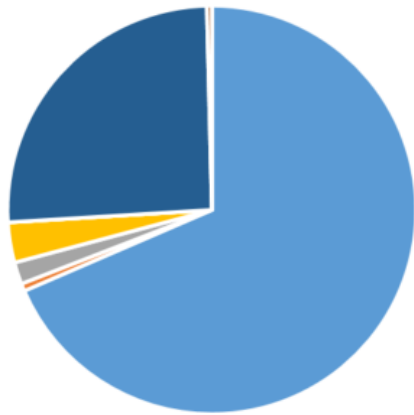
Abbildung 1: Anteil der Fernwärme im Jahr 2015 (Basisjahr 2015), empfohlener Fernwärmeanteil in der Heat Road Map Europe 2050 (HRE2050) und die Bandbreite der wirtschaftlich realisierbaren Fernwärme innerhalb einer 0,5%igen Kostensensitivität der jährlichen Gesamtkosten (David, Mahiesen, Averfalk, Werner, & Lund, 2017)

Im Projekt HRE4 wurden drei Hauptszenarien entwickelt:

- BL 2015 - Basisszenario, das die aktuelle Situation des Wärme- und Kältebereichs darstellt, basierend auf Daten aus dem Jahr 2015;
- BL 2050 - Dieses Szenario stellt die Entwicklung des Basisszenarios im Rahmen der derzeit vereinbarten Politik in Bezug auf Einsparungen und Energieeffizienz usw. dar, jedoch ohne zusätzliche Maßnahmen zur Verbesserung der Dekarbonisierung des Systems.
- HRE 2050 - Szenario, das ein stark kohlenstoffreduziertes Energiesystem mit einem neu gestalteten Heiz- und Kühlbereich darstellt, das auch Energieeinsparungen beinhaltet.

Dieses Szenario basiert ausschließlich auf bewährten Technologien und ist nicht auf intensive Mengen an Bioenergie angewiesen.

DH source shares in BL 2050



DH source shares in HRE 2050

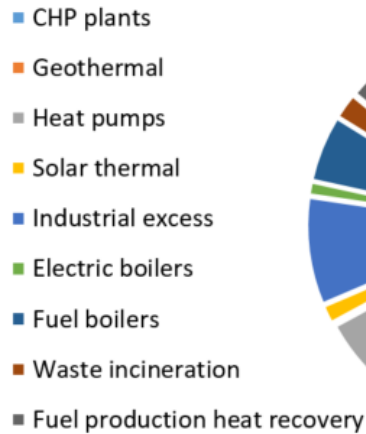


Abbildung 2: Anteile der Fernwärmequellen für die Szenarien BL 2050 und HRE 2050 (David, Mahiesen, Averfalk, Werner, & Lund, 2017)

Im modellierten Energieeffizienz-Szenario für 2050 (HRE 2050) wird FW hauptsächlich aus dekarbonisierten Energiequellen geliefert und 25% des gesamten FW-Bedarfs werden von großen WP gedeckt (Abbildung 2). Dieses Szenario würde eine größere Vielfalt der Energieversorgung für die FW mit sich bringen und die Flexibilität des Systems sowie die Versorgungssicherheit erhöhen. Das Szenario HRE 2050 zeigt, dass es möglich wäre im Jahr 2050 ein viel stärker dekarbonisiertes FW-System zu erreichen als im Szenario BL 2050, wodurch die CO₂-Emissionen um mehr als 70% reduziert werden.

5.5. Beschreibung verschiedener Lösungen/Demonstrationsprojekte

Eines der Hauptziele von Anhang 47 ist es, die Möglichkeiten für den Einsatz und die Integration von Wärmepumpen in Fernwärmenetze aufzuzeigen. Ziel war es daher, einen Ideenkatalog zu erstellen, der verschiedene Demobeispiele zeigt. Die Projektgruppe konnte 38 verschiedene Demobeispiele beschreiben, in denen Wärmepumpen in ein Fernwärmenetz integriert sind. Sie sind auf der Webseite des Annex 47⁷ zu finden.

Wärmepumpenprojekte im Zusammenhang mit Fernwärme können komplex und sehr unterschiedlich sein. Es gibt viele verschiedene Arten und Möglichkeiten sowohl in Bezug auf Wärmequellen als auch in Bezug auf das Temperaturniveau und den Teil des Fernwärmenetzes, in dem sie eingesetzt werden.

In Task 2 werden verschiedene Fallstudien beschrieben, bei denen Wärmepumpen in das Fernwärmenetz integriert sind. Diese Sammlung von Fällen soll zu Überlegungen darüber anregen, wie Wärmepumpen Teil der Fernwärmeerzeugung in einem zukünftigen Fernwärmesystem sein können, aber auch, wie sie bereits eingesetzt werden.

Die Projektgruppe beabsichtigte, die Projekte in einem kurzen und gleich strukturierten Format zu beschreiben, in dem die verschiedenen Projekte eine Inspiration und einen kurzen Überblick geben können.

