

IEA Solares Heizen und Kühlen (SHC) Task 55: Integration großer solar- thermischer Heiz- und Kühlsysteme in Wärme- und Kältenetze

Arbeitsperiode 2016 - 2020

P. Leoni, S. Putz

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

2/2021

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

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

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

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

IEA Solares Heizen und Kühlen (SHC) Task 55: Integration großer solar-thermischer Heiz- und Kühlsysteme in Wärme- und Kältenetze

Erhebung für die IEA

Dipl.-Ing. Paolo Leoni
AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Ing. Sabine Putz
SOLID Solar Energy Systems GmbH

Wien, Jänner 2021

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Vorbemerkung

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

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

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

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

DI Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	8
2	Abstract.....	9
3	Ausgangslage.....	10
4	Projekthalt.....	12
5	Ergebnisse	16
	5.1. Inhaltliche Ergebnisse	16
	5.2. Taskrelevante Publikationen.....	24
6	Vernetzung und Ergebnistransfer	27
7	Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen.....	32

1 Kurzfassung

Erneuerbare Energien bilden einen zentralen Baustein der nachhaltigen Energieversorgung von Städten. Traditionelle Versorgungstechnologien und Infrastrukturen unterliegen heute massiven Herausforderungen, die zu erheblichen Veränderungen im Aufkommen, der Speicherung und Verteilung von Energie führen. Aus diesen Spannungsfeldern ergeben sich nun neue, wirtschaftlich attraktive und technologisch innovative Möglichkeiten für Solarthermie in den Städten Europas und darüber hinaus. Große solarthermische Anlagen besitzen ein enormes Potential zur Einsparung von fossilen Energieträgern und somit zur Reduktion der CO₂-Emissionen. Untermauert wird dies durch Ausführungen der österreichischen Energiestrategie [1] sowie in der Roadmap „Solarwärme 2025“ [2]. Angesichts des riesigen Marktpotentials und der führenden Position österreichischer Unternehmen in dieser Branche ist es zentral, das technologische Wissen auszubauen, und sich mit führenden ExpertInnen eng zu vernetzen. Bei großen solarthermischen Anlagen ist der Wettbewerb mit konventionellen und anderen erneuerbaren Energieträgern im Hinblick auf die erreichbaren Wärmegestehungskosten enorm. Damit solarthermische Fernwärme und Fernkälte das Potential eines wachsenden Markts erfolgreich nutzen können, braucht es eine optimierte Integration und Auslegung komplexer Systeme sowie zielgerechte Transformationsstrategien und neue Finanzierungsmodelle.

Mit diesen Themen beschäftigte sich der Task 55 vom Technologiekollaborationsprogramm Solar Heating and Cooling der Internationalen Energieagentur (IEA SHC Task 55, Laufzeit November 2016 bis November 2020) schwerpunktmäßig. Der Tasktitel lautet „Integration großer solarthermischer Heiz- und Kühlsysteme in Wärme- und Kältenetze“. Ein wesentlicher Innovationsgehalt von IEA SHC Task 55 war die Analyse von solarthermischen Systemen, die eine signifikante Einspeiserate in Wärme- bzw. Kältenetze aufweisen und mit Hybridtechnologien vernetzt werden können. Im Gegensatz zu vorherigen Untersuchungen, in denen der Anteil der Solarthermie an Wärmenetzen vergleichsweise gering war, muss für eine großflächige Einspeisung in Wärmenetze ein gesamtheitlicher Ansatz gewählt werden. Dieser inkludiert die Betrachtung wirtschaftlich optimierter Transformationsstrategien des Gesamtnetzes, eine signifikante Reduktion der Netztemperaturen, die Entwicklung effizienter Regelungs- und Optimierungsalgorithmen, die Integration saisonaler thermischer Speicher sowie die Analyse der hydraulischen Effekte der dezentralen Einspeisung.

Die österreichische Beteiligung an IEA SHC Task 55 umfasste das Management und die Mitarbeit am internationalen Task, die Leitung des Sub-Tasks A und die Einbringung österreichischer Projekte. Im Zuge des Forschungsvorhabens wurden vom österreichischen Konsortium die Integration und die Optimierung von Systemkomponenten großer solarthermischer Wärme- und Kältenetze (insb. Solarkollektoren und saisonalen Warmwasserspeichern) beschrieben, die Wirtschaftlichkeit untersucht, Szenarien für Energiesystemen analysiert, Regelungsstrategien konzipiert, Methoden zur Qualitätsbeurteilung entwickelt, Aktivitäten zur Marktbeschreibung- und Erschließung gesetzt, Best-Practice-Beispiele beschrieben und ein Geschäftsmodell erarbeitet.

