

IEA Fernwärme und -Kälte (DHC) Annex TS5: Integration von erneuerbaren Energiequellen in bestehende Fernwärme- und Fernkältesysteme

Arbeitsperiode 2021 - 2025

Berichte aus Energie- und Umweltforschung 29/2026

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur,
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:

Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien

Leitung (interimistisch): DI (FH) Isabella Warisch

Kontakt zu „IEA Forschungskooperation“: Mag.^a Sabine Mitter

Autorinnen und Autoren:

Ingo Leusbrock, Michael Salzmann, Larissa Hamilton (AEE – Institut für nachhaltige Technologien)

Klaus Lechtenegger (BEST – Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH)

Ralf-Roman Schmidt (AIT – Austrian Institute of Technology GmbH)

Lukas Kranzl (TU Wien – Institute of Energy Systems and Electrical Drives, Energy Economics Group)

Ein Projektbericht gefördert im Rahmen von



Wien, Gleisdorf, 2026. Stand: September 2025

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an iii3@bmimi.gv.at.

Disclaimer:

Dieser Ergebnisbericht wurde von der Fördernehmer:in erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit, Aktualität sowie die barrierefreie Gestaltung der Inhalte übernimmt das Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI) keine Haftung.

Mit der Übermittlung der Projektbeschreibung bestätigt die Fördernehmer:in ausdrücklich, über sämtliche für die Nutzung erforderlichen Rechte – insbesondere Urheberrechte, Leistungsschutzrechte sowie etwaige Persönlichkeitsrechte abgebildeter Personen – am bereitgestellten Bildmaterial zu verfügen.

Die Fördernehmer:in räumt dem BMIMI ein unentgeltliches, nicht ausschließliches, zeitlich und örtlich unbeschränktes sowie unwiderrufliches Nutzungsrecht ein, das übermittelte Bildmaterial in allen derzeit bekannten sowie künftig bekannt werdenden Nutzungsarten für Zwecke der Berichterstattung, Dokumentation und Öffentlichkeitsarbeit im Zusammenhang mit der geförderten Maßnahme zu verwenden, insbesondere zur Veröffentlichung in Printmedien, digitalen Medien, Präsentationen und sozialen Netzwerken.

Für den Fall, dass Dritte Ansprüche wegen einer Verletzung von Rechten am übermittelten Bildmaterial gegen das BMIMI geltend machen, verpflichtet sich die Fördernehmer:in, das BMIMI vollständig schad- und klaglos zu halten. Dies umfasst insbesondere auch die Kosten einer angemessenen rechtlichen Vertretung sowie etwaige gerichtliche und außergerichtliche Aufwendungen.

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts im Rahmen der IEA Forschungsk Kooperation. Es wurde vom Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI) initiiert, um österreichische Forschungsbeiträge zu den Kooperationsprojekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu unterstützen.

Die IEA Forschungsk Kooperationen umfassen eine breite Palette an Energiethemen mit dem Ziel Energiesysteme, Städte, Mobilitäts- und Industriesysteme fit für eine nachhaltige Zukunft bis 2050 zu machen. Auch Themen wie Gendergerechtigkeit oder Ressourcen- und Kreislaufwirtschaftsaspekte werden berücksichtigt.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen und Unternehmen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch die vielen IEA-Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und neue internationale Standards. Auch in der Marktumsetzung konnten richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Daher werden alle Berichte nach dem Open Access Prinzip in der Schriftenreihe des BMIMI über die Plattform [nachhaltigwirtschaften.at](https://www.nachhaltigwirtschaften.at) veröffentlicht.

Inhalt

1 Kurzfassung	9
2 Abstract	11
3 Ausgangslage	13
3.1 Ausgangslage, Motivation und Forschungsfragen	13
3.2 Stand der Technik / Stand des Wissens	14
4 Projektinhalt	15
4.1 Darstellung des internationalen IEA-Tasks und des österreichischen Teilprojektes	15
4.2 Spezifische Projektziele	16
4.3 Vorgangsweise, Methoden und verwendeten Daten	17
4.4 Bewertung der Methoden, Bewährung und Probleme	18
5 Ergebnisse	19
5.1 Arbeitspaket 3 – EE-Technologien für Fernwärme- und -kälte.....	19
5.1.1 State-of-the-Art in den Partnerländern	19
5.1.2 Technologie- und Anwendungen für FWK	20
5.1.3 Methoden zur Potenzialbewertung	20
5.1.4 Internationale Erkenntnisse und Wirkung	23
5.1.5 Abgeleitete Ergebnisse für Österreich	23
5.2 Arbeitspaket 4 – Transformation bestehender Fernwärme- und Kältenetze zu hohen Anteilen erneuerbarer Energien.....	23
5.2.1 Fallstudien – internationale Erfahrungen als Fundament.....	24
5.2.2 Herausforderungen und Bottlenecks.....	25
5.2.3 Entwicklung der Transformation Guidelines.....	27
5.2.4 Empfehlungen für FWK-Transformationen.....	29
5.2.5 Internationale und nationale Wirkung.....	31
5.3 Arbeitspaket 5 – Dezentrale Integration erneuerbarer Energien in bestehende Fernwärme- und Fernkältesysteme.....	32
5.3.1 Ergebnisse der Fallstudien	32
5.3.2 Zentrale technische Erkenntnisse	35
5.3.3 Nicht-technische Aspekte.....	35
5.3.4 Lessons Learnt und Empfehlungen	36
5.3.5 Internationale und nationale Wirkung.....	37
5.4 Arbeitspaket 6 – Nicht-technische Rahmenbedingungen	38
5.4.1 Ergebnisse – Regulatorischer Rahmen.....	38
5.4.2 Ergebnisse – Unterstützende Maßnahmen.....	39
5.4.3 Ergebnisse – Stakeholder-Beteiligung.....	40
5.4.4 Internationale und nationale Wirkung.....	41
6 Vernetzung und Ergebnistransfer	43
6.1 Zielgruppen und Einbindung ins Projekt	43
6.2 Veranstaltungen, Vorträge, Webinare und Präsentationen des TS5.....	43
6.3 Publikationen und Veröffentlichungen.....	44

6.4 Relevanz und Nutzen der Ergebnisse – national und international.....	46
7 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen.....	47
7.1 Fachliche Erkenntnisse und Einschätzungen aus dem Projekt	47
7.2 Weiterführende nationale und internationale Projekte.....	50
7.3 Empfehlungen für die österreichische FTI-Politik	51
Tabellenverzeichnis	53
Abbildungsverzeichnis	53
Literaturverzeichnis.....	54
Abkürzungen.....	55

1 Kurzfassung

Das nationale Projekt **IEA DHC Annex TS5 „Integration von erneuerbaren Energiequellen in bestehende Fernwärme- und Fernkältesysteme“** (2021–2024) verfolgte das Ziel, internationale Erkenntnisse für Österreich nutzbar zu machen und zugleich eigen Beiträge in die weltweite Forschung einzubringen. Hintergrund ist die zentrale Rolle des Wärme- und Kältesektors für den Klimaschutz: Laut IEA werden noch immer 60 % des globalen Wärmebedarfs durch fossile Energieträger gedeckt. Auch in Österreich verursacht die Wärmeversorgung erhebliche CO₂-Emissionen, obwohl der Fernwärmeanteil mit knapp 28 % an der Raumwärmeversorgung und über 50 % erneuerbarer Energien (EE) vergleichsweise hoch ist. Die Transformation bestehender Netze in zu einer nahezu klimaneutralen Versorgung bis 2050 ist daher ein strategisches Kernziel. Folglich befasste sich das Projekt mit der zentralen Frage, wie bestehende Fernwärme- und Fernkältesysteme (FWK) effizient, kostengünstig und nachhaltig auf hohe Anteile EE umgestellt werden können.

Das österreichische Teilprojekt sowie der internationale Subtask B wurden von **AEE INTEC** koordiniert, mit Beteiligung des **AIT**, von **BEST** sowie der **TU Wien**. Aufbauend auf der internationalen Struktur (Subtasks A–D) wurde das nationale Projekt in sieben Arbeitspakete gegliedert: AP1 Projektmanagement, AP2 Vorleistungen, AP3 erneuerbare Technologien für DHC, AP4 Transformation großer Bestandsnetze, AP5 dezentrale Integration erneuerbarer Quellen und AP6 nicht-technische Aspekte und AP7 Dissemination.

Die Projektergebnisse zeigen, dass Österreich mit seiner vorhandenen Struktur über gute Ausgangsbedingungen verfügt, aber erhebliche zusätzliche Anstrengungen notwendig sind. Besonders relevant sind die Erkenntnisse zu **Temperaturabsenkung, Einbindung von Großwärmepumpen und Speichern, Nutzung industrieller Abwärme** sowie die Entwicklung von **Transformationsplänen für große Netze**. Die Fallstudie Graz diente dabei als Leuchtturm, an dem Methoden für Szenarien, Pfadwahl und Roadmaps erprobt und international gespiegelt wurden. Parallel dazu konnten für mittelgroße Netze, die in Österreich weit verbreitet sind, übertragbare Ansätze entwickelt werden.

Von zentraler Bedeutung sind auch die Ergebnisse zu **dezentralen Einspeisungen**. Internationale Erfahrungen wurden genutzt, um hydraulische Herausforderungen, Regelungskonzepte und Geschäftsmodelle für Österreich zu bewerten. Für die nationale Praxis ergibt sich, dass Abwärmenutzung, Solarthermieintegration und Prosumer-Konzepte künftig eine größere Rolle spielen werden.

Im Bereich der **nicht-technischen Faktoren** konnte Österreich eigene Erfahrungen zur kommunalen Wärmeplanung und zu Förderinstrumenten in die internationale Diskussion einbringen. Umgekehrt profitiert Österreich von internationalen Best Practices zu Governance, Transparenz und Stakeholderprozessen, die in nationale Rahmenbedingungen und Programme einfließen können.

Zusammenfassend leistet das nationale TS5-Projekt einen wichtigen Beitrag zur **Dekarbonisierung der österreichischen Wärmeversorgung**. Es verbindet internationale Kooperation mit spezifischen nationalen Analysen und zeigt konkrete Handlungsfelder für Politik, Kommunen, Betreiber und Forschung auf. Die Ergebnisse werden unmittelbar in die Weiterentwicklung der **kommunalen Wärmeplanung**, der **Förderlandschaften** und der **nationalen Forschungsprogramme** eingebracht und schaffen damit eine solide Grundlage für den weiteren Ausbau erneuerbarer Fernwärme- und Kältesysteme in Österreich.

2 Abstract

The national project **IEA DHC Annex TS5 “Integration of Renewable Energy Sources into Existing District Heating and Cooling Systems”** (2021–2024) aimed to make international findings applicable to Austria while contributing Austrian expertise to global research. The background is the central role of the heating and cooling sector in climate protection: according to IEA statistics, around 60 % of global heat demand is still covered by fossil fuels. In Austria, too, heat supply causes significant CO₂ emissions, although the share of district heating in space heating is relatively high at nearly 28%, with more than 50 % supplied from renewable energy sources (RES). The transformation of existing networks into a nearly climate-neutral supply by 2050 is therefore a strategic core objective. Consequently, the project addressed the central question of how existing district heating and cooling (DHC) systems can be efficiently, cost-effectively, and sustainably converted to high shares of RES.

The Austrian subproject as well as the international Subtask B were coordinated by **AEE INTEC**, with contributions from **AIT Austrian Institute of Technology**, **BEST – Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH**, and **TU Wien**. Building on the international structure (Subtasks A–D), the national project was organized into seven work packages: AP1 Project Management, AP2 Preliminary Work, AP3 Renewable Technologies for DHC, AP4 Transformation of Large Existing Networks, AP5 Decentral Integration of Renewable Sources, AP6 Non-technical Aspects, and AP7 Dissemination.

The project results show that Austria has good starting conditions with its existing structure, but that substantial additional efforts are required. Particularly relevant are the findings on temperature reduction, integration of large-scale heat pumps and storages, use of industrial waste heat, and the development of transformation plans for large networks. The Graz case study served as a flagship project in which methods for scenarios, pathway selection, and roadmaps were tested and internationally benchmarked. In parallel, transferable approaches were developed for medium-sized networks, which are widespread in Austria.

Equally important are the results on decentralized feed-in. International experiences were used to evaluate hydraulic challenges, control strategies, and business models for Austria. For national practice, it is clear that waste heat utilization, solar thermal integration, and prosumer concepts will play a more significant role in the future.

In the field of non-technical factors, Austria was able to contribute its own experience with municipal heat planning and funding instruments to the international discussion. Conversely, Austria benefits from international best practices on governance, transparency, and stakeholder processes, which can be incorporated into national frameworks and programs.

In summary, the national TS5 project makes an important contribution to the decarbonization of Austria's heat supply. It combines international cooperation with specific national analyses and identifies concrete fields of action for policy, municipalities, utilities, and research. The results are directly incorporated into the further development of municipal heat planning, funding schemes, and national research programs, thereby providing a solid basis for the continued expansion of renewable district heating and cooling systems in Austria.

3 Ausgangslage

3.1 Ausgangslage, Motivation und Forschungsfragen

Der Wärme- und Kältesektor ist für einen erheblichen Anteil der weltweiten Treibhausgasemissionen verantwortlich. Laut IEA-Statistik (2022) stammen **über 60 % des globalen Wärmebedarfs aus fossilen Energieträgern**. Um die Klimaziele – einschließlich der Szenarien „Net Zero Emissions by 2050“ – zu erreichen, ist eine tiefgreifende Dekarbonisierung der Wärmeversorgung unverzichtbar. („Tracking Clean Energy Progress 2023 – Analysis,“ 2023)

Fernwärme- und Fernkältesysteme (FWK; District Heating and Cooling – DHC) bieten hierfür eine zentrale Plattform. Sie können verschiedenste erneuerbare Energiequellen (EE, Renewable Energy Sources – RES) technisch und organisatorisch effizient integrieren, Sektorkopplung ermöglichen, Überschusswärme nutzen und Systemeffizienz steigern.

Die Motivation für IEA DHC Annex TS5 ergibt sich aus der Notwendigkeit, bestehende städtische DHC-Systeme schneller, kosteneffizienter und nachhaltig auf hohe Anteile erneuerbarer Energien umzustellen. Forschungsfragen waren:

- Welche Technologien und Integrationskonzepte eignen sich für eine breite Anwendung in bestehenden Netzen?
- Wie lassen sich technische, wirtschaftliche und regulatorische Hemmnisse überwinden?
- Welche Methoden zur Potenzialbewertung von EE im Kontext bestehender Netze sind geeignet?
- Wie können Transformationspläne strukturiert werden, um hohe EE-Anteile langfristig zu sichern?

In den teilnehmenden Ländern (u. a. Österreich, Deutschland, Dänemark, Schweden, Frankreich, Italien, Kanada, China, Schweiz) unterscheidet sich der Entwicklungsstand der FWK-Systeme stark. Während in Dänemark und Schweden sowohl der Marktanteil der Fernwärme als auch der EE-Anteil hoch sind, dominiert in anderen Ländern noch fossile Erzeugung. Biomasse und Abfallverbrennung spielen in Nordeuropa eine bedeutende Rolle, in China ist Kohle noch Hauptbrennstoff, in Kanada und Südeuropa ist FWK bisher wenig verbreitet.

Trotz vorhandener Technologien ist die Umsetzung hoher EE-Anteile in bestehenden urbanen Netzen komplex. Technische Herausforderungen (Temperaturabsenkung, Einbindung fluktuierender Quellen, hydraulische Anpassungen), wirtschaftliche Aspekte (hohe Anfangsinvestitionen, Wettbewerbsfähigkeit) und nicht-technische Faktoren (Regulierung, Akzeptanz, fehlende Planungssicherheit) bremsen die Transformation.