Tabelle 3 Überblick über die im Task 2 gesammelten Demoprojekte

	High Temp. (HT)	Low Temp. (LT)	Very Low Temp. (VLT)	Ultra-Low Temp. (ULT)	Thermal Grids (TG)
Typical Temperature Supply/Return	100 °C/50°C	80 °C/40°C	60 °C/30°C	45 °C/30°C	28 °C/8°C
Task 2 cases	16	12	5	0	5
Domestic Hot Water production type	Tank/ Instantaneous heat exchanger unit	Tank/ Instantaneous heat exchanger unit	Tank/ Instantaneous heat exchanger unit	Micro Booster Heat pump/electrical heater/Gas or oil	Micro Booster Heat/ Decentral Heat Pump
Heating system usable	Radiator/floor heating	Radiator/floor heating	Radiator/floor heating	Floor Heating/ Air coils	Floor Heating
Heat pump integration	Central	Central	Central/Decentral	Central/Decentral	Decentral

⁷ <https://heatpumpingtechnologies.org/annex47>

THERMAL NETWORK OF THE JARDINS DE LA PÂLA, BULLE - SWITZERLAND

Réseau thermique des Jardins de la Pâla, Bulle

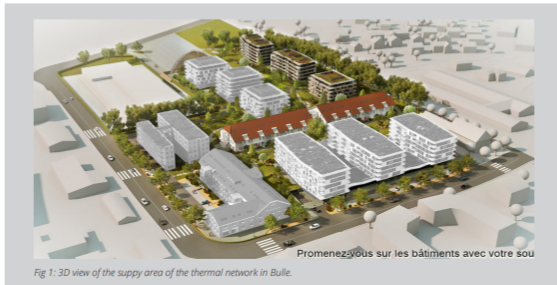


Fig 1: 3D view of the supply area of the thermal network in Bulle.

Summary of the project

The neighborhood of Jardins de la Pâla in Bulle currently consists of 18 buildings, primarily newly constructed residential, office and commercial buildings. The supply of space heating, domestic hot water and passive cooling is provided by an energy network. The concept consists of pumping groundwater (approx. 8 - 12 °C) from a depth of 50 to 65 m and supplying a low temperature network (approx. 8 - 9 °C) via a heat exchanger. The thermal energy is transported via the low temperature network to the buildings, where heat pumps generate the heat required for space heating (35 - 45 °C) and domestic hot water (60°C). In addition, decentralised heat exchangers provide passive cooling of the buildings.

Detailed description of the project

The conceptual decision to develop an energy network was determined by the fact that the existing geothermal resource had to be used as efficiently as possible. Since not all buildings have the same heat requirements, an energy supply via a low temperature network was

” GROUNDWATER USE FOR COOLING AND HEATING BUILDINGS IN A NEIGHBOURHOOD IN BULLE ”

preferred. From a practical point of view, this decentralised solution offers greater flexibility in the provision of services. In addition, a low temperature network enables the use of groundwater as a source of passive cooling, which is essential for new buildings. Therefore, the solution to exploit the geothermal resource through an energy network and decentralised heat pumps was selected.

The sizing of the plant was carried out by EKZ based on the calculated specific energy, power and temperature requirements of the individual buildings. EKZ then developed an energy supply concept that meets the overall requirements. The final decision to implement this project was made after the entire drilling, water exploration and pumping phase. A detailed analysis of the geothermal resource is essential and determines whether such a plant can be realized.

INNOVATIVE WASTE HEAT UTILIZATION - VIENNA

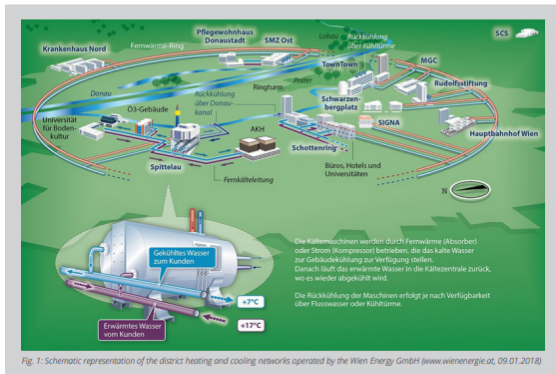


Fig. 1: Schematic representation of the district heating and cooling networks operated by the Wien Energie GmbH (www.wienenergie.at, 09.01.2018)

Summary of the project

The Wien Energie GmbH operates the largest district heating network of Austria with a pipe length of about 1 200 km and about 350 000 connected households. Furthermore, the Wien Energie GmbH offers large customer solutions for the cooling of buildings.

For cooling purpose two concepts are available. The first one is called "decentralized", within this concept the Wien Energie GmbH installs a refrigeration center at the customer site to supply cooling energy. The second one is called "centralized", within this concept the Wien Energie GmbH installs a refrigeration center and supplies a certain number of customers with cooling energy through a district cooling network. The flow temperature in a district cooling network is about 6 °C.