Die inhaltlichen Taskergebnisse liegen in Form von 27 Fact Sheets auf der Task-Webseite vor (<https://task55.iea-shc.org/>). Die österreichische Beteiligung war sehr bedeutend, da nur bei fünf Fact Sheets kein österreichischer Experte mitgewirkt hat. Nicht zuletzt wurde im Lauf des Tasks durch regen Austausch des Knowhows über mehr als vier Jahre hinweg eine gemeinsame, vernetzte Basis für Entwicklungen im Bereich solarer Fernwärme und Fernkälte erarbeitet.

2 Abstract

Renewable sources represent a main component of sustainable energy supply in the urban environment. Nowadays, traditional supply technologies and infrastructures are experiencing big challenges, which are introducing significant changes in the energy storage and distribution. In this evolution, new, economically attractive and technologically innovating possibilities for solar thermal energy are disclosing in European towns and beyond. Large solar thermal plants offer a considerable potential to reduce the usage of fossil fuels and CO₂ emissions. This is confirmed by the Austrian energy strategy [1] as well as by the roadmap “Solarwärme 2025” [2]. Given the large market potential and the leadership of Austrian companies in this field, it is crucial to expand the technological competences and to network closely with leading experts. In terms of reachable heat generation costs, the competition of large solar thermal plants with conventional and other renewable energy sources is a barrier. In order for solar thermal district heating and cooling to successfully exploit the potential of a growing market, an optimized integration and design of complex systems as well as targeted transformation strategies and new financing models are needed.

These topics were subject of the Task 55 of the Technology Collaboration Program Solar Heating and Cooling of the International Energy Agency (IEA SHC Task 55, running from November 2016 to November 2020). The Task was entitled “Integrating large solar heating and cooling systems into district heating and cooling networks”. A key innovation of IEA SHC Task 55 was the analysis of solar systems supplying heating and cooling networks with high thermal shares. Contrary to previous studies, in which the share of solar thermal energy in heating grids was comparatively low, a holistic approach was necessary for a successful large-scale integration. This approach included the evaluation of economically optimized transformation strategies for the entire grid, a significant reduction of the grid operating temperatures, the development of efficient algorithms for operational optimization and control, the integration of seasonal thermal energy storage systems, and the analysis of the effect of decentral supply on the network hydraulics.

The Austrian participation in IEA SHC Task 55 included the management of the international Task, the collaboration within it, the lead of the Subtask A, and the contribution of Austrian projects. In the course of this research project, the Austrian consortium worked on the description of methods for the integration and optimization of components of large solar thermal heating and cooling networks (in particular solar collectors and seasonal storage systems), examined the economic feasibility, analyzed scenarios for energy systems and developed control strategies and quality assessment methods. Furthermore, the Austrian consortium set up activities for market analysis and development, described best-practice examples and elaborated a business model.

The results are available in the form of 27 fact sheets on the web page of the Task (<https://task55.iea-shc.org/>). The Austrian participation in this task was very important, since only five fact sheets were issued without the collaboration of Austrian experts. Finally, a lively exchange of knowhow over more than four years of collaboration allowed to build a networked basis for developments in the field of solar district heating and cooling.

3 Ausgangslage

Solarthermische Großanlagen werden in einigen Ländern, vorwiegend in Europa, für die Integration einer lokal verfügbaren, nachhaltigen Wärmequelle in Fernwärmenetze, Industrieprozesse und thermisch getriebene Kühlsysteme genutzt. Ihr Ausbau ist Teil der Energiewende, im Zuge derer auch der Wärmesektor einem Wandel unterliegt. Das in IEA SHC Task 55 untersuchte Konzept der Integration solarthermischer Großanlagen in Fernwärme- bzw. Fernkältenetze spielt in diesem Wandel eine entscheidende Rolle, denn es ermöglicht, Synergien zwischen thermischen Netzen und Solarthermie zu nutzen, die zu einer signifikanten Dekarbonisierung des Wärmesektors beitragen. Wärmenetze bieten eine gute Möglichkeit, die Energieeffizienz in städtischen Gebieten zu steigern und regenerative Energien in die Wärmeversorgung einzubinden. Solarthermie ist im Grunde emissionsfrei, vollständig erneuerbar, stets verfügbar und langfristig kostenstabil. Darüber hinaus sind solare Wärmenetze eine bewährte und zuverlässige Technologie, die auf einer mehr als 25 Jahre langen Erfahrung von Betreibern und Industrieexperten bezüglich Entwicklung, Betrieb und Wartung beruht.