Ziel von Annex TS5 war es, praxisorientiertes Wissen für die Integration von EE in bestehende FWK-Systeme bereitzustellen, Methoden zur Potenzialbewertung zu systematisieren, Transformationspläne zu entwickeln und nicht-technische Erfolgsfaktoren zu identifizieren. Dadurch sollte ein Beitrag zu einer beschleunigten, kosteneffizienten und sozialverträglichen Dekarbonisierung geleistet werden.

3.2 Stand der Technik / Stand des Wissens

Das Projekt knüpft an **IEA DHC Annex TS2** („Low Temperature District Heating Systems“) an, in dem die Grundlagen und Vorteile der vierten Generation von DHC-Systemen (4GDH) erarbeitet wurden – insbesondere die Absenkung von Netztemperaturen als Schlüssel für EE-Integration. (IEA DHC (ed.), 2021)

National und international:

- **Technologien:** Große Wärmepumpen (inkl. Hochtemperatur-WP), Solarthermie im Großmaßstab, tiefe und mitteltiefe Geothermie, Biomasse- und Biogasanlagen, Power-to-Heat-Konzepte, saisonale Wärmespeicher, Nutzung unvermeidbarer Abwärme (Lund et al., 2014).
- **Integrationserfahrungen:** Internationale Beispiele belegen, dass sowohl zentrale als auch dezentrale EE-Einspeisung technisch machbar sind, jedoch unterschiedliche Anforderungen an Netzführung, Regelung und Speicher stellen.
- **Methoden zur Potenzialbewertung:** Vielfältige Ansätze – von GIS-basierten top-down-Analysen bis zu bottom-up-Modellierungen auf Quartiersebene – existieren, sind aber in der Praxis heterogen und oft nur teilweise standardisiert.
- **Transformationsprozesse:** Erfolgreiche Fälle (z. B. Graz, Sønderborg, Vicenza) zeigen die Bedeutung ganzheitlicher Pläne, die technische, wirtschaftliche und organisatorische Aspekte verbinden, Szenarien entwickeln und regelmäßig aktualisieren.
- **Nicht-technische Faktoren:** Politische Rahmenbedingungen, Förderinstrumente, Genehmigungsprozesse, Stakeholder-Integration und Kapazitätsaufbau sind entscheidende Erfolgsfaktoren. Länder mit klaren Klimazielen und Fernwärmestrategien weisen deutlich höhere RES-Anteile auf.

Der Stand der Technik erlaubt bereits heute hohe EE-Anteile in Fernwärmenetzen, sofern Netztemperaturen gesenkt, geeignete Speicher eingesetzt, Integrationspunkte optimal gewählt und regulatorische Rahmenbedingungen förderlich gestaltet werden. Die Herausforderung liegt weniger in fehlenden Technologien als in der koordinierten, wirtschaftlich tragfähigen Umsetzung im Bestand. Annex TS5 liefert hierfür methodische, technische und organisatorische Handlungshilfen, um den Transfer von Pilotprojekten in den breiten Rollout zu unterstützen.

4 Projektinhalt

4.1 Darstellung des internationalen IEA-Tasks und des österreichischen Teilprojektes

Das internationale Leitprojekt **IEA DHC Annex TS5 „Integration of Renewable Energy Sources into Existing District Heating and Cooling Systems“** wurde 2019 initiiert und lief von 2021–2024 unter der International Energy Agency – Technology Collaboration Programme on District Heating and Cooling (IEA DHC TCP). Beteiligt waren 12 Länder: Österreich, Kanada, China, Dänemark, Frankreich, Deutschland, Italien, Irland, Südkorea, Schweden, Schweiz und Vereinigtes Königreich.

Diese breite Beteiligung stellte sicher, dass unterschiedliche Marktentwicklungen, politische Rahmenbedingungen und technologische Ansätze einbezogen wurden. Länder wie Dänemark und Schweden brachten langjährige Erfahrung mit hochentwickelten Fernwärmenetzen ein, während Staaten wie Italien oder Kanada eher am Beginn der Entwicklung standen.

Das **internationale Projekt IEA DHC Annex TS5** war in **vier Subtasks** (Subtask A bis D) gegliedert. Die internationale Koordination lag bei der AGFW (Deutschland), während Österreich eine führende Rolle in **Subtask B** übernahm und in die übrigen Subtasks substantielle Beiträge einbrachte.

Das nationale (österreichische) Teilprojekt wurde von **AEE INTEC** koordiniert. Weitere nationale Partner:innen waren **AIT – Austrian Institute of Technology**, **BEST – Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH** sowie die **Technische Universität Wien**.

Für die nationale Umsetzung wurde die internationale Struktur durch **drei zusätzliche Arbeitspakete (AP1, AP2 und AP7)** ergänzt, um den Anforderungen des Fördergebers, den spezifischen österreichischen Aufgaben sowie den Anforderungen an Koordination und Ergebnistransfer gerecht zu werden. Damit umfasste das nationale Projekt **sieben Arbeitspakete (AP1–AP7)**:

- **AP1: Projektmanagement**
Organisation und administrative Abwicklung des nationalen Gesamtprojekts, finanzielle Steuerung, Sicherstellung der Berichtslegung und Abstimmung mit dem Fördergeber.
- **AP2: Vorleistungen**
Durchführung der Arbeiten im Annex in der Vorfinanzierungsperiode; Organisation von und Teilnahme an inhaltlichen Projekt-Meetings / Workshops; Vorbereitung von inhaltlichen Arbeiten wie beispielsweise die Organisation der Subtasks.
- **AP3: Subtask A – EE-Technologien für Fernwärme- und -kälte**
Analyse und Erstellung von Technologie- und Anwendungssteckbriefen, Mitarbeit bei Me-

thoden zur Potenzialbewertung und internationale Abstimmung; Erfassung und Aufbereitung von Demo-Fällen in Zusammenarbeit mit EE-Marktakteuren

Internationales Guidebook (Kapitel 4–6): RES technologies for DHC

- **AP4: Subtask B – Transformation großer Fernwärme- und Kältenetze hin zu höheren Anteilen EE**

Erstellung und Analyse von Fallstudien über Transformationsprozesse großer FWK-Systeme, Erfassung von Werkzeugen und Methoden zur Planung und Simulation sowie zur Unterstützung des Gesamtprozesses; Entwicklung eines Transformationsleitfadens

Internationales Guidebook (Kapitel 7): Transformation of large DHC systems to higher shares of RES

- **AP5: Subtask C – Dezentrale Integration von EE-Quellen in FWK**

Mitwirkung an der Erhebung und Analyse internationaler Fallstudien, Entwicklung von hydraulischen Integrationsschemata und Prosumer-Modellen, Ableitung von Empfehlungen für österreichische Netze.

Internationales Guidebook (Kapitel 8): Decentral integration of RES into DHC systems

- **AP6: Subtask D – Nicht-technische Rahmenbedingungen**

Analyse und Bewertung politischer, regulatorischer und gesellschaftlicher Rahmenbedingungen als Grundlage für effektiveres Implementieren von EE in FWK; Übertragung internationaler Erkenntnisse auf Österreich, z. B. für kommunale Wärmeplanung und Förderlandschaften.

Internationales Guidebook (Kapitel 9): Non-technical aspects

- **AP7: Dissemination**

Aufbereitung und Verbreitung der Projektergebnisse nationale / international für unterschiedliche Zielgruppen (Forschung, Praxis, Politik), u. a. durch Fachpublikationen, Konferenzbeiträge, Workshops, Broschüren etc.

Die Aufgabenstellung umfasste:

- die **Leitung von Subtask B**, insbesondere die Entwicklung des internationalen Leitfadens für Transformationsprozesse großer DHC-Systeme,
- die **Bearbeitung österreichischer Fallstudien**, insbesondere für Graz, aber auch für mittelgroße Netze,
- die **Mitwirkung an Technologie- und Anwendungssteckbriefen** im Rahmen von Subtask A,
- Beiträge zu Methoden zur Potenzialbewertung (inkl. GIS-gestützter Analysen),
- sowie die Beteiligung an der Erarbeitung von Empfehlungen in Subtask C und D.

4.2 Spezifische Projektziele

Auf internationaler Ebene zielte Annex TS5 darauf ab, praxisorientierte, international abgestimmte Ergebnisse bereitzustellen, die die Integration von EE in bestehende FWK-Netze beschleunigen.

Dazu gehörten:

- die Erstellung eines **State-of-the-art Reviews** zu Technologien und Märkten,
- die Entwicklung von **Methoden zur Potenzialbewertung**,
- die Ausarbeitung eines **Transformationsleitfadens** für Bestandsnetze,
- die Sammlung von **Fallstudien und Best Practices**,
- sowie die Analyse von **nicht-technischen Erfolgsfaktoren**.

Das **österreichische Teilprojekt** verfolgte zusätzlich folgende Ziele:

- die **nationale Aufbereitung internationaler Ergebnisse**, um sie für die österreichische Energie- und Klimastrategie nutzbar zu machen,
- die **Detailanalyse des Fernwärmesystems Graz** als Beispiel für ein großes städtisches Netz mit ambitionierten Dekarbonisierungszielen,
- die **Entwicklung übertragbarer Methoden** für mittelgroße Netze, die in Österreich weit verbreitet sind,
- sowie die **Einbindung der Ergebnisse in nationale Diskussionsprozesse**, insbesondere im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung und Förderprogramme (z. B. BEW – Bundesförderung für erneuerbare Wärmenetze).

4.3 Vorgangsweise, Methoden und verwendeten Daten

Die Bearbeitung erfolgte in einem mehrstufigen Ansatz, der internationale Koordination mit nationalen Schwerpunkten verband.

- **Literatur- und Datenrecherche:** Sammlung von Informationen zu Technologien, Märkten und politischen Rahmenbedingungen in allen Partnerländern. Quellen waren u. a. die IEA, Euroheat & Power, Eurostat sowie nationale Energiestatistiken.
- **Technologie- und Anwendungssteckbriefe:** Standardisierte Darstellung von Technologien und Anwendungen nach einheitlichen Kriterien wie Funktionsweise, TRL, Kosten, Hersteller, Referenzprojekte.
- **Fallstudien:** Strukturierte Erhebung und Analyse von Beispielen aus den Partnerländern, in Österreich insbesondere Graz. Datenbasis waren Betriebsdaten der Netzbetreiber, eigene Berechnungen sowie Modellierungen.
- **Potenzialbewertung:** Entwicklung einer Bewertungsmatrix (vgl. Kapitel 5 des Guidebooks), die unterschiedliche Methoden nach Kriterien wie räumlicher Auflösung, technischer Detaillierung, ökonomischer Tiefe und ökologischer Dimension einordnet.
- **Transformationsleitfaden:** Erstellung einer modularen Methodik in vier Schritten (Ziele – Analyse – Pfadwahl – Roadmap). Grundlage waren internationale Fallstudien und Szenarioanalysen.
- **Werkzeuge:** GIS-basierte Analysen, Energiesystemmodelle (z. B. EnergyPLAN, Hotmaps) und techno-ökonomische Simulationen.

4.4 Bewertung der Methoden, Bewährung und Probleme

Die angewendeten Methoden haben sich in der Umsetzung weitgehend bewährt. Besonders positiv hervorzuheben sind:

- die **einheitliche Struktur** der Technologie- und Anwendungssteckbriefe, die internationale Vergleichbarkeit ermöglicht,
- die **modulare Methodik** des Transformationsleitfadens, die flexibel auf verschiedene Netzgrößen angewendet werden kann,
- sowie die **Kombination von GIS-Analysen und Modellierungen**, die eine robuste Potenzialbewertung erlaubt.

Gleichzeitig traten einige Probleme auf:

- **Datenverfügbarkeit:** In vielen Ländern waren detaillierte Betriebs- und Kostendaten nur eingeschränkt zugänglich, was die Vergleichbarkeit erschwerte. Teilweise mussten Annahmen oder Schätzungen ergänzt werden.
- **Heterogenität der Netze:** Unterschiede in Temperaturniveaus, Eigentumsstrukturen und regulatorischen Rahmenbedingungen machten eine direkte Übertragbarkeit von Best Practices mitunter schwierig und bedürfen Expertenwissen zur Umsetzung.
- **Ressourcenbedarf:** Detaillierte Szenarien und Modellierungen erforderten hohen Personal- und Zeitaufwand.
- **Nicht-technische Barrieren:** Politische Unsicherheiten, lange Genehmigungsprozesse und fehlende Kapazitäten in Kommunen hemm(t)en in mehreren Ländern den Fortschritt.

Trotz dieser Herausforderungen konnte durch den intensiven internationalen Austausch eine robuste Ergebnissammlung erzielt werden, die für Forschung, Politik und Praxis gleichermaßen von hoher Relevanz ist.

5 Ergebnisse

5.1 Arbeitspaket 3 – EE-Technologien für Fernwärme- und -kälte

Arbeitspaket 3 (Subtask A international) widmete sich den **erneuerbaren Technologien für den Einsatz in bestehenden Fernwärme- und Fernkältesystemen (FWK)**. Ziel war es, einen systematischen Überblick über den aktuellen Stand der Technik zu erstellen, Technologien vergleichbar darzustellen, ihre Einsatzmöglichkeiten und Grenzen zu identifizieren und geeignete Methoden zur Potenzialbewertung zu entwickeln. Dabei wurden drei Ebenen bearbeitet:

- State-of-the-Art-Review nach Ländern
- EE Technologie- und Anwendungen für FWK
- Methoden zur Potenzialbewertung.

Die Ergebnisse bilden die Grundlage für die weiteren Arbeitspakete, insbesondere für Transformationspläne und die Identifikation von Erfolgsfaktoren.

5.1.1 State-of-the-Art in den Partnerländern

Zu Beginn des Projekts wurde eine **umfassende Bestandsaufnahme** durchgeführt, die den Status von Fernwärme, Anteil erneuerbarer Energien, politische Rahmenbedingungen und technische Besonderheiten in allen beteiligten Ländern erfasste.

- **Dänemark und Schweden** zählen zu den Vorreitern mit hohen Marktanteilen der Fernwärme und hohen RES-Anteilen. Dort sind Biomasse, Abfallverwertung, große Solarthermieanlagen und Wärmepumpen weit verbreitet.
- **Deutschland und Österreich** verfügen über etablierte Netze, die jedoch historisch stark auf fossile Erzeugung (Gas, Kohle) angewiesen waren. Biomasse, Abwärme und erste Großwärmepumpen gewinnen zunehmend an Bedeutung. Österreichs Fernwärmeanteil an der Raumwärme liegt bei rund 27,6 %, wobei mehr als die Hälfte der Wärme aus Biomasse stammt.
- **China** ist weltweit der größte FWK-Markt, jedoch stark kohlebasiert. Erste Dekarbonisierungsschritte erfolgen durch Gas und erneuerbare Pilotprojekte.
- **Kanada, Südeuropa und Südkorea** haben vergleichsweise geringe Fernwärmeanteile, setzen aber zunehmend auf Pilot- und Demonstrationsprojekte.
- **Frankreich, Schweiz, Irland, Vereinigtes Königreich** zeigen wachsende Ambitionen, allerdings mit heterogener Ausgangslage.

Die Analyse zeigte, dass trotz großer Unterschiede ein gemeinsames Muster erkennbar ist: **Der Übergang zu erneuerbaren FWK-Systemen erfordert die Kombination lokaler Ressourcen, innovative Speicherlösungen und unterstützende Rahmenbedingungen** (Komoszyńska et al., 2022).