"UTILIZATION OF WASTE HEAT OF A CHILLER FOR BUILDING AIR CONDITIONING VIA A HEAT PUMP FOR HEAT SUPPLY INTO A DISTRICT HEATING NETWORK"

Within both concepts absorption and compression chillers are used which require cooling devices for heat rejection such as cooling towers or river water. Basically, absorption chiller demand higher investment cost but they may increase the heat demand in district heating networks during the summer months compared to compression heat pumps which only need a connection to the electricity network as source for driving energy. An advantage of absorption chil-

GEOHERMAL DISTRICT HEATING IN THISTED - DENMARK

Geotermisk fjernvarme i Thisted



Fig 1: Geothermal district heating in Thisted (www.thisted-varmeforsyning.dk)

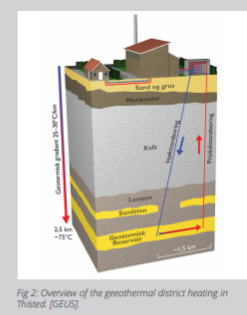


Fig 2: Overview of the geothermal district heating in Thisted. [GEUS]

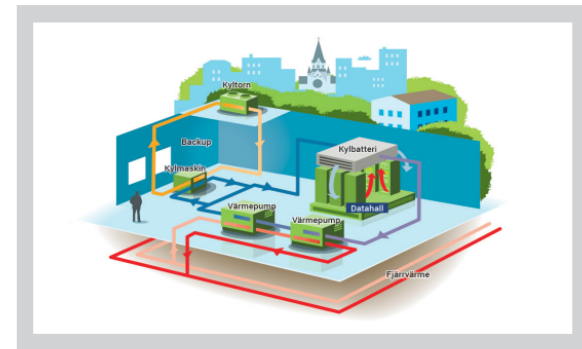
” THE OVERALL HEAT PRICES IN THISTED ARE SOME OF THE LOWEST IN DENMARK PARTLY DUE TO GEOTHERMAL ENERGY ”

Summary of the project

Geothermal energy is heat that flows continuously from the core of the earth to the surface hereby warming water in the underground sandstone layers. In 1984 the first Danish geothermal energy plant was commissioned in Thisted. Underground hot water is extracted with pumps and utilized in the local district heating network through two absorption heat pumps from 1988 and 2000. The heat produced from the underground is 7.7 MW which is combined with 10.8 MW of driving heat through the absorption heat pumps. The driving heat is partly from a waste incineration plant and a straw fired boiler. The local district heating plant in Thisted further have a natural gas boiler as a peak-load unit.

The geothermal water is extracted with a temperature of 43 °C which is cooled through the two heat pumps to

PROFITABLE HEAT RECOVERY WITH OPEN DISTRICT HEATING



Summary of the project

Stockholm Exergi has a business model called "Open fjernvarme" or "Open District Heating", where a company or organization with excess heat and located in connection to the district heating or cooling grids in Stockholm can sell the energy to the DH grid for market price. Open District Heating is a large-scale heat recovery model that is available to all actors, it is standardized and transparent.

One company using this is the internet service provider Bahnhof, located in southern Stockholm. Bahnhof has transformed an old mountain room into a futuristic data hall. The hall is called Pionen and consists of many cabinets filled with data equipment. With increasingly dense and powerful hardware, a modern computer hall becomes very energy intense and the cooling needs to be dimensioned to handle the heat from the cabinets.

From the start at 2007 when Bahnhof first took over Pionen and decided to build a computer hall, a conventional cooling system was installed. The surplus

"BAHNHOF BENEFITS FROM THE OVERALL PICTURE THAT OPEN DISTRICT HEATING PROVIDES IN TERMS OF ECONOMICS, ENVIRONMENT AND TECHNOLOGY"

heat from the condenser of the cooling machine was released to the environment with a fan.

Stockholm Exergi started a project called "open district heating", which allows companies to sell surplus heat to the city's district heating network. The solution for Bahnhof was a new installation with two series-connected heat pumps cooling Pionen. A 67-meter-long pipe connection has been connected from Pionen to the district heating network which makes it possible for Bahnhof to deliver their surplus heat to the district heating network. The compensa-

Abbildung 3: Auszug aus den Demobeispielen (siehe Factsheets im Anhang)

5.6. Überprüfung verschiedener Konzepte/Lösungen

Die Forschung zeigt, dass vor allem in der skandinavischen Region, getrieben durch einen steigenden Anteil fluktuierender Erzeuger wie PV und Windenergie bei gleichzeitig sinkenden Strompreisen sowie der weit verbreiteten Nutzung von Fernwärmenetzen, seit den 1980er Jahren große Wärmepumpen in FW-Systeme integriert sind. Derzeit ist Schweden ein Vorreiter beim Einsatz von Wärmepumpen in Fernwärme- und Kältenetzen. Etwa 7% des Fernwärmebedarfs werden durch Wärmepumpen erzeugt. In anderen Ländern besteht der Wärmepumpenmarkt hauptsächlich aus Geräten zur Versorgung von Ein- und Mehrfamilienhäusern. Aufgrund der hohen Systemtemperaturen in vielen Wärmenetzen sind angepasste Konzepte erforderlich, um die Wirtschaftlichkeit der Systeme gewährleisten zu können. Ziel aktueller Forschungsprojekte wie *fit4power2heat* ist es daher, Wärmepumpen durch die Teilnahme an Energiemärkten als attraktive Alternative zu etablieren. Zu erwähnen ist, dass gerade in den letzten Jahren europaweit große Anstrengungen unternommen wurden, um die Integration der Wärmepumpe in Fernwärme- und Kältenetze (FWK) zu fördern (Marguerite, Geyer, Hangartner, Lindahl, & Pedersen, March 2019).

Grundlage für einen wirtschaftlichen Betrieb ist vor allem die richtige Auslegung und hydraulische Integration der Systeme. Durch verschiedene Betriebsarten können Vorteile erzielt werden. Anstelle des monovalenten Betriebs kann durch zusätzliche Wärmeerzeuger für Spitzenlastzeiten ein großer Teil der Investitionskosten und -risiken eingespart werden.