5.1.2 Technologie- und Anwendungen für FWK

Ein Kernprodukt von AP3 war die Erstellung von **Technology & Application Factsheets** (IEA DHC, 2024). Diese liefern eine einheitliche, international abgestimmte Darstellung von Technologien und Anwendungen, die in FWK-Systemen eingesetzt werden können. Die Factsheets enthalten Informationen zu:

- Funktionsweise und technologischem Reifegrad (TRL)
- Kosten- und Effizienzkennzahlen
- typischen Einsatzbereichen und Anwendungsgrenzen
- Referenzprojekten
- Schnittstellen zu Netzbetrieb und Systemintegration

Behandelte Technologien:

- **Großwärmepumpen (inkl. Hochtemperatur-WP):** Schlüsseltechnologie für die Einbindung von Abwärme, Geothermie und Solarthermie.
- **Solarthermie im Großmaßstab:** Erfolgreiche Beispiele in Dänemark und Deutschland zeigen, dass saisonale Speicher eine zentrale Rolle für hohe Deckungsanteile spielen.
- **Geothermie (oberflächennah und tief):** Nutzungsmöglichkeiten variieren stark nach geologischen Gegebenheiten, mit großen Potenzialen in Italien, Frankreich und Mitteleuropa.
- **Biomasse und Abfallverbrennung:** Bereits stark verbreitet, jedoch mit Nachhaltigkeits- und Verfügbarkeitsfragen behaftet.
- **Power-to-Heat (PtH):** Integration von Überschussstrom über elektrische Kessel oder Wärmepumpen; hohe Relevanz für Sektorkopplung und Netzdienlichkeit.
- **Saisonale Wärmespeicher (Erdbecken, Aquifer, Eisspeicher, Großwärmespeicher):** Fundamentale Voraussetzung, um fluktuierende Quellen wie Solarthermie oder Abwärme systematisch zu integrieren.
- **Abwärmequellen:** Industrielle Prozesse, Rechenzentren, Abwasser, Gewerbe.

Die Factsheets sind als **lebendes Dokument** angelegt, das kontinuierlich aktualisiert werden soll, da sich Technologieparameter (Kosten, Wirkungsgrade, Einsatzgrenzen) dynamisch entwickeln.

5.1.3 Methoden zur Potenzialbewertung

Ein weiterer Schwerpunkt war die Entwicklung und Systematisierung von **Methoden zur Potenzialbewertung erneuerbarer Energien für FWK**. Die Arbeiten führten zu einer **Matrix von Methoden**, die nach folgenden Kriterien klassifiziert wurden:

- **Analytischer Ansatz:** top-down (GIS-gestützt, nationale/regionale Ebene), bottom-up (Quartiere, Netze), hybrid.
- **Räumliche Dimension:** lokal, regional, national, kontinental.
- **Berücksichtigte Aspekte:** technisch, ökonomisch, ökologisch, zeitlich, systemisch.

Zentrale Ergebnisse:

- Die Mehrheit der Studien fokussiert auf **lokale Analysen** (57 %), während nationale und kontinentale Ansätze weniger vertreten sind.
- **Abwärme-Potenziale** werden überwiegend mit hybriden Methoden (top-down + bottom-up) bewertet, da sie stark standortabhängig und von vielen Akteuren geprägt sind.
- **Solarthermie und Geothermie** werden meist mit GIS-basierten Analysen verknüpft.
- **Power-to-Heat und Stromkopplung** erfordern stärkere Berücksichtigung zeitlicher und systemischer Aspekte (z. B. Strommarktintegration).
- Einheitliche **Bewertungskriterien** (Kosten, Emissionen, Versorgungssicherheit, Flächenbedarf) wurden als notwendig identifiziert, um internationale Vergleichbarkeit zu sichern.

Die entwickelte **Analytical Framework** bietet ein strukturiertes Vorgehen mit den drei Kernphasen *EE-Potenziale*, *Wärmenachfrage*, *Systemintegration*. Es dient als Werkzeugkasten für Planer:innen und *Entscheidungssträger:innen*.

Mit Abbildung 1 wird die grundlegende Struktur dieses Konzeptes verdeutlicht. Das Schema stellt grafisch dar, wie die drei Analyseebenen miteinander verbunden sind: Einerseits die **Erhebung und Bewertung erneuerbarer Potenziale** (z. B. Solar, Geothermie, Abwärme), andererseits die **Bestimmung der Wärmenachfrage** auf unterschiedlichen räumlichen Skalen. Beide Ebenen münden in die **Systemintegration**, die technische, ökonomische und ökologische Kriterien berücksichtigt. Damit macht die Abbildung sichtbar, dass eine erfolgreiche Potenzialbewertung nicht isoliert erfolgen kann, sondern nur durch die Kombination dieser drei Perspektiven zu belastbaren Ergebnissen führt (Spirito et al., 2024).

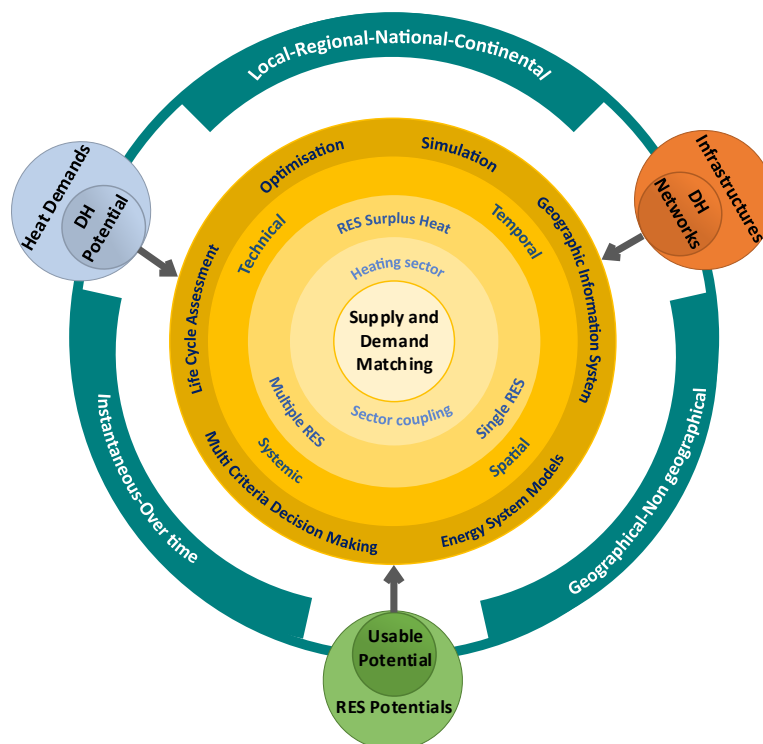


Abbildung 1: Grundlegendes Schema eines allgemeinen Analyserahmens, der für die Integration erneuerbarer Energiequellen in bestehende Fernwärmesysteme wesentlich ist (Spirito et al., 2024).

5.1.4 Internationale Erkenntnisse und Wirkung

AP3 führte zu mehreren international relevanten Ergebnissen:

- Erste gemeinsame Plattform für Technologien und Anwendungen: Die Factsheets stellen einheitliche, praxisnahe und frei zugängliche Informationsquellen dar.
- Standardisierung von Bewertungsmethoden: Die Matrix ermöglicht internationalen Vergleich und erleichtert die Übertragung von Methoden auf unterschiedliche Länder.
- Erkenntnis der Heterogenität: Während einige Länder (DK, SE) bereits weit fortgeschritten sind, zeigen andere große Nachholbedarfe – die Methoden erlauben es, diese Unterschiede systematisch abzubilden.
- Verstärkte internationale Kooperation: Durch die enge Zusammenarbeit der Partnerländer entstand ein belastbarer Daten- und Erfahrungsfundus, der auch in andere Initiativen (z. B. EU-Heat Roadmap, nationale Wärmepläne) einfließt.

5.1.5 Abgeleitete Ergebnisse für Österreich

Für Österreich ergaben sich folgende wesentliche Erkenntnisse:

- Die **nationale Datenbasis** konnte durch Einbindung bestehender Studien gestärkt werden.
- Österreichs **Fernwärmeversorgung** weist bereits einen vergleichsweise hohen Anteil erneuerbarer Energien (über 50 % Biomasse, Abwärme, zunehmend Großwärmepumpen) auf, dennoch bestehen große Potenziale in der **Abwärmenutzung** und bei **saisonalen Speichern**.
- Die internationale Systematik der Factsheets wurde für nationale Anwendungen übernommen und liefert eine Basis für Technologie- und Investitionsentscheidungen österreichischer Stadtwerke.
- Die **Methodenmatrix** bietet Werkzeuge für regionale und kommunale Wärmeplanung (z. B. GIS-Analysen für Abwärme-Potenziale, Bewertung von Speicheroptionen).
- Durch die Mitarbeit an der internationalen Methodik konnte Österreich seine Position als Vorreiter bei der Integration erneuerbarer Energien in Fernwärmesysteme festigen.

5.2 Arbeitspaket 4 – Transformation bestehender Fernwärme- und Kältenetze zu hohen Anteilen erneuerbarer Energien

Arbeitspaket 4 (Subtask B international) widmete sich der **Transformation bestehender großer FWK-Systeme**. Ziel war es, praxisorientierte **Leitfäden und Empfehlungen** zu entwickeln, wie bestehende Netze in Richtung hoher EE-Anteile umgebaut werden können. Grundlage bildete die systematische Sammlung und Analyse von Fallstudien in unterschiedlichen Ländern. Diese deckten sowohl erfolgreiche als auch herausfordernde Transformationsprozesse ab.

Das Ergebnis war die Entwicklung von Transformation-Guidelines die Betreiber:innen, Kommunen und politischen Entscheidungsträger:innen konkrete Schritte und Empfehlungen an die Hand geben.

Methodik – Die internationale Arbeit basierte auf drei methodischen Säulen:

1. **Sammlung internationaler Fallstudien** (u. a. Graz/Österreich, Sønderborg/Dänemark, Vicenza/Italien, Lviv/Ukraine), (Leusbrock and Salzman, 2024).
2. **Bewertung von technischen, organisatorischen und nicht-technischen Aspekten** (Netzstruktur, Eigentumsmodelle, Geschäftsmodelle, politische Rahmenbedingungen).
3. **Ableitung von Erfolgsfaktoren, Bottlenecks und Leitlinien** für künftige Transformationsprozesse. (Leusbrock et al., 2024a)

Parallel dazu wurden **bestehende Methoden und Werkzeuge** für Planung, Simulation und Szenarien überprüft (z. B. EnergyPLAN, GIS-Analysen). (Leusbrock et al., 2024b)

5.2.1 Fallstudien – internationale Erfahrungen als Fundament

Ein zentrales Element von AP4 war die systematische Sammlung und Auswertung von **internationalen Fallstudien** zu Transformationsprozessen bestehender Fernwärmenetze. Diese umfassten sowohl große urbane Systeme als auch mittelgroße Netze in verschiedenen Klimazonen und politischen Kontexten. Beispiele kamen u. a. aus Österreich, Dänemark, Italien oder Deutschland. Ergänzt wurden die Analysen durch Beiträge aus der Ukraine, wo die Modernisierung von Netzen trotz schwieriger Rahmenbedingungen eine hohe Priorität hat, Standorte analysierter Fallstudien vgl. Abbildung 2.



Abbildung 2: Standorte der untersuchten FWK-Systeme (AEE INTEC)

Die Fallstudien deckten ein breites Spektrum ab: von **hoch entwickelten Netzen** mit bereits sehr hohen Anteilen erneuerbarer Energien, über **Transformationspfade in mitteleuropäischen Städten** wie Graz, bis hin zu **Pilotprojekten in Regionen mit noch geringer FWK-Durchdringung**. Gemeinsam war ihnen, dass sie detailliert die Ausgangslage, die eingesetzten Technologien, organisatorische und regulatorische Rahmenbedingungen sowie die erzielten Fortschritte dokumentierten. Ziel war es, **übertragbare Erfolgsfaktoren** herauszuarbeiten und gleichzeitig die **Hemmnisse und Bottlenecks** zu identifizieren, die in verschiedenen Kontexten auftreten.

Diese Fallstudien bildeten die **empirische Grundlage** für die Entwicklung des internationalen Transformationsleitfadens. Sie veranschaulichen nicht nur technische Lösungsansätze – wie den Einsatz großer Wärmepumpen, saisonaler Speicher oder Abwärmeintegration – sondern auch die Bedeutung von **Governance, Finanzierungsmodellen und Akteursbeteiligung** für erfolgreiche Transformationsprozesse.

5.2.2 Herausforderungen und Bottlenecks

Die Untersuchung der internationalen Fallstudien hat eindrucksvoll gezeigt, dass die Transformation bestehender FWK-Systeme ein **hochkomplexer, mehrdimensionaler Prozess** ist. Technische, ökonomische, organisatorische und gesellschaftliche Faktoren greifen eng ineinander und bestimmen gemeinsam über Erfolg oder Misserfolg der Maßnahmen (Leusbrock et al., 2024a).

Ein zentrales technisches Hindernis war die **Temperaturfrage**. Viele der untersuchten Netze arbeiten noch mit hohen Vorlauftemperaturen von über 90 °C, was die Integration erneuerbarer Quellen wie Wärmepumpen, Geothermie oder Solarthermie erheblich einschränkt. Die Absenkung der Netztemperaturen – wie sie in Annex TS2 (Low Temperature District Heating Systems) (IEA DHC (ed.), 2021) bereits als Schlüssel für die vierte Generation (4GDH) identifiziert wurde – ist damit eine unverzichtbare Voraussetzung. Sie erfordert jedoch nicht nur den Umbau der Netze, sondern auch tiefgreifende Anpassungen auf der **Gebäudeseite**, etwa durch verbesserte Übergabestationen, größere Heizflächen oder zusätzliche Speicher.

Ein weiteres Hindernis betrifft die **Integration fluktuierender erneuerbarer Quellen**. Solarthermie oder industrielle Abwärme sind zwar lokal reichlich vorhanden, ihre Verfügbarkeit schwankt jedoch stark. Die Analyse der Fallstudien zeigt, dass **saisonale Speicher** in nahezu allen erfolgreichen Projekten eine zentrale Rolle spielen. Ohne großvolumige Erdbeckenspeicher, Aquiferspeicher oder Eisspeicher ist eine sichere Versorgung über das ganze Jahr nicht möglich. Damit verbunden sind erhebliche Flächenbedarfe und hohe Investitionen, die insbesondere in dicht besiedelten Städten eine Herausforderung darstellen.

Ökonomisch gesehen wurden fast alle Transformationspfade durch **hohe Anfangsinvestitionen und lange Amortisationszeiten** gebremst. Viele Betreiber:innen berichteten von Schwierigkeiten, Finanzierungen zu sichern, da sich wirtschaftliche Rentabilität oft erst über Jahrzehnte einstellt. Zusätzlich erschweren **unsichere Energiepreise** und volatile Märkte die Planungssicherheit. Ein

Beispiel aus Mitteleuropa verdeutlichte, dass der kurzfristige Preisverfall fossiler Energieträger die Wirtschaftlichkeit von erneuerbaren Projekten massiv unter Druck setzen kann. Hier zeigte sich die Bedeutung von **stabilen Fördermechanismen und langfristigen politischen Zielsetzungen**, die Investitionssicherheit schaffen.

Nicht weniger bedeutend sind die **institutionellen und gesellschaftlichen Bottlenecks**. Viele Netze befinden sich in komplexen Eigentums- oder Organisationsstrukturen – mit kommunalen, privaten und genossenschaftlichen Anteilen. Entscheidungen über Transformationsmaßnahmen werden dadurch verlangsamt oder blockiert. Hinzu kommt, dass **Genehmigungsverfahren und regulatorische Unsicherheiten** die Umsetzung erheblich verzögern können. Besonders in Ländern mit schwankenden politischen Mehrheiten war die Verlässlichkeit energiepolitischer Strategien ein kritischer Faktor.

Ein weiterer Aspekt ist die **gesellschaftliche Akzeptanz**. In mehreren Fallstudien zeigte sich, dass Bauarbeiten, Netzanschlusspflichten oder steigende Fernwärmepreise zu Widerstand in der Bevölkerung führen können. Projekte, die frühzeitig in **Stakeholder-Dialoge** und transparente Kommunikationsstrategien investierten, konnten diese Barrieren hingegen deutlich besser überwinden. Auch der **Mangel an Fachkräften** – Ingenieur:innen, Monteure:innen, Planer:innen – wurde in vielen Ländern als Engpass identifiziert, da die Transformation parallele Bauprojekte in großem Umfang erfordert.

Zusammenfassend wird deutlich, dass die Herausforderungen auf unterschiedlichen Ebenen wirken und nur durch **ganzheitliche Ansätze** erfolgreich bewältigt werden können. Die Fallstudien bestätigen, dass **Technik allein nicht ausreicht**: Ohne stabile Finanzierung, klare politische Rahmenbedingungen, organisatorische Klarheit und gesellschaftliche Akzeptanz bleibt die Transformation Stückwerk (siehe Abbildung 3).



Abbildung 3: Transformation von FWK-Systemen erfordert eine ganzheitliche Perspektive (AEE IN-TEC)

5.2.3 Entwicklung der Transformation Guidelines

Aus den vorangegangenen Analysen und Tätigkeiten im AP4 wurde ein **Transformationsleitfaden** entwickelt, der Betreiber:innen und Entscheidungsträger:innen ein praxisnahes Werkzeug an die Hand gibt. Dieser Leitfaden ist das **zentrale Ergebnis** des Arbeitspakets und bündelt die internationalen Erfahrungen in einer modularen Methodik (siehe Abbildung 5).

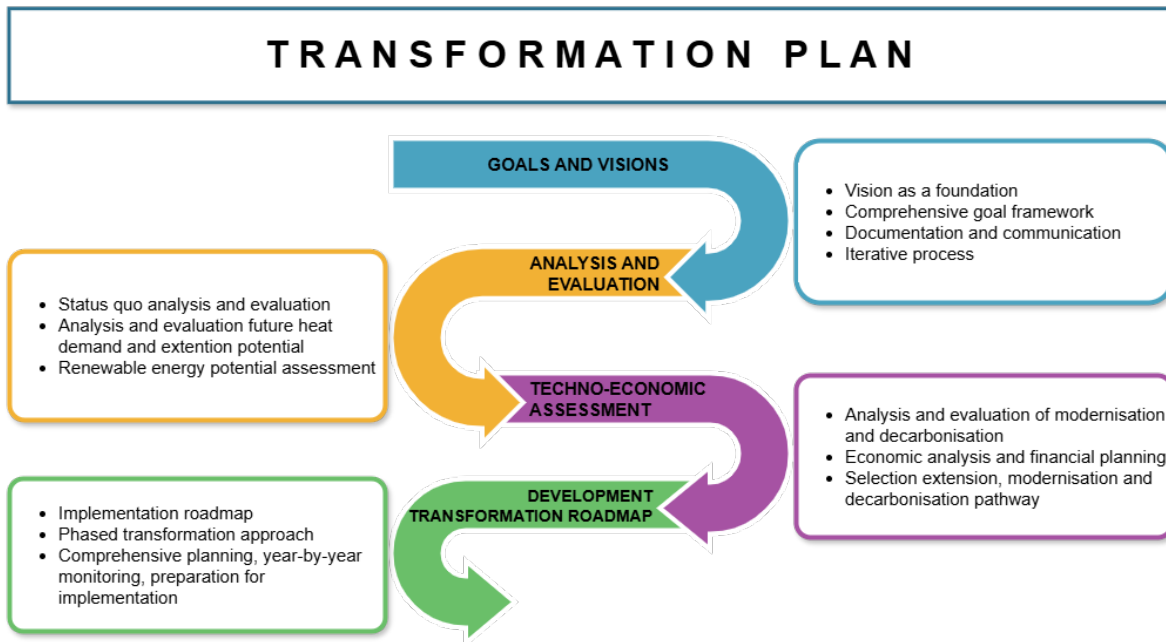


Abbildung 4: Transformationsplan für Fernwärme- und -Kälte-Systeme (AEE INTEC)

Der Leitfaden basiert auf vier aufeinanderfolgenden Modulen. Im ersten Modul steht die **Definition langfristiger Ziele** im Mittelpunkt. Diese Ziele sind weit mehr als reine Zahlenwerte für CO₂-Reduktionen oder EE-Anteile – sie fungieren als **strategische Visionen**, die Orientierung bieten und die Motivation für alle Beteiligten bündeln. Fallstudien wie Sønderborg oder Graz haben gezeigt, dass ambitionierte, klar kommunizierte Zielbilder („klimaneutral bis 2030“ bzw. „100 % erneuerbare Wärme bis 2050“) eine starke Signalwirkung entfalten und politische wie gesellschaftliche Unterstützung sichern.

Das zweite Modul widmet sich der **systematischen Analyse des Status quo**. Hierzu gehört die Erhebung von technischen Daten (Netzinfrastruktur, Temperaturprofile, Wärmenachfrage), aber auch die Untersuchung von Eigentumsstrukturen, politischen Rahmenbedingungen und finanziellen Grundlagen. Der Leitfaden empfiehlt, diese Analysen möglichst umfassend und standardisiert zu erfassen, um internationale Vergleichbarkeit herzustellen. Eine enge Verzahnung mit Methoden aus AP3 (z. B. GIS-Analysen, Potenzialbewertungen) erwies sich dabei als besonders wertvoll.

Im dritten Modul folgt die **Entwicklung und Bewertung von Transformationspfaden**. Hierbei werden unterschiedliche Szenarien entworfen, die technische Optionen (z. B. Wärmepumpen, Speicher, Abwärmeintegration), ökonomische Annahmen (Investitionskosten, Energiepreise) und politische Parameter (Förderungen, Regulierung) kombinieren. Multi-Kriterien-Analysen, wie sie in mehreren Fallstudien angewandt wurden, haben sich als besonders geeignet erwiesen, um Zielkonflikte sichtbar zu machen – etwa zwischen kurzfristigen Kostensteigerungen und langfristigen CO₂-Einsparungen. Ein wichtiger Punkt ist auch die Risikobewertung, die Unsicherheiten in den Energiemärkten oder in der politischen Unterstützung berücksichtigt.

Das vierte Modul schließlich konzentriert sich auf die **Erstellung einer Roadmap**. Diese Roadmap übersetzt die Szenarien in konkrete Maßnahmen, Zeitpläne und Verantwortlichkeiten. Sie definiert Schlüsselprojekte (z. B. Bau eines Großspeichers oder einer Geothermieanlage), legt Meilensteine fest und enthält Mechanismen für **Monitoring und Feedback**. Besonders betont wird der **iterative Charakter**: Transformation ist kein linearer Prozess, sondern ein fortlaufender Zyklus von Planung, Umsetzung, Überprüfung und Anpassung.

Neben diesen vier Modulen hebt der Leitfaden zwei Querschnittsthemen hervor: Erstens die **enge Einbindung von Stakeholdern** in allen Phasen, um Akzeptanz und Mitwirkung zu sichern. Zweitens die **Integration von technischen und nicht-technischen Dimensionen**, da Technologien allein ohne supportive Politik und Governance nicht zum Ziel führen. In diesem Zusammenhang wird auch der Unterschied zur **kommunalen Wärmeplanung** betont: Während Wärmepläne von Kommunen entwickelt werden und einen übergeordneten strategischen Rahmen setzen, liegt die Verantwortung für Transformationen bei den Betreibern der Netze. Beide Prozesse müssen jedoch ineinandergreifen, um Synergien zu schaffen.

Insgesamt stellt der Leitfaden eine **erste standardisierte Methodik** dar, die international breite Anwendung finden kann. Er ist nicht als starres Regelwerk, sondern als **flexibles Werkzeug** gedacht, das auf lokale Bedingungen angepasst werden soll. Durch diese Kombination von Struktur und Anpassungsfähigkeit trägt er dazu bei, die Dekarbonisierung von FWK-Systemen beschleunigt und koordiniert umzusetzen.

5.2.4 Empfehlungen für FWK-Transformationen

Die Analyse der internationalen Transformationsprozesse zeigt deutlich, dass Empfehlungen nicht eindimensional sein können, sondern auf **mehreren Ebenen** ansetzen müssen. Betreiber:innen, Kommunen und politische Entscheidungsträger:innen sind gleichermaßen gefordert, ihre Rollen klar zu definieren und aufeinander abzustimmen.

Für **Betreiber:innen** liegt der Schlüssel in einer konsequenten **strategischen Planung**. Transformation darf nicht als kurzfristiges Einzelprojekt verstanden werden, sondern muss als langfristiger, iterativer Prozess mit klarer Roadmap angelegt sein. Hierfür sind interne Strukturen und Kapazitäten aufzubauen, die sowohl technisches Know-how als auch organisatorische Steuerungsfähigkeit bündeln. Die Betreiber:innen sollten von Beginn an **lokale erneuerbare Potenziale** ausschöpfen – sei es durch industrielle Abwärme, Solarthermie oder Geothermie – und diese mit großen Wärmespeichern kombinieren. Besonders hervorgehoben wird der Einsatz **digitaler Werkzeuge** wie GIS-basierter Analysen, Energiesystemmodelle (z. B. EnergyPLAN) und Monitoring-Systeme, die Transparenz und Vergleichbarkeit schaffen. Internationale Fallstudien wie in Graz oder Sønderborg haben gezeigt, dass eine datengestützte Entscheidungsfindung die Akzeptanz bei Stakeholdern stärkt und die Investitionssicherheit erhöht.

Kommunen nehmen eine Vermittlungsrolle zwischen Betreibern, Politik und Bevölkerung ein. Ihre Stärke liegt darin, Transformationsprozesse in die **kommunale Wärmeplanung** einzubetten. Dadurch wird sichergestellt, dass einzelne Projekte nicht isoliert umgesetzt, sondern in eine übergeordnete städtische Energie- und Klimastrategie integriert werden. Kommunen sind zudem wichtige Akteur:innen bei der **Bewusstseinsbildung und Öffentlichkeitsarbeit**. Erfahrungen aus Dänemark zeigen, dass eine frühzeitige und transparente Kommunikation mit Bürger:innen entscheidend ist, um Akzeptanz für Bauarbeiten, Netzanschlüsse oder höhere Investitionen zu erreichen.

Die **Politik** schließlich ist gefordert, stabile Rahmenbedingungen zu schaffen, die den Transformationsprozess absichern. Besonders wichtig sind **vereinfachte Genehmigungsverfahren** und **klare rechtliche Vorgaben**, die Planungssicherheit für Betreiber:innen schaffen. Ohne diese Faktoren laufen selbst ambitionierte Transformationspläne Gefahr, im bürokratischen Prozess stecken zu bleiben. Darüber hinaus sind **gezielte Förderinstrumente** notwendig – insbesondere für Speichertechnologien und innovative Systemlösungen, die in der Frühphase noch nicht wirtschaftlich betrieben werden können. Die Fallstudien verdeutlichen, dass Länder mit klaren nationalen Wärmestrategien (z. B. Dänemark) wesentlich höhere EE-Anteile erreichen als Länder, in denen politische Zielsetzungen unklar oder inkonsistent sind.

Die Empfehlungen verdeutlichen, dass die Transformation bestehender FWK-Systeme ein **integriertes Handeln auf drei Ebenen** erfordert: Betreiber:innen zur technischen und organisatorischen Umsetzung, Kommunen zur strategischen Planung und als Multiplikatoren, Politik zur Regulierung und Fördergebung. Nur wenn diese drei Ebenen eng verzahnt sind, kann eine Transformation im erforderlichen Tempo und Umfang erfolgen, vgl. mit Abbildung 6.

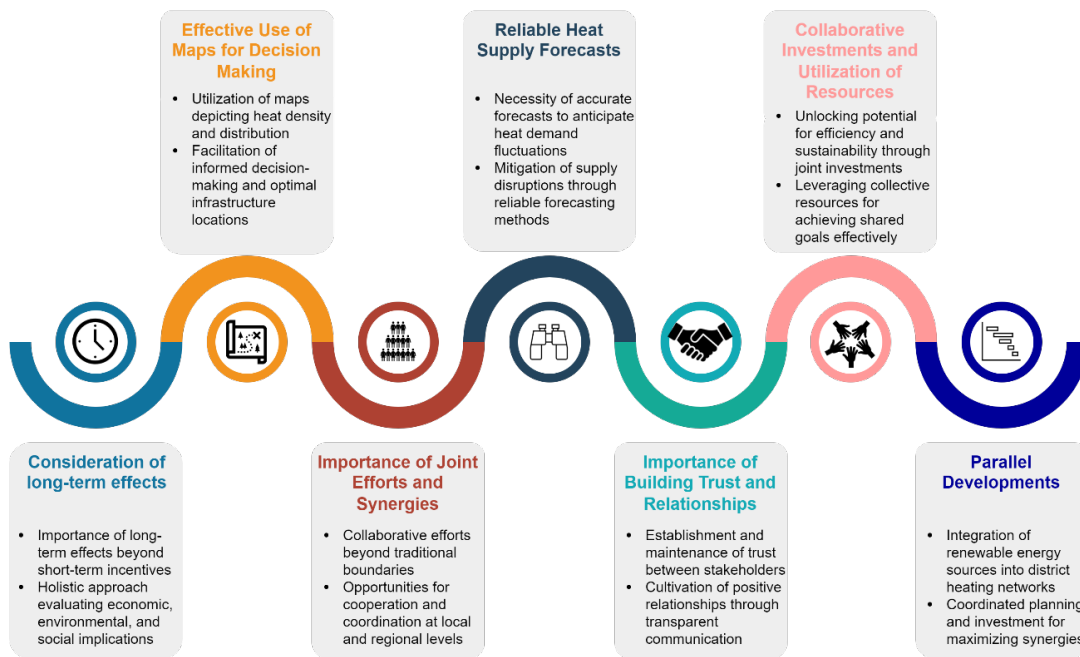


Abbildung 5: Erfolgreiche Transformation von Fernwärmenetzen erfordert strategische Planung, Zusammenarbeit und eine langfristige Perspektive, die Nutzung von Geodaten, die Förderung von Kooperation, die Priorisierung von Zuverlässigkeit, den Aufbau von Vertrauen sowie die Einbindung erneuerbarer Energien (AEE INTEC)

5.2.5 Internationale und nationale Wirkung

Auf internationaler Ebene gilt das im Rahmen von Subtask B entwickelte Leitfadensmodell als ein **Meilenstein für die Standardisierung** von Transformationsprozessen in bestehenden FWK-Systemen. Es bietet erstmals eine konsistente Methodik, die sowohl in hoch entwickelten Netzen Skandinaviens als auch in Transformationsprojekten in Mitteleuropa oder Pilotprojekten in Asien und Nordamerika Anwendung findet. Die Verbreitung der Ergebnisse über die IEA-DHC-Plattform und in Fachpublikationen hat bereits dazu geführt, dass einzelne Elemente des Leitfadens in nationale Strategien und Programme übernommen wurden.

Für Österreich war die Mitarbeit besonders prägend, da mit der **Leitung von Subtask B** eine zentrale Rolle eingenommen wurde. Die Fallstudie Graz diente als Leuchtturmprojekt, dessen Erkenntnisse weit über die Landesgrenzen hinaus Beachtung fanden. Parallel dazu konnten Methoden für **mittelgroße Netze**, die in Österreich weit verbreitet sind, entwickelt und getestet werden. Damit flossen die internationalen Erkenntnisse unmittelbar in nationale Prozesse ein, etwa in die Diskussion um die Bundesförderung für erneuerbare Wärmenetze (BEW) oder die kommunale Wärmeplanung. Österreich positionierte sich so nicht nur als aktiver Beitragsleister, sondern auch als Profiteur des internationalen Austauschs, indem es gewonnene Erfahrungen direkt für die eigene Energie- und Klimastrategie nutzbar machte.