Darüber hinaus können verschiedene Schaltungsoptionen verwendet werden, um das Optimum für den Betrieb des Systems zu erreichen. Je nachdem, welche Rahmenbedingungen bestehen, lassen sich erhebliche Effizienz- und damit auch Kostenpotenziale ausschöpfen. Die entsprechende Berücksichtigung der Wärmequelle und -senke spielt dabei ebenso eine Rolle wie die Dimensionierung der Wärmepumpe selbst.

Neben den elektrisch angetriebenen Kompressionswärmepumpen werden gelegentlich auch thermisch angetriebene Wärmepumpen eingesetzt. Je nach Anwendungsbereich können die Vorteile der verschiedenen Technologien genutzt werden.

Mit Bezug auf die Ergebnisse der genannten Untersuchungen wurde auf die Bedeutung und den Beitrag von Wärmepumpen in Fernwärmenetzen hingewiesen. Darüber hinaus werden Empfehlungen für "Best Practice"-Strategien für den Betrieb von Wärmepumpen in Kombination mit einem zentralen Speicher vorgestellt:

- Wärmepumpen mit dynamischer Preisgestaltung und Demand-Side-Management (DSM) sind robuster gegen Marktrisiken, da der dynamische Betrieb Schwankungen der Brennstoff- und Strompreise entgegenwirkt.
- Wärmepumpen erhöhen die Flexibilität von Fernwärmesystemen durch die Erweiterung des Wärmeerzeugungsportfolios, das eine höhere Reaktivität durch schnelle Inbetriebnahme und niedrige Anlaufkosten ermöglicht und die Volatilität des Strommarktes und der thermischen Speicher nutzt.
- Wärmepumpen können zur Erhöhung der erneuerbaren Wärmeerzeugung eingesetzt werden. Darüber hinaus können Niedertemperatur-Wärmequellen und alternative Wärmequellen (z.B. Abwärme) genutzt werden.

5.7. Möglichkeiten und Lösungen für Implementierungsbarrieren

Fernwärmenetze sind für das zukünftige Energiesystem, insbesondere in städtischen Gebieten, unerlässlich. Die Integration von Wärmepumpen kann Investitionsrisiken in FWK-Netzen reduzieren, die Versorgungssicherheit erhöhen, den CO₂-Ausstoß reduzieren und so zu den in Paris vereinbarten Zielen der COP 21 (Conference of the Parties) beitragen. Jedoch spielen Wärmepumpen in europäischen Fernwärmenetzen noch eine untergeordnete Rolle (Geyer, Hangartner, Lindahl, & Pedersen, February 2019).

Umsetzungsbarrieren

Obwohl Wärmepumpen für FW-Netze von Vorteil sein können, sind sie immer noch unterrepräsentiert. Auf der Grundlage von Stakeholder-Workshops und Literaturrecherchen wurden Umsetzungsbarrieren identifiziert und diskutiert. Abbildung 1 gibt einen Überblick über Aspekte und Herausforderungen, die bei der Beseitigung der Hindernisse berücksichtigt wurden. Die Ergebnisse werden in drei Kategorien (soziale, wirtschaftliche und technische Barrieren) zusammengefasst und in Abbildung 4 dargestellt.