5.3 Arbeitspaket 5 – Dezentrale Integration erneuerbarer Energien in bestehende Fernwärme- und Fernkältesysteme

Arbeitspaket 5 (Subtask C international) befasste sich mit der **Integration erneuerbarer Energien auf dezentraler Ebene** in bestehende FWK-Netze. Während AP4 vor allem großskalige, zentralisierte Transformationsprozesse adressierte, richtete sich der Fokus hier auf die Nutzung **lokaler, mittelgroßer Quellen** – wie Solarthermie, industrielle Abwärme, Rechenzentren, Biomasse oder kleine Wärmepumpen – die an verschiedenen Punkten eines bestehenden Netzes eingespeist werden können (IEA DHC (ed.), 2024).

Diese dezentrale Integration gilt als vielversprechende Option, insbesondere in **dicht besiedelten urbanen Räumen**, wo verfügbare Flächen für großskalige zentrale Anlagen knapp sind. Sie erlaubt es, vorhandene Ressourcen effizient zu nutzen, die Netze flexibler zu gestalten und die **Rolle von Prosumer:innen** (gleichzeitige Verbraucher:innen und Produzent:innen) einzubinden. Zugleich ist sie mit spezifischen Herausforderungen verbunden – technisch, hydraulisch, organisatorisch und ökonomisch –, die im Rahmen von AP5 systematisch untersucht wurden.

Methodik und Arbeitsweise –Die Arbeiten in AP5 folgten einem zweistufigen Ansatz:

1. **Review technischer Konzepte und Integrations schemata:** Zentrale Fragen waren, wie dezentrale Erzeugung definiert wird, welche Einspeisevarianten (Rücklauf-, Vorlauf- oder Rücklauf/Vorlauf-Einspeisung) möglich sind, und welche Auswirkungen unterschiedliche Steuerungs- und Regelungsstrategien auf Netzbetrieb und Stabilität haben.
2. **Sammlung und Analyse von Fallstudien:** Insgesamt wurden **elf internationale Fallstudien** dokumentiert, die von Machbarkeitsanalysen über Pilotprojekte bis hin zu Anlagen im Betrieb reichten. Eine **Navigationsmatrix** wurde erstellt, um die Projekte nach Energieträger, Temperaturbereich, Projektstatus und untersuchten Aspekten zu vergleichen.

Die Fallstudien wurden vom **Politecnico di Milano** (Subtask-Leitung) ausgewertet und in einer **Supplementary Study** detailliert publiziert (Spirito et al., 2024). Das Guidebook fasst die wichtigsten Ergebnisse zusammen und leitet daraus Empfehlungen für Planung und Betrieb ab

5.3.1 Ergebnisse der Fallstudien

Die im Rahmen von AP5 dokumentierten **elf Fallstudien** decken ein breites Feld von Technologien, Größenordnungen und Projektstadien ab und liefern damit ein umfassendes Bild davon, wie **dezentrale Einspeisungen** in der Praxis aussehen können. Von Pilotprojekten über Demonstrationsanlagen bis hin zu langjährig betriebenen Installationen wurden unterschiedliche Reifegrade abgebildet, wodurch sowohl technische Detailfragen als auch übergeordnete Systemfragen beleuchtet werden konnten.

Ein zentrales Motiv, das sich durch alle Fallstudien zieht, ist die **Nutzung standortgebundener erneuerbarer Energiequellen**. Viele dieser Quellen – wie Abwärme aus Industrieprozessen, Rechenzentren oder Kläranlagen – können nicht über weite Distanzen transportiert werden und stehen ausschließlich lokal zur Verfügung. Damit ergibt sich fast zwangsläufig die Notwendigkeit einer dezentralen Integration. Gleiches gilt für Solarthermieanlagen, die in urbanen Räumen häufig in mittelgroßen Dimensionen umgesetzt werden, sowie für kleinere geothermische Erschließungen.

Die Fallstudien zeigen sehr deutlich, dass **dezentrale Projekte stets stark von den lokalen Rahmenbedingungen geprägt** sind. Während in einigen Städten der Netzbetreiber:innen selbst als Initiator auftritt, sind es in anderen Fällen private Investor:innen oder kommunale Unternehmen, die als Prosumer:innen in das Netz einspeisen. Diese Vielfalt verdeutlicht, dass es kein einheitliches Geschäftsmodell für die dezentrale Integration gibt, sondern dass die **institutionellen und rechtlichen Rahmenbedingungen** die Wahl der Struktur maßgeblich beeinflussen.

Besonders interessant sind Projekte, die dezentrale Einspeisungen mit **innovativen Konzepten der Netzführung** verbinden. Das Projekt **ZellFlex** etwa verfolgt den Ansatz, Wärmenetze in zelluläre Einheiten zu gliedern, die jeweils durch eigene Quellen und Speicher gestützt werden. Diese Zellen können untereinander gekoppelt und bei Bedarf entlastet werden, was zu einer deutlich höheren Resilienz des Gesamtsystems führt. Ein weiteres Beispiel ist das Projekt **ThermaFLEX**, bei dem die bidirektionale Kopplung mehrerer Netze getestet wurde. Hierbei können nicht nur zusätzliche Quellen integriert, sondern auch Lasten zwischen Netzen verschoben werden, was die Flexibilität erheblich steigert.

Die in den Fallstudien dokumentierten **technischen Ergebnisse** liefern wertvolle Einblicke: So zeigte sich, dass in Netzen mit dezentraler Solarthermie die Rücklauftemperaturen nicht nur sinken, sondern teilweise auch unerwartet hoch bleiben können, wenn der Netzbetrieb nicht exakt abgestimmt ist. In Projekten mit Rechenzentrumsabwärme wurde deutlich, dass die Einspeisung bei relativ stabilen Temperaturen erfolgt, gleichzeitig jedoch eine hohe Betriebssicherheit des Netzes erfordert, da Schwankungen oder Ausfälle sofort spürbare Auswirkungen auf die Versorgung haben.

Die Navigationsmatrix (Tabelle 1) verdeutlicht schließlich, dass die Mehrheit der Projekte weiterhin im **Hochtemperaturbereich (70–120 °C)** realisiert wird, da die bestehenden Netze vielfach noch auf diese Temperaturen ausgelegt sind. Low-Temperature-Konzepte nach dem Vorbild der vierten Generation sind bislang eher Pilotprojekte. Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Fallstudien weniger eine Blaupause als vielmehr eine **Sammlung von realen Erfahrungen** darstellen, aus denen sich konkrete Handlungsoptionen und „Do’s and Don’ts“ ableiten lassen.

Tabelle 1: Navigationsmatrix (Lund et al., 2014)

Contents and characteristics		Case studies										
		1. Merezzate	2. Data centre Copenhagen	3. ZellFlex	4. Data centre TU Darmstad	5. Solstand	6. SWD.SOL II	7. Lodi solar prosumers	8. EnWiSol	9. Lerum	10. Ystad	11. Therma FLEX
Energy source	Solar thermal	X				X	X	X	X	X		
	Waste heat / HP		X		X							X
	Biomass											X
DH temperature (*)	High T	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
	Low T	X	X		X							
Project stage	Feasibility	X	X	X								
	Design / simulation	X	X	X	X	X	X					
	Operation / management				X	X	X	X	X	X	X	X
IT tool	Python			X					X			
	Trnsys	X					X	X				
	energyPRO		X									
	DELPHI					X						
Integrational aspects	Prosumers	X						X	X			
	RR feed in	X			X			X			X	
	RS feed in					X	X	x		X	X	
	Storage		X		X				X			X
	Components sizing		X			X	X					
Position of decentral RES	Given position		X			X	X	X	X	X	X	X
	Location to be chosen			X	X							
Technical investigation	Thermal aspects	X	X	X	X	X	X	X	X			X
	Hydraulics		X	X		X	X	X	X	X	X	
Operation and management	Monitoring	X			X	X	X	X				X
	Fault detection	X			X							
	Control optimization				X	X	X	X	X	X	X	X
	Experimental set up					X	X					
Non-technical aspects			X				X	X				

(*) 70°C supply limit to define the temperature level as for the definition of 4GDH in H. Lund et al. (Lund et al. 2014)

5.3.2 Zentrale technische Erkenntnisse

Die technische Analyse der dezentralen Integration zeigte, dass die Grundidee zwar naheliegend und ökologisch überzeugend ist, die Umsetzung jedoch erhebliche **Komplexität im Netzbetrieb** mit sich bringt.

Ein besonders heikler Punkt ist die **Hydraulik**. Viele Netze sind historisch gewachsen und nicht für Einspeisungen an beliebigen Punkten konzipiert. Wird etwa Solarthermie im Rücklauf eingespeist, so kann es durch hohe Rücklauftemperaturen zu Wirkungsgradverlusten bei Wärmepumpen oder sogar zur Beeinträchtigung des Gesamtsystems kommen. Dies zeigt, dass die hydraulische Einbindung sorgfältig geplant und durch geeignete Regelungstechnik abgesichert werden muss.

Darüber hinaus ist die **Druckregelung** ein zentrales Thema. Dezentrale Einspeisungen verfügen häufig über eigene Pumpen, die mit dem zentralen System interagieren. Wenn diese Pumpen nicht aufeinander abgestimmt sind, kann es zu Druckschwankungen, Rückflüssen oder sogar zu Netzinstabilitäten kommen. Daher wird in fast allen Projekten die Notwendigkeit betont, zusätzliche **Sensorik und Monitoring-Systeme** einzusetzen.

Ein weiterer technischer Befund betrifft die **Steuerungsstrategien**. Klassische, rein temperaturgeführte Regelungen stoßen hier an ihre Grenzen. Stattdessen wurden in mehreren Projekten **modellprädiktive Steuerungen (MPC)** eingeführt, die auf Basis von Prognosen für Wetter, Last und Erzeugung optimierte Fahrpläne berechnen. Diese Ansätze ermöglichen es, fluktuierende Quellen besser einzubinden, sind jedoch mit einem erhöhten Aufwand für Datenmanagement und IT-Infrastruktur verbunden.

Die Fallstudien belegen auch, dass die **Verfügbarkeit verlässlicher Daten** ein entscheidender Erfolgsfaktor ist. Während in Projekten mit detailliertem Monitoring die Integration relativ reibungslos verlief, mussten in anderen Fällen Annahmen getroffen werden, die zu Fehleinschätzungen führten. Die Empfehlung lautet daher, Messinfrastruktur von Beginn an mitzudenken und als festen Bestandteil der Investition zu begreifen.

Insgesamt lässt sich festhalten: Dezentrale Integration ist **technisch möglich und vielfach erfolgreich erprobt**, verlangt aber ein wesentlich höheres Maß an planerischer und betrieblicher Kompetenz als zentrale Lösungen (IEA DHC (ed.), 2021; Lund et al., 2014; Spirito et al., 2024).

5.3.3 Nicht-technische Aspekte

Neben den technischen Fragestellungen offenbarten die Fallstudien eine Vielzahl **nicht-technischer Herausforderungen**, die oft mindestens ebenso schwer wiegen.

Ein zentrales Hindernis sind die **Genehmigungsprozesse**, die von Land zu Land stark variieren. In einigen Fällen dauerten die Verfahren für vergleichsweise kleine Anlagen mehrere Jahre, da unklare Zuständigkeiten und widersprüchliche Regelungen zu Verzögerungen führten. Diese Hürden verdeutlichen die Notwendigkeit klarer, standardisierter Prozesse und eines einheitlichen regulatorischen Rahmens.

Auch die **Eigentums- und Geschäftsmodelle** spielten eine entscheidende Rolle. Wenn Netz und Einspeiseanlage unterschiedlichen Akteuren gehören, muss ein klarer Vertrag über Rechte und Pflichten abgeschlossen werden. Dies betrifft nicht nur die technischen Fragen des Betriebs, sondern auch Tarife, Vergütungsmodelle und Verantwortlichkeiten bei Störungen. In vielen Ländern fehlt bislang eine etablierte Praxis für solche Kooperationsmodelle, was dazu führt, dass Projekte oft aufwendig individuell ausgehandelt werden müssen.

Ein wiederkehrendes Muster ist, dass **Netzbetreiber dezentrale Einspeisungen mit Skepsis betrachten**. Sie bevorzugen zentrale Lösungen, weil diese leichter zu kontrollieren sind und weniger Schnittstellen erfordern. Dezentrale Ansätze erfordern hingegen Offenheit, Kooperationsbereitschaft und Vertrauen – Eigenschaften, die in einem stark regulierten Energiesektor nicht selbstverständlich sind. Die Fallstudien zeigten, dass Projekte dort erfolgreicher waren, wo ein Klima gegenseitigen Vertrauens und eine faire Aufteilung der Risiken etabliert werden konnten.

Ökonomisch gesehen erweisen sich dezentrale Lösungen bislang als **vergleichsweise teuer**. Dies liegt an der oft maßgeschneiderten Auslegung der Anlagen, fehlender Standardisierung und höheren Transaktionskosten für Vertragsgestaltung und Monitoring. Einige Fallstudien deuten jedoch darauf hin, dass **Standardisierung und modulare Bauweisen** diese Kosten künftig deutlich senken könnten. Besonders bei Übergabestationen, Wärmepumpenmodulen und Steuerungseinheiten besteht großes Potenzial für Serienfertigung und Kostendegression.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die nicht-technischen Faktoren keineswegs „weiche“ Randbedingungen sind, sondern über den Erfolg oder Misserfolg eines Projektes entscheiden können. Sie müssen daher ebenso konsequent adressiert werden wie technische Fragen.

5.3.4 Lessons Learnt und Empfehlungen

Die gewonnenen Erkenntnisse lassen sich in mehreren Punkten zusammenführen.

Erstens ist klar, dass **dezentrale Integration unverzichtbar** ist, um alle verfügbaren erneuerbaren Potenziale zu erschließen. In vielen Städten und Regionen stehen zentrale Flächen oder Ressourcen schlicht nicht zur Verfügung, sodass lokale Quellen wie Abwärme oder mittelgroße Solarthermieanlagen die einzige Möglichkeit darstellen, den Anteil erneuerbarer Energien im Netz deutlich zu steigern.

Zweitens hat sich gezeigt, dass **frühe Kooperationen und klare Rollenverteilungen** entscheidend sind. Projekte, die von Beginn an alle relevanten Akteur:innen – Netzbetreiber:innen, Anlagenbesitzer:innen, Kommunen – einbezogen haben, verliefen deutlich reibungsloser. Hier zahlt sich eine transparente Kommunikation ebenso aus wie ein **offener Umgang mit Risiken und Unsicherheiten**.

Drittens wird die Bedeutung von **digitalen Werkzeugen** betont. Ohne Monitoring, Prognosemodelle und intelligente Steuerungen lassen sich dezentrale Quellen nur schwer stabil integrieren. Besonders prädiktive Ansätze ermöglichen es, Schwankungen auszugleichen und die Netze effizient zu betreiben.

Viertens zeigt sich ein deutlicher Bedarf an **regulatorischer Unterstützung**. Politische Rahmenbedingungen müssen so gestaltet sein, dass sie Kooperationen zwischen Netzbetreiber:innen und externen Akteure:innen fördern, anstatt sie durch Bürokratie zu behindern. Dies betrifft sowohl Genehmigungsprozesse als auch die Ausgestaltung von Förderprogrammen.

Schließlich ist eine **Standardisierung technischer Komponenten** dringend erforderlich. Nur wenn Übergabestationen, Steuerungseinheiten und Monitoring-Tools in größerem Maßstab standardisiert werden, können die Kosten für dezentrale Integration gesenkt und Projekte skaliert werden.

Diese Empfehlungen machen deutlich, dass AP5 weit über die rein technische Ebene hinausweist. Die Transformation von FWK-Systemen zu hohen EE-Anteilen wird nur gelingen, wenn **technische Innovationen, ökonomische Anreize und institutionelle Rahmenbedingungen** gemeinsam weiterentwickelt werden.

5.3.5 Internationale und nationale Wirkung

International konnte AP5 eine **erste systematische Wissensbasis** zu dezentralen Einspeisungen schaffen. Durch die Sammlung und Vergleichbarkeit von Fallstudien steht nun ein Katalog praktischer Erfahrungen zur Verfügung, der künftigen Projekten als Orientierung dient. Dies gilt nicht nur für technische Konzepte, sondern auch für nicht-technische Erfolgsfaktoren.

Für Österreich ist die Thematik hochrelevant: Viele österreichische Städte verfügen über mittelgroße Netze, die prädestiniert für **dezentrale Abwärmenutzung** und **Solarthermieintegration** sind. AEE INTEC und BEST konnten ihr Know-how in die internationalen Arbeiten einbringen, u. a. durch Beiträge zum Projekt **ThermaFLEX**, das bidirektionale Netzstrukturen und Prosumer-Konzepte untersucht. Die Ergebnisse fließen direkt in nationale Diskurse wie die **kommunale Wärmeplanung** und die **BEW-Förderung** ein.

Damit leistet AP5 einen wichtigen Beitrag zur **praktischen Umsetzung der Wärmewende** – sowohl international durch die Bereitstellung einer Erfahrungsbasis als auch national, indem Österreich seine Rolle als Innovator für dezentrale Energiekonzepte weiter ausbauen konnte.

5.4 Arbeitspaket 6 – Nicht-technische Rahmenbedingungen

Während die Arbeitspaket 3–5 technische Grundlagen, Methoden und Fallstudien für die Integration erneuerbarer Energien in FWK-Systeme bereitstellten, richtete Arbeitspaket 6 (Subtask D international) den Blick auf die **nicht-technischen Rahmenbedingungen**. Im Mittelpunkt standen Fragen des **rechtlich-regulatorischen Umfelds, der Förder- und Finanzierungsinstrumente, der Genehmigungsprozesse sowie der Stakeholder-Beteiligung**.

Das zentrale Ziel war, die **entscheidenden politischen, institutionellen und gesellschaftlichen Erfolgsfaktoren** herauszuarbeiten, die für eine beschleunigte Dekarbonisierung unverzichtbar sind. Denn auch wenn Technologien verfügbar sind, können fehlende Planungssicherheit, lange Genehmigungsverfahren oder mangelnde Akzeptanz den Fortschritt erheblich verlangsamen.

Methodik – Die Arbeiten in AP6 stützten sich auf drei methodische Säulen:

1. **Literatur- und Politik-Review:** Analyse von Energie- und Klimastrategien in den Partnerländern, Untersuchung regulatorischer Rahmenbedingungen sowie bestehender Fördermechanismen.
2. **Vergleichende Analyse von Unterstützungsmaßnahmen:** Darstellung von Best Practices für Finanzierung, Anreizsysteme und Capacity Building, ergänzt um die Rolle von Energieattribut-Zertifikaten (EAC).
3. **Stakeholder-Analysen:** Vertiefung im **Appendix B im international Guidebook** (Denarié et al., 2025), u. a. Leitfaden zur Einbindung von Stakeholdern, identifizierte Hindernisse und Empfehlungen für Politik, Betreiber:innen und Kommunen

5.4.1 Ergebnisse – Regulatorischer Rahmen

Die Untersuchung des regulatorischen Umfelds machte deutlich, dass die Transformation von FWK-Systemen nicht allein von technologischen Innovationen abhängt, sondern maßgeblich durch **politische Rahmenbedingungen und rechtliche Vorgaben** bestimmt wird. AP6 zeigt klar: Selbst wenn Technologien einsatzbereit und wirtschaftlich konkurrenzfähig sind, kann ein unzureichender regulatorischer Rahmen ihre Umsetzung erheblich verzögern oder verhindern.

Ein zentrales Problem ist die **mangelnde Kohärenz zwischen politischen Ebenen**. Nationale Klimaziele, wie sie etwa in EU-Mitgliedsstaaten mit Blick auf den „Fit for 55“-Plan oder die RED III (Renewable Energy Directive) formuliert werden, sind oft ambitioniert. Doch auf regionaler oder lokaler Ebene fehlen vielfach die Instrumente, finanziellen Mittel oder klaren Zuständigkeiten, um diese

Vorgaben tatsächlich umzusetzen. In der Praxis führt dies dazu, dass **nationale Ambitionen ins Leere laufen**, weil sie nicht in lokale Wärmepläne oder konkrete Investitionsentscheidungen übersetzt werden. Das Guidebook empfiehlt daher **verbindliche Planungspflichten** sowie eine **stärkere Verzahnung zwischen nationaler und kommunaler Ebene**, um Strategien in wirksame Maßnahmen zu überführen.

Ein weiteres zentrales Hemmnis liegt in der **Unsicherheit der Gesetzgebung**. In einigen Ländern ändern sich Fördermechanismen oder regulatorische Vorgaben im Rhythmus politischer Mehrheiten. Für Investitionen mit Laufzeiten von 20 bis 40 Jahren stellt dies ein erhebliches Risiko dar. Netzbetreiber:innen und Investor:innen benötigen jedoch stabile Rahmenbedingungen, die **Planungssicherheit und Verlässlichkeit** garantieren. Ohne diese Stabilität sind viele Projekte nicht finanzierbar, selbst wenn sie ökologisch sinnvoll wären.

Hervorgehoben wurde auch die Rolle europäischer und internationaler Regelwerke. Die jüngste **Energy Performance of Buildings Directive (EPBD, 2024/1275)** etwa legt für Neubauten einen schrittweisen Ausstieg aus fossilen Heizungen bis 2040 fest. Damit wird der Druck auf die Fernwärme- und Fernkältebranche deutlich erhöht, ihre Systeme rechtzeitig zu transformieren. Gleichzeitig eröffnet sich ein neues Instrumentarium durch **Energieattribut-Zertifikate (EACs)**, mit denen nachgewiesen werden kann, ob eingespeiste Wärme erneuerbaren Ursprungs ist. Diese Zertifikate könnten in Zukunft eine ähnliche Rolle spielen wie Herkunftsnachweise im Strommarkt und damit zu einem wichtigen Steuerungsinstrument für Investitionen werden.

Die Transformation gelingt nur, wenn die **wirtschaftlichen Rahmenbedingungen fair gestaltet** sind. Heute profitieren fossile Energien in vielen Ländern indirekt durch fehlende Internalisierung externer Kosten. Erst wenn CO₂-Bepreisung, Umweltabgaben oder andere Mechanismen eingeführt und konsequent umgesetzt werden, entsteht ein „Level Playing Field“, das erneuerbare Fernwärme konkurrenzfähig macht.

5.4.2 Ergebnisse – Unterstützende Maßnahmen

Neben den regulatorischen Fragen untersuchte AP6 eine Vielzahl **unterstützender Maßnahmen**, die entscheidend sind, um die Transformation in der Praxis zu beschleunigen. Ein durchgängiges Ergebnis lautet: Transformation gelingt nur, wenn Technik und Regulierung durch ein **ganzes Bündel an flankierenden Instrumenten** ergänzt werden.

Eine Schlüsselrolle spielt die **Einbindung von Stakeholdern**. Frühzeitige Beteiligung sorgt nicht nur für Akzeptanz, sondern auch für eine qualitativ bessere Planung. Die Erfahrung zeigt: Je eher betroffene Gruppen – etwa Wohnungsunternehmen, Industriepartner oder zivilgesellschaftliche Organisationen – in die Entwicklung von Transformationspfaden eingebunden werden, desto weniger Widerstände treten später auf. Diese Beteiligung darf sich nicht auf formale Konsultationen beschränken, sondern muss als **aktiver Dialog** verstanden werden, in dem auch schwächere Akteure eine Stimme erhalten.

Ein zweiter zentraler Punkt ist der Aufbau von **Kapazitäten und Kompetenzen (Capacity Building)**. In vielen Ländern fehlt es an gut ausgebildeten Fachkräften, die in der Lage sind, komplexe Integrationsprojekte zu planen und umzusetzen. Trainingsprogramme für Ingenieur:innen, kommunale Energieplaner:innen und politische Entscheidungsträger:innen sind daher ein entscheidendes Element, um die Transformation zu ermöglichen. Beispiele aus Skandinavien zeigen, dass systematische Ausbildungsprogramme für FWK-Expert:innen maßgeblich zum Erfolg beigetragen haben.

Auch **Finanzierungsinstrumente** gehören zu den entscheidenden Stellschrauben. Viele Transformationsprojekte scheitern nicht an der technischen Machbarkeit, sondern an der Finanzierung. Öffentliche-Private-Partnerschaften, Green Bonds, Contracting-Modelle oder niedrig verzinsten Darlehen können helfen, die hohen Anfangsinvestitionen abzufedern. Gleichzeitig wird darauf hingewiesen, dass Förderprogramme so ausgestaltet werden müssen, dass sie nicht nur Pilotprojekte ermöglichen, sondern auch den **breiten Roll-out** unterstützen.

Von großer Bedeutung sind zudem **Daten und Transparenz**. Nur wenn Energieverbrauch, Emissionen und Kosten systematisch erfasst und zugänglich gemacht werden, können fundierte Planungsentscheidungen getroffen werden. Das Guidebook verweist hier auf positive Beispiele wie die nationalen Preis- und Kostentransparenzportale in Österreich (*waermepreise.at*, (BMWET and Austrian Energy Agency, 2025)) und Deutschland (*waermepreise.info*, (AGFW et al., 2025)), die Vergleichbarkeit schaffen und Vertrauen in den Markt stärken.

Schließlich hebt das Projekt die Bedeutung von **Öffentlichkeitsarbeit und Bewusstseinsbildung** hervor. Bürger:innen müssen die Transformation nicht nur verstehen, sondern auch aktiv unterstützen. Ohne Akzeptanz lassen sich die notwendigen Investitionen und Bauarbeiten nicht umsetzen. Öffentlichkeitsarbeit sollte deshalb nicht als nachgelagerte Informationskampagne verstanden werden, sondern als **integraler Bestandteil** jedes Transformationsprozesses.

5.4.3 Ergebnisse – Stakeholder-Beteiligung

Ein besonders wichtiger Teil von AP6 war die **Rolle der Stakeholder-Beteiligung**, die in Appendix B noch einmal vertieft analysiert wurde (Denarié et al., 2025). Hier wird deutlich: Dekarbonisierung von DHC ist kein rein technisches Projekt, sondern ein **sozialer und politischer Aushandlungsprozess**, in dem die Interessen zahlreicher Akteur:innen berücksichtigt werden müssen.

Stakeholder sind vielfältig: von Ministerien und Regulierungsbehörden über kommunale Verwaltungen und Netzbetreiber:innen bis hin zu Industrie, NGOs, Forschungseinrichtungen und nicht zuletzt den Endkund:innen. Jeder dieser Akteur:innen bringt eigene Interessen, Ressourcen und Machtpositionen ein. Erfolgreiche Transformationsprozesse sind dadurch gekennzeichnet, dass sie **diese Vielfalt aktiv managen** und Mechanismen schaffen, die eine faire Beteiligung ermöglichen.

Die Vorteile einer breiten Einbindung liegen auf der Hand: Projekte profitieren von einer besseren Informationsbasis, da lokale Akteure oft über spezifisches Wissen verfügen, das für Planungsprozesse entscheidend ist. Zudem steigt die **Akzeptanz in der Bevölkerung**, wenn klar wird, dass Entscheidungen nicht „über die Köpfe hinweg“ getroffen werden. Schließlich kann eine konstruktive Einbindung auch den **Umsetzungsprozess beschleunigen**, weil Konflikte frühzeitig erkannt und gelöst werden.

Gleichzeitig birgt Stakeholder-Beteiligung auch Risiken. In manchen Prozessen können laute Minderheiten den Diskurs dominieren und Entscheidungen blockieren. In anderen Fällen führt die Einbindung einer Vielzahl von Akteur:innen zu **bürokratischen Verzögerungen** und macht Verfahren schwerfällig. Besonders kritisch ist die Gefahr, dass **schwache Akteur:innen** – etwa Mieter:innen ohne institutionelle Vertretung – übersehen werden und ihre Interessen nicht angemessen berücksichtigt werden.

Das Guidebook empfiehlt deshalb, die Stakeholder-Beteiligung systematisch zu gestalten. Sie sollte frühzeitig beginnen, durch klare Verfahren strukturiert werden und sicherstellen, dass alle relevanten Gruppen repräsentiert sind. Transparente Kommunikationsstrategien sind hierbei zentral, um Vertrauen aufzubauen. Wichtig ist auch, dass Beteiligung nicht unverbindlich bleibt, sondern **politisch verpflichtend verankert** wird – etwa in Form verbindlicher Vorgaben für kommunale Wärmepläne oder nationale Transformationsstrategien.

Die Untersuchung macht zudem deutlich, dass Stakeholder-Beteiligung nicht nur ein Mittel zur Konfliktlösung ist, sondern ein **eigenständiger Erfolgsfaktor** für die Transformation. Länder und Regionen, die frühzeitig auf inklusive Beteiligungsprozesse gesetzt haben, konnten ihre Projekte schneller und effizienter umsetzen als jene, die Stakeholder nur am Rande einbezogen.

5.4.4 Internationale und nationale Wirkung

International hat AP6/Subtask D dazu beigetragen, dass **nicht-technische Faktoren** stärker in den Mittelpunkt der Diskussion um FWK-Dekarbonisierung gerückt sind. Besonders die Verbindung von **nationalen Strategien, klaren Zielen und Fördermechanismen mit lokaler Umsetzung und Akzeptanzmanagement** wurde als entscheidend herausgestellt.

Für Österreich sind die Ergebnisse von hoher Relevanz. Das Land konnte seine Erfahrungen mit **kommunaler Wärmeplanung und Fördermechanismen wie BEW** (Bundesförderung für effiziente Wärmenetze; Deutsches Fernwärme-Förderprogramm) in die internationale Diskussion einbringen und zugleich von Best Practices anderer Länder profitieren. Besonders wertvoll war der Austausch zu **Transparenzmaßnahmen** (z. B. Preisportale), die inzwischen auch national etabliert sind.

Damit leistet Arbeitspaket 6/Subtask D einen Beitrag dazu, dass die in Arbeitspaket 3–5/Subtasks A–C identifizierten technischen Lösungen in der Praxis **tatsächlich umgesetzt** werden können.

Ohne supportive Rahmenbedingungen, Akzeptanz und klare Governance-Strukturen bleibt die technische Machbarkeit Theorie.

6 Vernetzung und Ergebnistransfer

6.1 Zielgruppen und Einbindung ins Projekt

Das Projekt adressierte vier Hauptzielgruppen:

- (i) FWK-Betreiber:innen und Stadtwerke
- (ii) Kommunen und Behörden (insb. Wärmeplanung, Genehmigungen)
- (iii) Politik/Regulierer (nationale Strategien, Förderdesign) sowie
- (iv) Forschung & Industriepartner:innen (Technologieanbieter, Planungs-/Softwarehäuser).

Diese Gruppen wurden **operativ** über AP3–AP6 eingebunden (z. B. durch Datenaustausch, Fallstudien, Review von Methoden/Leitfäden) und **strategisch** über Workshops, Webinare und Peer-Review der Kapitel sowie der ergänzenden Berichte. Das Guidebook verankert diese Rollen klar in seiner Zielsetzung (Praxisfokus, direkte Anwendbarkeit) und verweist auf eine zentrale **Publikations- und Download-Plattform** mit den Supplementary Reports als Vertiefungen – ein Kernbaustein des Ergebnistransfers in Richtung der benannten Stakeholdergruppen.

Inhaltlich spiegeln die Arbeitspakete die Zielgruppenansprache: **AP4** richtet sich stark an Betreiber:innen und Kommunen (Transformationspläne, Governance, Instrumente), **AP5** an Betreiber:innen/Planer:innen (dezentrale Integration, Betriebs- und Regelungskonzepte), **AP6** an Politik/Verwaltung (Rahmen, unterstützende Maßnahmen, Stakeholder-Guides), während **AP3** die technische und methodische Basis für alle liefert.