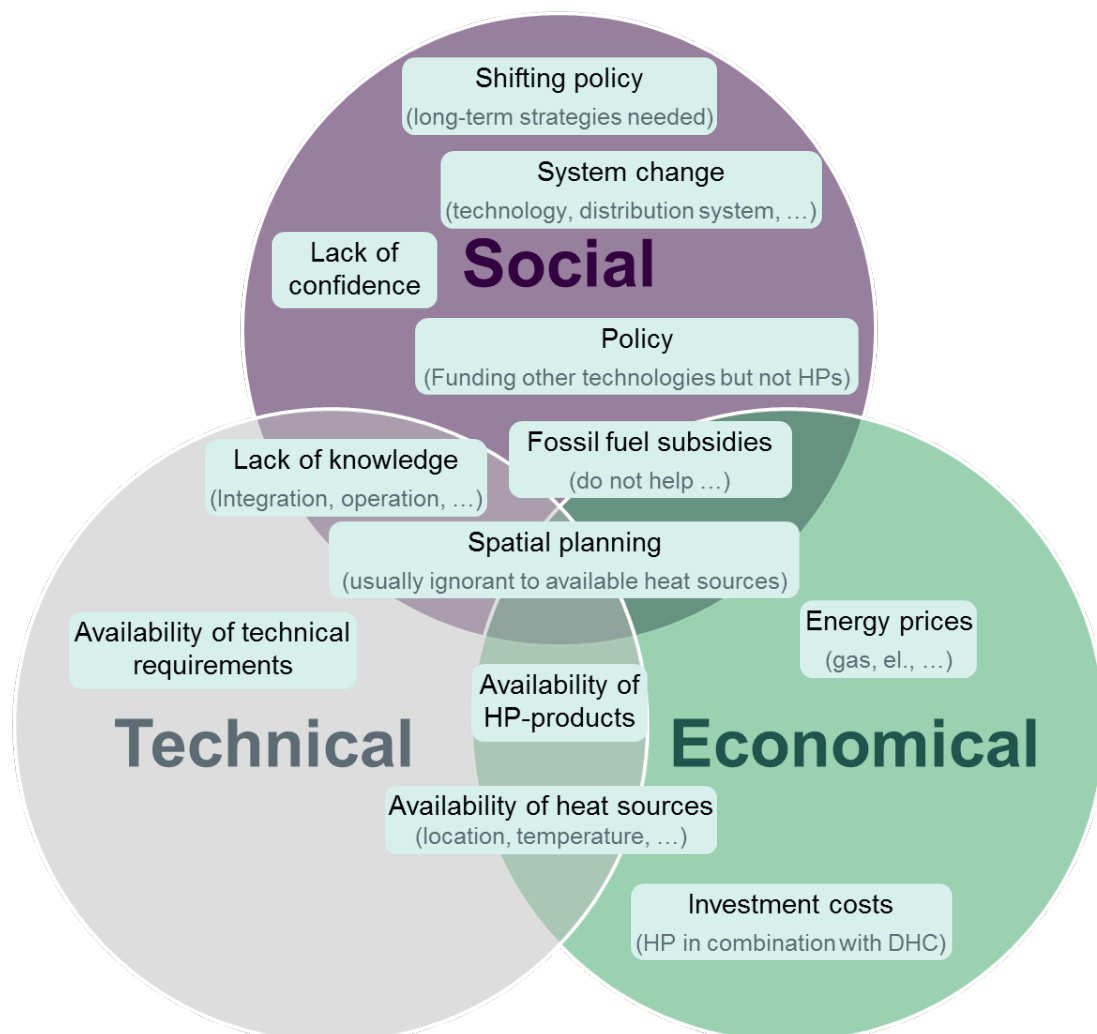


Abbildung 4: Soziale, wirtschaftliche und technische Barrieren für Wärmepumpen-Integration in Fernwärmenetze (Quelle: AIT)

Hindernisse für die großflächige Integration von Wärmepumpen sind unter anderem fehlende Wärmequellen (oft nur in kleinen dezentralen Mengen verfügbar) oder das niedrige Temperaturniveau der Quellen (niedriger Wirkungsgrad). Ebenso fehlt es den meisten Betreibern (noch) an Erfahrungen mit der Integration und dem Betrieb von Wärmepumpen in bestehende Fernwärmesysteme (im Vergleich zu bekannten Biomasse- oder gasbasierten Erzeugungsanlagen).

Dennoch hat sich in den letzten Jahren die Akzeptanz der Wärmepumpen bei den Fernwärmebetreibern erhöht. Dies hat zu vielen innovativen Wärmepumpenprojekten geführt, wie in Task 2 des Annexes zeigt.

Möglichkeiten und Lösungen

Für die Integration von Wärmepumpen in Fernwärmenetze wurden im Rahmen des Projekts allgemeine Lösungsmöglichkeiten entwickelt und im Folgenden beschrieben (siehe Task 4 Bericht). Diese Lösungsmöglichkeiten könnten auch innovative Geschäftsmodelle erfordern. Im Rahmen von Stakeholder-Workshops wurden mögliche Lösungen diskutiert. Die Ergebnisse werden in den gleichen Kategorien wie die Barrieren zusammengefasst und in Abbildung 5 dargestellt.