6.2 Veranstaltungen, Vorträge, Webinare und Präsentationen des TS5

1. **Special Session “Key insights on planning and implementing DHC transformation processes. Lessons learnt from case studies”** im Rahmen des 19th International DHC Symposium on DHC, 07.–10. September 2025, Genk, Belgien.
Programm: [The 19th International Symposium on District Heating and Cooling - EnergyVille/VITO](#)
2. **Webinare “Boosting the Efficiency of Solar Thermal District Heating with Digitalization, Advanced Control and Open Data”** vom 19./21.11.2024 im Rahmen der *IEA SHC Solar Academy*:
Link: <https://www.iea-shc.org/solar-academy/webinar/Solar-Thermal-District-Heating>
Über 180 Teilnehmer:innen
Fokus: Digitalisierung solarer Fernwärme (Monitoring, Regelung, Open Data)
3. Im Rahmen des **Relaunch-Kickoffs zu HWG 100% RE Cities von RHC ETIP** am 28. Mai 2025 (<https://www.rhc-platform.org/about-us/structure/horizontal-working-groups/100-re-cities/>)

wurden Inhalte zu thermischen Netzen (aus dem TS5) mit besonderem Fokus auf zukünftige Kühlaufgaben (u.a. Kopplung mit Eisspeicher) eingebracht. Ziel ist die Nutzung von Querverbindungen und Synergien zwischen TS5-Ergebnissen.

4. **Eröffnungspräsentation „Transformationspläne für Wärmenetze“** im Rahmen der *QM Heizwerke Fachtagung*, 25.06.2024, Wien.
Link: <https://www.aee-intec-events.at/archiv-qm-fachtagung.html>
5. **Special Session in „IEA DHC Annex TS5 – Integration of Renewable Energy Sources into Existing District Heating and Cooling Systems“** über **„Transformation of large district heating and cooling systems to higher shares of renewable energy sources“** im Rahmen der *Smart Energy Systems Conference 2024*, 10.–11. September 2024, Aalborg, Dänemark.
Programm: [SES Programme 2024 AALBORG 09-09-24.pdf](#)
6. **Posterpräsentation „TRANSFORMATION OF LARGE DISTRICT HEATING AND COOLING SYSTEMS TO HIGHER SHARES OF RENEWABLE ENERGY SOURCES“**, 10.–11. April 2024, im Rahmen der *ISEC 2024* (International Sustainable Energy Conference) in Graz
Link: [ISEC Konferenz 2024 Programm](#)
7. **Konferenzvortrag und Proceedings-Paper „Predictive Rule-Based Control Strategy for Optimizing the Operation of Solar District Heating Plants“** während der *EuroSun2024* am 03.03.2024 mit Ergebnissen aus dem TS5
Paper: <https://proceedings.ises.org/?mode=list&conference=eurosun2024&doi=10.18086/eurosun.2024.03.03>
<https://proceedings.ises.org/conference/eurosun2024/papers/eurosun2024-0035-Lichtenegger.pdf>

6.3 Publikationen und Veröffentlichungen

- **Alle Berichte und Ergebnisse** sind auf der IEA DHC Projekt-TS5-Website veröffentlicht
Link: <https://www.iea-dhc.org/2019-2024-annex-ts5>
- **IEA DHC TS5 Guidebook for the Integration of Renewable Energy Sources into Existing District Heating and Cooling Systems – Final Report of IEA DHC Annex TS5 (Hauptbericht; AGFW, 2025)**
Synopsis: Umfassender Leitfaden mit Kapiteln zu Technologien, Methoden, Transformation, dezentraler Integration und nicht-technischen Aspekten; frei zugänglich, referenzierbar und als „Anwenderleitfaden“ gedacht.
https://www.iea-dhc.org/fileadmin/documents/Annex_TS5/Final_Draft_Version/Guidebook_TS5.pdf
- **Deliverables Subtask A–C (Supplementary reports)** – vertiefte Methoden, Fallstudien und Analysen. Diese Berichte sind **explizit** auf der Annex-TS5-Seite verlinkt und dienen als technische/administrative Arbeitshilfen für die Zielgruppen.
 - **Subtask A – State-of-the-art Country Reports:** https://www.iea-dhc.org/fileadmin/documents/Annex_TS5/Final_Draft_Version/IEADHCAnnexTS5_StateOfTheArtCountryReports.pdf

- **Subtask A – Technology and Application Factsheets:** https://www.iea-dhc.org/fileadmin/documents/Annex_TS5/Final_Draft_Version/IEADHCAAnnexTS5_TechnologyApplicationsFactsheets.zip
- **Subtask A – Methodologies for RES Potential Assessments in existing DHC:** https://www.iea-dhc.org/fileadmin/documents/Annex_TS5/Final_Draft_Version/IEADHCAAnnexTS5_MethodologiesRESPotentialAssessment.pdf
- **Subtask B – Case Studies on Transformation of Large DHC Systems to Higher Shares of RES:** https://www.iea-dhc.org/fileadmin/documents/Annex_TS5/Final_Draft_Version/Case_Studies_on_Transformation_of_Large_DHC_Systems_to_Higher_Shares_of_RES.zip
- **Subtask B – Planning and Simulation Tools: State-of-the-Art and Best Practices:** https://www.iea-dhc.org/fileadmin/documents/Annex_TS5/Final_Draft_Version/Planning_and_Simulation_Tools_State-of-the-Art_and_Best_Practices.pdf
- **Subtask B – Bottlenecks, Challenges and Solutions in Transformation Processes:** https://www.iea-dhc.org/fileadmin/documents/Annex_TS5/Final_Draft_Version/Bottlenecks_Challenges_and_Solutions_in_Transformation_Processes.pdf
- **Subtask C - Case Studies of Decentral Integration of Renewables in District Heating and Cooling Systems:** https://www.iea-dhc.org/fileadmin/documents/Annex_TS5/Final_Draft_Version/IEADHCAAnnexTS5_DecentralRES-CaseStudies.pdf
- **Spezielle Anhänge/Guides** – etwa **Appendix A** zu **Energy Attribute Certificates (EACs)** als Instrument für Marktzugang/Verifizierung/Transparenz (relevant für Politik, Behörden, Versorger) und **Appendix B** als kompakter **Stakeholder-Leitfaden** für Politik, Betreiber und Planer. Ebenso werden Verknüpfungen zu EU-Rahmen (z. B. EPBD/RED) hergestellt, um die rechtlich-regulative Anschlussfähigkeit zu sichern.
- **LinkedIn-Kommunikation:** mehrere Posts und Diskussionsbeiträge durch österreichische Projektpartner (u.a. Ingo Leusbrock):
 - **Ankündigung des finalen internationalen TS5-Guidbooks** durch AEE – Institut für Nachhaltige Technologien im Sommer 2025
https://www.linkedin.com/posts/aee-intec_annex-ts5-integration-of-renewable-energy-activity-7365759985818988549-q_Rd/?utm_source=share&utm_medium=member_desktop&rcm=ACoAAB81n3IBsC1cu4fuQyZpd4OHFIXN4QsH0A0
 - **Posterpräsentation** bei **ISEC 2024** durch Ingo Leusbrock im April 2024
<https://www.linkedin.com/pulse/how-transform-district-heating-cooling-systems-ingo-leusbrock-bnfcf/?trackingId=lmIPklzPSf6x4Yc7%2BKBUeg%3D%3D>
- Konferenzvortrag und Proceedings-Paper „Predictive Rule-Based Control Strategy for Optimizing the Operation of Solar District Heating Plants“ während der *EuroSun2024* am 03.03.2024 mit Ergebnissen aus dem TS5

Paper: <https://proceedings.ises.org/?mode=list&conference=euro-sun2024&doi=10.18086/eurosun.2024.03.03>
<https://proceedings.ises.org/conference/eurosun2024/papers/eurosun2024-0035-Lichtenegger.pdf>

6.4 Relevanz und Nutzen der Ergebnisse – national und international

International stärkt TS5 den Wissensstand zu **Technologien, Transformationspfaden und dezentralen Integrationsmustern**; es liefert einen **standardisierten Bezugsrahmen** (Guidelines, Bewertungsmatrizen, Steckbrief-Formate), der in unterschiedlichen Ländern – von skandinavischen Vorreitern bis zu mitteleuropäischen Bestandsnetzen – **übertragbar** ist. Die **Guidelines (ST B)** werden als Planungsraster und „Common Language“ für Betreiber und Kommunen referenziert; **ST C** baut eine systematische Erfahrungsbasis für dezentrale Einspeisung auf; **ST D** bündelt politische/administrative Hebel (Planungspflichten, Förderdesign, EAC, Stakeholder-Prozesse).

National (Österreich) werden die Ergebnisse über **Best-Practice-Übertragungen** (z. B. Transformationsmodule für große und mittelgroße Netze), **Werkzeug- und Methodensets** (GIS, Potenzialbewertung, Monitoring/Regelung für dezentrale Einspeisungen) sowie **Governance-Empfehlungen** nutzbar gemacht. Relevanz zeigt sich in:

- **Kommunale Wärmeplanung:** Anschlussfähigkeit der TS5-Module, Klarstellung der Rollen (Betreiber-Plan vs. kommunaler Plan) und Datenanforderungen.
- **Förder-/Regel-Weiterentwicklung:** Hinweise zu **Genehmigung, Finanzierung, Transparenz, EAC-Systemen**; das unterstützt nationale Debatten zu Förderlinien, Standardisierung (Übergabestationen), Reporting/Disclosure.
- **Kapazitätsaufbau:** adressierte Skills bei Betreibern, Kommunen und Planungsbüros; die Supplementary Reports dienen als **Lehr-/Trainingsmaterial**.

7 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

7.1 Fachliche Erkenntnisse und Einschätzungen aus dem Projekt

Die Arbeiten des IEA DHC Annex TS5 haben für das Projektteam eine Fülle an Erkenntnissen gebracht, die sich sowohl auf technischer als auch auf organisatorisch-regulatorischer Ebene bündeln lassen. Sie stellen ein zentrales Ergebnis der internationalen Kooperation dar, weil sie in dieser Dichte und Vergleichbarkeit zuvor nicht verfügbar waren.

Eine erste, grundlegende Erkenntnis ist die **Bestätigung der enormen Bedeutung des Wärme- und Kältesektors** für die Klimaziele. Bereits im einleitenden Teil des Guidebooks wird hervorgehoben, dass über 60 % des weltweiten Wärmebedarfs noch fossil gedeckt werden und dass ohne eine tiefgreifende Dekarbonisierung dieses Sektors die Net Zero-Ziele nicht erreichbar sind. Für das Projektteam war daher von Beginn an klar: TS5 muss **praktische Lösungen liefern**, die über den Stand bisheriger Studien hinausgehen und unmittelbar für Betreiber:innen, Politik und Kommunen nutzbar sind.

Auf technischer Ebene hat sich gezeigt, dass die **notwendigen Technologien zur Dekarbonisierung vorhanden** sind. Großwärmepumpen, Solarthermie im großen Maßstab, tiefe und mitteltiefe Geothermie, Biomasse- und Biogasanlagen, Power-to-Heat-Anwendungen sowie saisonale Wärmespeicher sind etabliert und technisch erprobt. Auch die Nutzung industrieller Abwärme oder von Abwärme aus Rechenzentren und Kläranlagen ist in zahlreichen Projekten erfolgreich umgesetzt. Das Projektteam konnte daher die Hypothese bestätigen, dass die Dekarbonisierung nicht an fehlender Technik scheitert. Vielmehr verschiebt sich der Schwerpunkt in Richtung der Frage, **wie diese Technologien in bestehenden Netzen integriert, kombiniert und betrieben werden können**.

Von zentraler Bedeutung ist hier die **Absenkung der Netztemperaturen**, die bereits in Annex TS2 als Schlüssel für die vierte Generation von FWK-Systemen (4GDH) identifiziert wurde. TS5 konnte diesen Befund durch konkrete Fallstudien untermauern: In Graz, Sønderborg und Vicenza wurde deutlich, dass niedrigere Netztemperaturen nicht nur die Integration erneuerbarer Quellen erleichtern, sondern auch die Effizienz der gesamten Systeme verbessern. Für das Projektteam wurde damit klar, dass Temperaturmanagement nicht ein Randthema ist, sondern den Kern jedes Transformationspfades darstellt.

Darüber hinaus hat TS5 herausgearbeitet, dass die **Transformation nicht linear verläuft**, sondern als **iterativer Prozess** verstanden werden muss. Transformation bedeutet nicht, ein System einmalig umzubauen, sondern schrittweise Anpassungen vorzunehmen, Ziele zu überprüfen, neue Technologien zu integrieren und Roadmaps regelmäßig zu aktualisieren. Der von Arbeitspaket 4/Sub-task B entwickelte modulare Leitfaden (Zielsetzung – Analyse – Pfadwahl – Roadmap) ist Ausdruck dieses Verständnisses. Für das Projektteam war dies ein entscheidendes Learning: **Dekarbonisierung erfordert kontinuierliches Management, keine einmalige Entscheidung.**

Eine weitere zentrale Erkenntnis betrifft die **Bedeutung dezentraler Einspeisungen**. Während zentrale Großanlagen wie Biomassekraftwerke oder Geothermiebohrungen weiterhin tragende Säulen sind, bieten dezentrale Quellen – Abwärme aus Betrieben, Solarthermieanlagen in Quartieren, kleine Wärmepumpen – enorme Chancen für Flexibilität und Resilienz. Arbeitspaket 5/Sub-task C zeigte eindrucksvoll, dass dezentrale Einspeisungen nicht nur technisches Neuland sind, sondern neue Geschäftsmodelle und Betreiberrollen erfordern. Für das Projektteam war dies ein wichtiger Impuls: Die Zukunft von FWK-Systemen liegt nicht ausschließlich in zentralen Großanlagen, sondern in einem **hybriden Systemmix**, der zentrale und dezentrale Elemente intelligent verbindet.

Besonders wertvoll waren auch die Erkenntnisse zu den **nicht-technischen Faktoren**, die im Arbeitspaket 6 systematisch aufbereitet wurden. TS5 hat gezeigt, dass ohne stabile regulatorische Rahmenbedingungen, verlässliche Fördermechanismen und klare politische Zielsetzungen selbst technisch ausgereifte Konzepte ins Stocken geraten. Lange Genehmigungsprozesse, Unsicherheiten bei Förderungen und fehlende Planungspflichten wirken als Bremsklötze. Für das Projektteam wurde deutlich: **Politik, Regulierung und Governance sind mindestens so wichtig wie die Technik selbst.** Diese Einsicht markiert einen Wendepunkt – weg von der rein technologischen Diskussion hin zu einer ganzheitlichen Betrachtung, die institutionelle und gesellschaftliche Dimensionen einschließt.

Darüber hinaus wurde klar, dass die **Einbindung von Stakeholdern** entscheidend für den Erfolg ist. Projekte, die Bürger:innen, Kommunen, Industrie und Versorger frühzeitig einbezogen, konnten Hindernisse besser überwinden, Widerstände abbauen und Akzeptanz sichern. Die in Appendix B des Guidebooks formulierten Empfehlungen zu Stakeholder-Prozessen bestätigen, dass die Dekarbonisierung nicht „top-down“ durchgesetzt werden kann, sondern **ko-kreative Prozesse** erfordert. Für das Projektteam war dies eine wichtige Bestätigung eigener Erfahrungen: **Technische Lösungen entfalten nur Wirkung, wenn sie sozial akzeptiert und politisch getragen werden.**

Ein weiteres Learning betrifft die **internationale Vergleichbarkeit**. Der State-of-the-Art-Review (Teilarbeiten aus AP3) hat gezeigt, dass die Ausgangslagen in den Partnerländern extrem unterschiedlich sind – vom hochentwickelten Fernwärmemarkt in Dänemark und Schweden bis zu kaum vorhandenen Netzen in Südeuropa oder Kanada. Dennoch konnten durch die gemeinsame Metho-

dik (Technologiesteckbriefe, Bewertungsmatrix, Transformationsmodule) **vergleichbare Ergebnisse** erzielt werden. Für das Projektteam war dies ein Beweis dafür, dass **gemeinsame Standards und Methoden** entscheidend sind, um Wissen international nutzbar zu machen.

Ein wichtiges übergreifendes Fazit lautet: **Dekarbonisierung der Wärme erfordert Systemdenken**. Einzelne Technologien, isolierte Projekte oder punktuelle Förderungen reichen nicht aus. Erst durch die Kombination von technischen, ökonomischen, regulatorischen und gesellschaftlichen Maßnahmen entsteht eine Transformationsdynamik, die zu den ambitionierten Klimazielen führt. TS5 hat diesen Zusammenhang deutlich gemacht und Werkzeuge geliefert, um ihn in die Praxis zu übersetzen.

Für das Projektteam bedeutet dies: Annex TS5 war nicht nur ein weiterer Schritt in der Forschung, sondern ein **Meilenstein**, der die Rolle von FWK-Systemen als zentrale Plattform für die Wärmewende bestätigt hat. Die gewonnenen Erkenntnisse geben eine klare Richtung vor: **Die Technik ist bereit, nun müssen Umsetzung, Governance und Akzeptanz folgen**.



Abbildung 6: Überblick relevanter Erkenntnisse im 3-Säulen-System (AEE INTEC/AI)

7.2 Weiterführende nationale und internationale Projekte

Die im Rahmen von Annex TS5 erarbeiteten Ergebnisse sind nicht als Abschluss, sondern als **Startpunkt für weitere Entwicklungen** zu verstehen. Auf internationaler Ebene wird im IEA DHC TCP an Anschlussprojekten gearbeitet, die sich mit der **Integration von Kühlung**, mit **Flexibilitätsoptionen durch Wärmespeicher** sowie mit **digitalen Instrumenten für Netze** befassen. Diese Themen bauen direkt auf den Erkenntnissen aus TS5 auf und führen sie in spezifische Vertiefungsrichtungen weiter.

Besonders relevant ist die geplante Weiterentwicklung der im Arbeitspaket 4/Subtask B erarbeiteten **Transformationsleitfäden**. Hier soll u.a. in künftigen IEA-Arbeiten untersucht werden, wie sich die modularen Methoden in unterschiedlichen regulatorischen und ökonomischen Kontexten anwenden lassen und welche Anpassungen für Länder mit geringem Fernwärmeanteil notwendig sind. Ferner soll dieser Leitfaden in verschiedenen Forschungs- und Demonstrationsprojekten zur Anwendung kommen und weiterentwickelt werden. Ebenso werden die im Arbeitspaket 5/Subtask C behandelten **dezentralen Einspeisemodelle** weiterentwickelt, um Standardisierungspotenziale zu erschließen und die Kostenseite zu verbessern.

Auf nationaler Ebene in Österreich schließen mehrere Forschungs- und Entwicklungsprojekte direkt an Annex TS5 an. Insbesondere die Arbeiten zur **kommunalen Wärmeplanung** greifen auf die in TS5 entwickelten Methoden zur Potenzialbewertung und Szenarienentwicklung zurück. Auch Förderprogramme wie die **Bundesförderung für erneuerbare Wärmenetze (BEW, Deutschland)** oder die österreichische **UFI – Umweltförderung im Inland** berücksichtigen zunehmend die in TS5 diskutierten Anforderungen an Speicher, Abwärmennutzung und Transformationspfade.

Darüber hinaus sind Projekte wie **Green Heat 2040** oder die Programme des Klima- und Energiefonds Beispiele dafür, wie nationale Forschungspolitik die internationalen Ergebnisse aufgreift. Sie dienen dazu, Methoden wie GIS-gestützte Potenzialanalysen oder Stakeholder-Beteiligungsprozesse in konkrete österreichische Kontexte zu übertragen. Durch diese enge Verzahnung entsteht ein kontinuierlicher Kreislauf aus **internationaler Forschung, nationaler Umsetzung und Rückkopplung**, der die Effizienz und Praxistauglichkeit der Ergebnisse deutlich erhöht.

- **Laufende und geplante IEA DHC Annexes**

Annex TS8 („Experimental investigations of DHC systems“) und Annex TS9 („Digitalisation of District Heating and Cooling“) mit Laufzeiten von 2024 bis 2028 sind unmittelbar Anschlussprojekte an TS5 und fokussieren auf tieferegehende technische und digitale Transformationen. task44.ieabioenergy.com+12nachhaltigwirtschaften.at+12iea-dhc.org+12

- **Nationale Begleit- und Anschlussprojekte**

Im Rahmen der IEA DHC-Arbeitsphasen (Annex XIII/XIV) laufen bereits diverse Projekte mit österreichischer Beteiligung:

- *FAST DHC* (Austrian Institute of Technology – AIT)
- *RE-PEAK* (Energieinstitut Linz – EI Linz)

- *HY2HEAT* (E.ON Linz als Lead, AIT als Partner)
Diese Initiativen setzen gezielt an Themen wie Sektorkopplung, Laststeuerung und Nutzung von Elektrolyse-Abwärme an – direkt anschlussfähig an Erkenntnisse aus TS5. [nachhaltigwirtschaften.at+10nachhaltigwirtschaften.at+10greenenergylab.at+10](https://www.nachhaltigwirtschaften.at+10nachhaltigwirtschaften.at+10greenenergylab.at+10)
- **Impulse für neue Forschungsfragen**
Die im Annex TS5 generierten Erkenntnisse schufen einen klaren Bedarf für vertiefende nationale Fragestellungen: Frühphasige hybride Versorgungsmodelle, Governance-Strukturen, innovative Geschäftsmodelle für DHC sowie die Integration in nationale Förderlandschaften. Diese bieten eine solide Basis für Folgeprojekte mit nationalem und internationalem Fokus. [nachhaltigwirtschaften.at+ataee-intec.at](https://www.nachhaltigwirtschaften.at+ataee-intec.at)

7.3 Empfehlungen für die österreichische FTI-Politik

Die Ergebnisse von Annex TS5 liefern nicht nur technologische und methodische Grundlagen, sondern auch klare Handlungsimpulse für die österreichische Forschungs-, Technologie- und Innovationspolitik (FTI). Sie zeigen, dass die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung vor allem durch die **Integration vorhandener Technologien**, durch stabile Rahmenbedingungen und durch breite Beteiligung gelingen kann. Daraus lassen sich fünf zentrale Empfehlungen ableiten:

Ein erster Schwerpunkt liegt auf der **Förderung modularer Demonstratoren**. Annex TS5 hat gezeigt, dass hybride und dezentrale EE-FWK-Konzepte technisch machbar sind, ihre Wirtschaftlichkeit und Systemintegration jedoch im realen Betrieb nachgewiesen werden müssen. Pilot- und Demonstrationsprojekte, die unterschiedliche Technologien – etwa Großwärmepumpen, Solarthermie, saisonale Speicher oder Abwärmequellen – in Kombination erproben, sind deshalb unverzichtbar. Förderungen sollten gezielt so ausgestaltet sein, dass sie **realitätsnahe Anwendungen** ermöglichen, die als Referenz für andere Betreiber:innen und Kommunen dienen können.

Eng damit verbunden ist die Notwendigkeit eines **niederschweligen Zugangs zu Tools und Wissen** (als zweiten Schwerpunkt). Im Rahmen von TS5 wurden Methoden zur Potenzialbewertung, Planungsleitfäden, Fallstudien und Transformationsmodule entwickelt, die in der Praxis unmittelbar nutzbar sind. Damit diese Werkzeuge Wirkung entfalten, müssen sie **öffentlich und einfach zugänglich** sein – idealerweise über eine zentrale, kontinuierlich gepflegte Plattform. Nur so können Betreiber:innen, Planungsbüros und Kommunen die Erkenntnisse aus TS5 in ihre eigenen Projekte einfließen lassen.

Ein dritter Handlungsschwerpunkt betrifft die **Stärkung günstiger Rahmenbedingungen**. TS5 hat eindrucksvoll gezeigt, dass nicht-technische Faktoren häufig den Ausschlag geben. Österreich sollte daher klare politische Vorgaben entwickeln – etwa Mindestanteile erneuerbarer Energien in FWK-Systemen – und Fördermechanismen für Hybridmodelle bereitstellen. Ebenso ist der **Abbau bürokratischer Hürden** notwendig, insbesondere bei Genehmigungsprozessen, die heute Projekte

verzögern oder verteuern. Eine zielgerichtete Regulierung kann den Investitionsrahmen verbessern und Planungssicherheit schaffen.

Darüber hinaus ist der **Kapazitätsaufbau und die Stakeholderförderung** ein zentrales Element. Die Erfahrungen aus den Arbeitspaketen (insbesondere aus AP6) zeigen, dass Transformation nur gelingt, wenn Wissen breit gestreut und Akzeptanz gesichert wird. Österreich sollte daher in Workshops, Schulungen und Multiplikatorenprogramme investieren, die Betreiber:innen, Kommunen, Planungsbüros und Bürger:innen gleichermaßen adressieren. Regionale Netzwerke und Dialogforen können zudem dazu beitragen, Erfahrungen auszutauschen und Best Practices schneller zu verbreiten.

Schließlich ist die **Integration der TS5-Ergebnisse in nationale Forschungsprogramme** notwendig. Österreich sollte die Erkenntnisse aus Annex TS5 aktiv in bestehende und künftige FTI-Förderprogramme einbringen und Synergien mit europäischen Initiativen wie LIFE oder Interreg nutzen. Ebenso ist die **kontinuierliche Teilnahme an IEA-Kooperationsprojekten** sicherzustellen, um die internationale Rückkopplung zu gewährleisten und eigene Erfahrungen in den globalen Wissenspool einzubringen.

Zusammengefasst ergibt sich für die österreichische FTI-Politik ein klarer Auftrag: Die Transformation der Wärmeversorgung braucht **Demonstratoren, offene Werkzeuge, förderliche Rahmenbedingungen, starke Netzwerke und die Einbettung in nationale und internationale Programme**. Nur wenn diese Dimensionen zusammenspielen, kann Österreich seine Vorreiterrolle festigen und die Wärmewende konsequent vorantreiben.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Navigationsmatrix (Lund et al., 2014).....	34
---	----

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Grundlegendes Schema eines allgemeinen Analyserahmens, der für die Integration erneuerbarer Energiequellen in bestehende Fernwärmesysteme wesentlich ist (Spirito et al., 2024).	22
Abbildung 2: Standorte der untersuchten FWK-Systeme (AEE INTEC)	24
Abbildung 3: Transformation von FWK-Systemen erfordert eine ganzheitliche Perspektive (AEE INTEC).....	27
Abbildung 4: Transformationsplan für Fernwärme- und -Kälte-Systeme (AEE INTEC).....	28
Abbildung 5: Erfolgreiche Transformation von Fernwärmenetzen erfordert strategische Planung, Zusammenarbeit und eine langfristige Perspektive, die Nutzung von Geodaten, die Förderung von Kooperation, die Priorisierung von Zuverlässigkeit, den Aufbau von Vertrauen sowie die Einbindung erneuerbarer Energien (AEE INTEC).....	31
Abbildung 6: Überblick relevanter Erkenntnisse im 3-Säulen-System (AEE INTEC/AI).....	49

Literaturverzeichnis

AGFW, BDEW, VKU, 2025. waermepreise.info [WWW Document]. URL <https://www.waermepreise.info/> (accessed 9.17.25).

BMWET, Austrian Energy Agency, 2025. Wärme- und Kältetarife | Plattform für Transparenz [WWW Document]. Wärme- und Kältetarife. URL <https://waermepreise.at/> (accessed 9.17.25).

Denarié, A., Hay, S., Kemper, M., Komoszynska, M., Leusbrock, I., Madsen, P.T., Persson, U., Atabaki, M.S., Seidnitzer-Gallien, C., Sorensen, P.A., Styles, A., 2025. Guidebook for the Integration of Renewable Energy Sources into Existing District Heating and Cooling Systems, Final Report of IEA DHC Annex TS5 (Final Report of IEA DHC Annex TS5). AGFW-Projekt GmbH, Frankfurt A.M., Deutschland.

IEA DHC, 2024. IEA DHC TS5: Technology and Application Factsheets [WWW Document]. IEA TCP DHC. URL https://www.iea-dhc.org/fileadmin/documents/Annex_TS5/Final_Draft_Version/IE-ADHCAnnexTS5_TechnologyApplicationsFactsheets.zip (accessed 9.17.25).

IEA DHC (ed.), 2024. Annex TS5: Integration of Renewable Energy Sources into Existing District Heating and Cooling Systems [WWW Document]. URL <https://www.iea-dhc.org/2019-2024-annex-ts5> (accessed 9.18.25).

IEA DHC (ed.), 2021. Annex TS2: Implementation of Low Temperature District Heating Systems [WWW Document]. URL <https://www.iea-dhc.org/the-research/annexes/2017-2021-annex-ts2>

Komoszynska, M., Sorensen, P.A., Leusbrock, I., Salzmänn, M., Boulter, R., Rong, L., 2022. State-of-the-art Country Reports. IEA DHC Annex TS5: Integration of Renewable Energy Sources into Existing District Heating and Cooling Systems. RES in DHC Report. IEA DHC.

Leusbrock, I., Salzmänn, M., 2024. IEA DHC TS5: Case Studies on Transformation of Large DHC Systems to Higher Shares of RES. Work item B.1 Subtask B Supplementary report. [WWW Document]. IEA TCP DHC. URL https://www.iea-dhc.org/fileadmin/documents/Annex_TS5/Final_Draft_Version/Case_Studies_on_Transformation_of_Large_DHC_Systems_to_Higher_Shares_of_RES.zip (accessed 9.17.25).

Leusbrock, I., Salzmänn, M., Hamilton, L., 2024a. IEA DHC TS5: Bottlenecks, Challenges and Solutions in Transformation Processes. Work item B.3 Subtask B Supplementary report. [WWW Document]. IEA TCP DHC. URL https://www.iea-dhc.org/fileadmin/documents/Annex_TS5/Final_Draft_Version/Bottlenecks__Challenges_and_Solutions_in_Transformation_Processes.pdf (accessed 9.17.25).

Leusbrock, I., Salzmänn, M., Hamilton, L., 2024b. IEA DHC TS5: Planning and simulation tools: state of the art and best practices. Work item B.2 Subtask B Supplementary report. [WWW Document]. IEA TCP DHC. URL https://www.iea-dhc.org/fileadmin/documents/Annex_TS5/Final_Draft_Version/Planning_and_Simulation_Tools_State-of-the-Art_and_Best_Practices.pdf (accessed 9.17.25).

Lund, H., Werner, S., Wiltshire, R., Svendsen, S., Thorsen, J.E., Hvelplund, F., Mathiesen, B.V., 2014. 4th Generation District Heating (4GDH). Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. *Energy* 68, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.02.089>

Spirito, G., Sanchez-Garcia, L., Atabaki, M.S., Persson, U., 2024. IEA DHC TS5: Methodologies for renewable energy source potential assessments in existing district heating and cooling systems. Work item A.3 Subtask A Supplementary report. [WWW Document]. IEA TCP DHC. URL https://www.iea-dhc.org/fileadmin/documents/Annex_TS5/Final_Draft_Version/IE-ADHCAnnexTS5_MethodologiesRESPotentialAssessment.pdf (accessed 9.18.25).

Tracking Clean Energy Progress 2023 – Analysis [WWW Document], 2023. . IEA. URL <https://www.iea.org/reports/tracking-clean-energy-progress-2023> (accessed 9.11.25).

Abkürzungen

4GDH	4. Generation von FWK-Systemen
usw.	und so weiter
DHC	District Heating and Cooling (siehe auch FWK)
EE	Erneuerbare Energie(quellen)
etc.	Et cetera
FTI	Forschungs-, Technologie- und Innovationspolitik
FWK	Fernwärme- und -Kälte
RES	Renewable Energy Sources (siehe auch EE)
TCP	Technology Collabortation Program