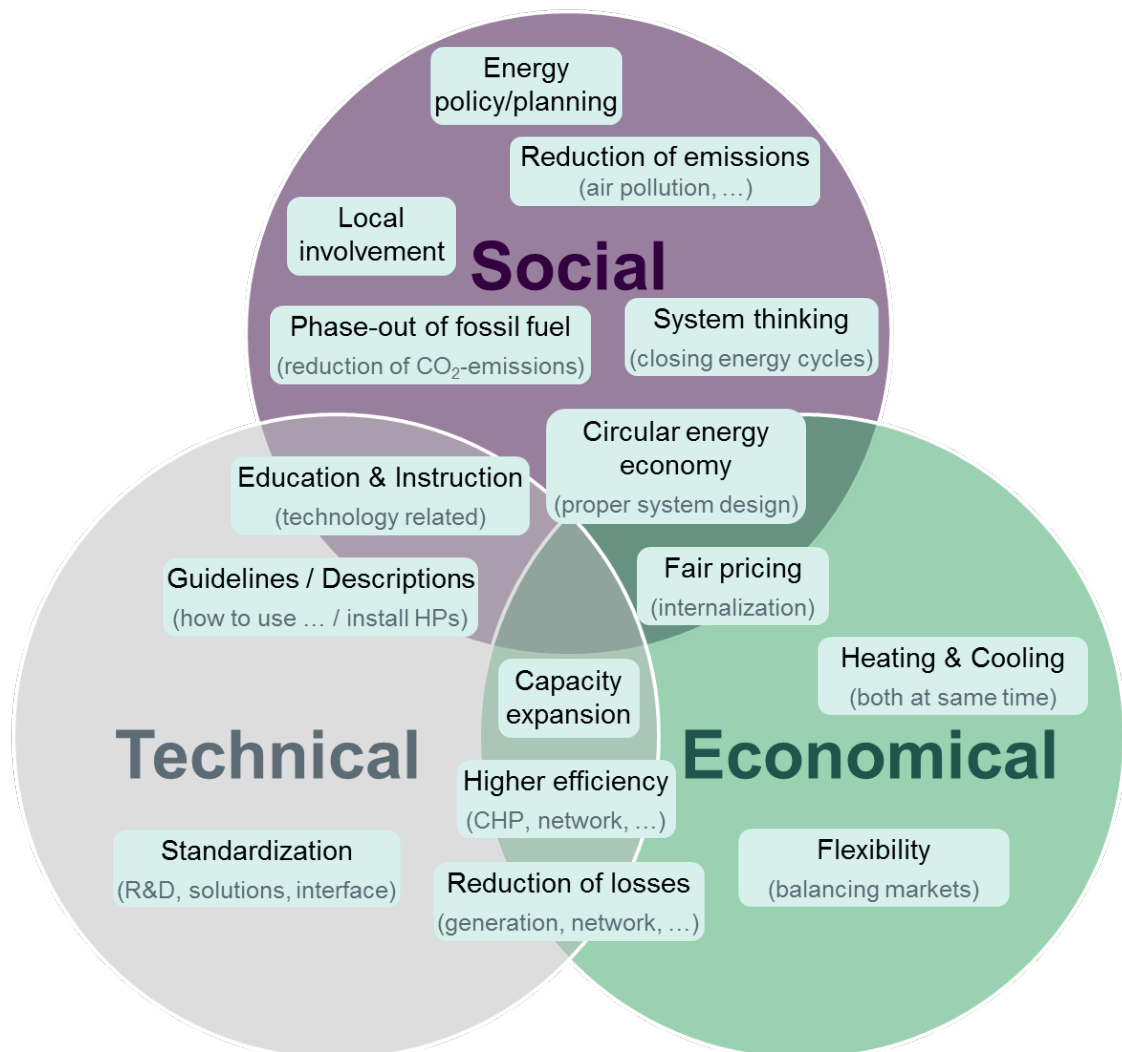


Abbildung 5: Mögliche Lösungen und Aspekte, die die Integration von Wärmepumpen in Fernwärmenetze fördern könnten (Quelle: AIT)

6 Vernetzung und Ergebnistransfer

Das Projekt adressierte **Wärmepumpen in Fernwärme- und –kälte Systemen**. Dieser Themenbereich ist von hoher Relevanz für die nationale Technologiepolitik, die Erreichung von Energie- und Klimazielen wie auch für die Wettbewerbsfähigkeit österreichischer Energieversorgungsunternehmen. Durch den Einsatz von Wärmepumpen können FWK-Netze effizienter betrieben, der Anteil Erneuerbarer Energien erhöht, und bis dato ungenutzte Abwärmepotenziale genutzt werden. Damit werden nachhaltig fossile Energieträger ersetzt, was sich positiv auf die CO₂-Bilanz sowie auf die Emissionsbilanzen weiterer klimaschädigender Gase auswirkt.

Vernetzung der österreichischen Stakeholder und Verbreitung: Die Vernetzungs- und Know-how Transfer Maßnahmen sind vielfältig und reichen von Publikationen in wissenschaftlichen sowie industrienahen Medien bis zu nationalen Workshops, zu dem Energiedienstleister (ESCOS, Stadtwerke), Lieferanten relevanter Technologien sowie Stadtplaner, Bauträger, Haustechniker und Architekten, Entscheidungsträger in Städten und Kommunen, Wissenschaftliche Community sowie Hersteller von Wärmepumpen in verschiedenen Größenordnungen eingeladen waren. Zudem wurde die nationale Wärmepumpenbranche auf zwei **Wärmepumpentagen des AIT** (10/2016, 10/2017) an denen ~30 Unternehmen der österreichischen Wärmepumpenindustrie teilnehmen, informiert. Die **Einbindung des ExCO Vertreters** erfolgt durch regelmäßige Information (2x pro Jahr) über den Lauf der Arbeiten sowie durch Einladung zu den Projektmeetings. Das **bmvit** wird über Disseminationsmaßnahmen im Projekt zeitgerecht informiert sowie zu geplanten Veranstaltungen eingeladen. Die Ergebnisse wurden zudem für Publikation auf der IEA Website des bmvit unter <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/technologieprogramme/hpp/iea-hpp-annex-47.php> entsprechend aufbereitet.

Verwertungs- und/bzw. Weiterverbreitungsaktivitäten und weiterführende Aktivitäten

Veröffentlichungen

Vor allem die Inhalte zu den nicht-technischen Barrieren und möglichen Lösungsansätzen fanden im Rahmen von nationalen und internationalen Verbreitungsaktivitäten hohen Zuspruch. Folgende Publikationen entstanden im Rahmen des Projektes:

- 2017: 4DH Conference, Copenhagen
https://www.4dh.eu/images/20170913_3rd_4DHC_Conference_DB.pdf
- 2017: IEA Vernetzungstreffen, Salzburg (Elevator Pitch)
<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/technologieprogramme/hpp/iea-hpp-annex-47.php>
- 2018: WS und Präsentation im Rahmen des Projektes heat_portfolio, Wien
- 2018: 4DH Conference, Aalborg
https://www.4dh.eu/images/Roman_Geyer_2018.pdf

- 2018: Gestaltung eines Workshops und Präsentationen im Rahmen der 17. Grazer Energiegespräche
https://www.umwelt.graz.at/cms/beitrag/10323057/4851364/Grazer_Energiegespraeche_Nachbericht.html
- 2018: Präsentation bei der DKV-Fachtagung
<https://heatpumpingtechnologies.org/annex47/wp-content/uploads/sites/54/2019/02/warmepumpen-in-osterreichischen-fernwarmentetzen-german.pdf>
- 2019: Vorstellung der Ergebnisse im Rahmen eines Webinars des Projekts CELSIUS
<https://en-gb.invajo.com/event/celsiusinitiative/celsiustalk%E2%80%99Cheatpumpingthefutureofdistrictenergy%E2%80%9D>

Masterarbeit

Im Zuge des Annexes hat AIT folgende Masterarbeit ermöglicht die von Ankit Milind Takle (Student an der FH Oberösterreich) durchgeführt wurde (Takle, October 2017):

TITEL: Simulation based analysis of control strategies for Heat Pump integration in District Heating Networks.

TARGET: This thesis aims at analysing the possibilities of an efficient operation of district heating network with the integration of Heat Pumps and defining the best practice examples, identification of technical barriers for the integration of heat pumps to DHC networks and descriptions of possible solutions in combination with demand side measures.

METHOD: Different control strategies are to be developed and evaluated using Modelica/Dymola. The procedure includes defining detailed simulation models for heating production units, heat pumps which are to be integrated, distribution lines and consumers and developing a dynamic model to carry out comparative analysis using different integration configurations.

CONTENT:

- Literature review of control strategies for integration of Heat Pumps in DH networks.
- Analysis of possibilities of HP integration in DH systems and configurations by use of representative cases.
- Implementation of control strategy in Modelica for representative DH use cases.
- Evaluation of control strategies and analysis of economic, technical and ecological best practices.

TIMEFRAME: JAN 2016 – SEP 2017

Die Ergebnisse wurden unter anderem bei der „4th Generation District Heating Conference 2017“ in Kopenhagen präsentiert.

Weiterführende Aktivitäten

Auf internationaler Ebene wird ein Follow-up des Annex 47 diskutiert. Dabei sollen Flexibilitäts- und systemdienliche Optionen in thermischen Netzen behandelt werden. Dadurch sollen weitere Umsetzungs- und Dienstleistungslösungen aufgezeigt und analysiert werden, um innovative Konzepte wirtschaftlich betreiben zu können. Dies soll einer weiteren Durchdringung von erneuerbaren Energien im Energiesektor und in weitere Folge zur Erreichung der Klima- und Energieziele führen. Die heimischen Erfolge in der WP-Integration sprechen für eine Fortführung des Annexes. So steigerte sich in Österreich seit 2014 – 2018 die installierte WP in FWK-Netzen von rund 10 auf 108 MW (vergleiche (David, Large heat pumps in European district heating systems, 2016) mit (Arnitz & Rieberer, 2018)). Daher sind auch neue Konzepte wie Teilnahme am Regenergiemarkt gefragt, um neue Geschäftsmöglichkeiten aufzuzeigen und die Wirtschaftlichkeit erneuerbarer Lösungen zu gewährleisten.

7 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

Fernwärmenetze sind für das zukünftige Energiesystem, insbesondere in Ballungsräumen, unerlässlich. Die Integration von Wärmepumpen kann Investitionsrisiken in FWK-Netzen reduzieren, die Versorgungssicherheit erhöhen, den CO₂-Ausstoß reduzieren und so zu den Zielen der COP 21 beitragen. In den europäischen Fernwärmenetzen spielen Wärmepumpen derzeit aber eine untergeordnete Rolle.

Hindernisse für die großflächige Integration von Wärmepumpen sind ungeeignete Wärmequellen (oft nur in kleinen dezentralen Mengen verfügbar) oder das niedrige Temperaturniveau der Quellen (niedriger Wirkungsgrad). Ebenso fehlt es den meisten Betreibern (noch) an Erfahrungen mit der Integration und dem Betrieb von Wärmepumpen in bestehende Fernwärmesysteme (im Vergleich zu bekannten Biomasse- oder gasbasierten Erzeugungsanlagen).

Dennoch hat sich in den letzten Jahren die Akzeptanz der Wärmepumpen bei den Fernwärmebetreibern erhöht. Dies hat zu vielen innovativen Wärmepumpenprojekten geführt. Eine vielversprechende Anwendung ist der Einsatz der Rauchgaskondensation in thermischen Verbrennungssystemen in Kombination mit Wärmepumpen.

Die optimale Kombination von Wärmeerzeugungsanlagen in FW-Netzen ist abhängig von den verschiedenen Parametern und entsprechend individuell für jedes Netz. Um eine nachhaltige Wärmeversorgung zu erreichen, die einen erheblichen Anteil an alternativen Wärmequellen beinhaltet, ist die Implementierung weiterer Demoprojekte notwendig. Erfolgsfaktoren sind:

- **Starke Partner** (Unternehmen, Institute, Start-ups, etc.)
- **Projekte** (Demo, Best Practice, zeigen Erfahrungen und Motivation zur Installation von WP)
- **Learning by doing** (erfordert Pioniere, die bereit sind, "ihr Lehrgeld zu zahlen")
- **Energieraumplanung** (Lokalisierung der Abwärme, Vermeidung doppelter Infrastruktur)
- **Standardisierte Lösungen** (F&E, Kostendegression / Skaleneffekte)
- **Preissignale** (zur Nutzung fossiler Brennstoffe; Reduzierung der Steuerlast und Abgabe auf erneuerbare Energie)

Literaturverzeichnis

- Arnitz, A., & Rieberer, R. (23. November 2018). *Wärmepumpen in österreichischen Fernwärmenetzen*. Von IEA HPT Annex 47: <https://heatpumpingtechnologies.org/annex47/wp-content/uploads/sites/54/2019/02/warmepumpen-in-osterreichischen-fernwarmentetzen-german.pdf> abgerufen
- David, A. (20. April 2016). *Large heat pumps in European district heating systems*. Von En+Eff-22nd International Trade Fair and Congress: https://www.euroheat.org/wp-content/uploads/2016/04/160420_1600_1730_2nd-place_Andrei-David_presentation.pdf abgerufen
- David, A., Mahiesen, B., Averbalk, H., Werner, S., & Lund, H. (2017). *Heat Road Map Europe: Potentials for Large-Scale Heat Pumps in District Heating*. <https://doi.org/10.3390/en10040578>: Energies 2017, 10(4), 578.
- Geyer, R., Hangartner, D., Lindahl, M., & Pedersen, S. V. (February 2019). *Task 4: Implementation barriers, possibilities and solutions*. Vienna: IEA HPT Annex 47.
- Hartner, M., Büchele, R., & Geyer, R. (May 2018). *Task 1: Market and energy reduction potential*. Vienna: IEA HPT Annex 47.
- Marguerite, M., Geyer, R., Hangartner, D., Lindahl, M., & Pedersen, S. (March 2019). *Task 3: Review of concepts and solutions of heat pump integration*. Vienna: IEA HPT Annex 47.
- Takle, A. (October 2017). *Simulation based analysis of control strategies for Heat Pump integration in District Heating Networks*. Wels: FH Oberösterreich.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anteil der Fernwärme im Jahr 2015 (Basisjahr 2015), empfohlener Fernwärmeanteil in der Heat Road Map Europe 2050 (HRE2050) und die Bandbreite der wirtschaftlich realisierbaren Fernwärme innerhalb einer 0,5%igen Kostensensitivität der jährlichen Gesamtkosten (David, Mahiesen, Averfalk, Werner, & Lund, 2017)	19
Abbildung 2: Anteile der Fernwärmequellen für die Szenarien BL 2050 und HRE 2050 (David, Mahiesen, Averfalk, Werner, & Lund, 2017)	20
Abbildung 3: Auszug aus den Demobeispielen (siehe Factsheets im Anhang)	22
Abbildung 4: Soziale, wirtschaftliche und technische Barrieren für Wärmepumpen-Integration in Fernwärmenetze (Quelle: AIT)	24
Abbildung 5: Mögliche Lösungen und Aspekte, die die Integration von Wärmepumpen in Fernwärmenetze fördern könnten (Quelle: AIT)	25

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über Tasks sowie Taskinhalte	10
Tabelle 2: Zeitplan des Annex 47	11
Tabelle 3 Überblick über die im Task 2 gesammelten Demoprojekte	21

Abkürzungsverzeichnis

WP	Wärmepumpe
FWK	Fernwärme- und -kälte
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
IEA	Internationale Energy Agency
HPT	Heat Pumping Technologies
ESCO	Energiedienstleister
ExCo	Executive Committee

8 Anhang


Folgende Publikationen wurden im Rahmen des IEA HPT Annex 47 erstellt und stehen auf der Projekt-Website (unter: <https://heatpumpingtechnologies.org/annex47/publications/>) zur Verfügung:

- **Task 1. Market and energy reduction potential** (Country reports)
- **Task 2. Description of existing DHC systems and demonstration and R&D projects with heat pumps** (Factsheets nach teilnehmenden Ländern; AT: 11; CH: 10; DK: 9; SE: 8)
- **Task 3. Review the different concepts/solutions** (Common report)
- **Task 4. Implementation barriers, possibilities and solutions** (Common report)
- **Presentations** (verschiedenste Disseminierungsaktivitäten)

Teilnehmende Organisationen und Personen

Table 1: Teilnehmende Organisationen und Personen des IEA HPT Annex 47

Country	Organization	Organization type	Name
AT	Austrian Institute of Technology	Research Institute	Charlotte Marguerite
AT	Austrian Institute of Technology	Research Institute	Ralf-Roman Schmidt
AT	TU Graz	University	Rene Rieberer
AT	TU Graz	University	Alexander Arnitz
AT	TU Wien	University	Michael Hartner
AT	TU Wien	University	Richard Büchele
CH	Hochschule Luzern	University	Diego Hangartner
DK	Danish Technological Institute	Research Institute	Svend Pedersen
DK	Aalborg University	University	Brian Vad Mathiesen
DK	Aalborg University	University	Joana Neves
DK	Green Energy	Association	Alexander Boye Boes
DK	Johnson Controls Industries	Manufacturer	Alexander Cohr Pachai
SE	RISE Research Institutes of Sweden	Research Institute	Markus Lindahl
SE	RISE Research Institutes of Sweden	Research Institute	Tommy Walfridson
SE	RISE Research Institutes of Sweden	Research Institute	Pontus Wennerlund
UK	Dept. for Business, Energy & Industrial Strategy	Government	Oliver Sutton
UK	Glen Dimplex	Manufacturer	Martin Betz



Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien
[bmvit.gv.at](https://www.bmvit.gv.at)