In den letzten zehn Jahren ist das Interesse an einem wirtschaftlichen Einsatz von solaren Wärmenetzen enorm gewachsen, insbesondere in Dänemark, wo bis 2019 ein Gigawatt (> 1,6 Millionen m² Kollektorfläche) solare Fernwärme verbaut wurde (Abbildung 1). Trotz des bemerkenswerten Potentials großer solarthermischer Anlagen liegt der Wärmebeitrag der Solarthermie zur Wärme- und Kältebereitstellung in thermischen Netzen weltweit bei unter 1%. Da die Nachfrage nach solarthermischen Systemen steigt, sind deutliche Sprünge nötig, um eine globale nachhaltige Entwicklung zu erreichen. Derzeit hemmen vor allem technische, ökonomische und auch politische Herausforderungen eine raschere Marktentwicklung der Integration solarthermisch getriebener Wärme- und Kältenetze [3]. In Anbetracht dessen wurde daher in IEA SHC Task 55 das Ziel gesetzt, den wachsenden Markt der solaren Fernwärme- und Fernkälteanlagen zu unterstützen.

Abbildung 1: Kennzahlen der solaren Fernwärme in Dänemark im Jahr 2019 (Quelle: [4])



Vorangegangene Projekte erlaubten, umfangreiche Kenntnisse im Bereich thermische Netze und Solarthermie zu gewinnen: im IEA SHC Task 45¹ wurden solarthermische Großanlagen für solare Wärme, Kälte, deren Speicherung und deren Einspeisung in netzgebundene Versorgungen analysiert, in eine Datenplattform implementiert, und Systemoptimierungen bis auf Komponentenlevel durchgeführt; der IEA SHC Task 48² baute auf der Komponentenebene auf und erstellte bis hin zu Gesamtsystemen Qualitätsstandards, um durch marktunterstützende Maßnahmen eine qualitativ hochwertige Verbreitung der Technologie zu unterstützen; im Projekt heat_portfolio (FFG-Nr. 848849) wurden die technischen Grundlagen zur signifikanten Erhöhung des Anteils alternativer Wärmequellen (insb. industrielle Abwärme und Solarthermie) in Wärmenetzen geschaffen; saisonale Speicher wurden im Projekt Store4Grid (FFG-Nr. 838664) ausführlich untersucht und modelliert [5]; die Entwicklung mathematischer Modelle verschiedener Einzelkomponenten sowie Methoden zur modellbasierten prädiktiven Regelung von Hybridsystemen waren Schwerpunkte unterschiedlicher Vorprojekte; im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitforschung zum Förderprogramm „Solarthermie – Solare Großanlagen“ des Klima- und Energiefonds wurden umfangreiche Messdaten gesammelt sowie Optimierungsergebnisse und Erkenntnisse zur optimalen Einbindung von Solarthermie in Wärmenetz.

Einen maßgeblichen Einfluss auf den spezifischen Ertrag von Solarsystemen haben Kollektorverluste, Feldverluste, Speicherverluste und die Zieltemperaturen für die solare Erwärmung. Insbesondere in den Wintermonaten ist die Einbindung der Solarthermie in Wärmenetze problematisch, weil die Sonneneinstrahlung meist gering und die Temperaturen der Fernwärme hoch sind (Vorlauf über 90 °C). Hinzu kommt, dass der Wirkungsgrad der Kollektoren nicht immer jenem unter Labortests erhobenen nachkommt. Speicherung, Hybridtechnologien (Industrieabwärme, Wärmepumpen, oder Speichertypen) und Optimierung der Systemkomponenten sind folglich für den ganzjährigen, ertragreichen Einsatz der Solarthermie in Wärme- und Kältenetze relevant. Zusätzlich verursacht die Integration der solarthermischen Großanlagen mit Wärmeübergabestation für die Netzeinbindung Kosten, die durch den eingespeisten Solarertrag gedeckt werden müssen. Aufgrund der geringen Anzahl erfolgreich installierter Anlagen weltweit ist der finanzielle und organisatorische Aufwand derzeit oft in keinem akzeptablen Verhältnis zum Ertrag. Da solarthermische Anlagen den größten Teil ihrer Energie in den Sommermonaten einspeisen, kann es sinnvoll sein, diese durch alternative Wärmeerzeuger zu komplementieren, welche im Grundlastbereich eingesetzt werden.

Ein wesentlicher Innovationsgehalt des vorliegenden Tasks ist die Analyse von Systemen, die einen signifikanten Anteil (>5%) von Wärme aus Solarthermie aufweisen und mit Hybridtechnologien vernetzt werden können. Im Gegensatz zu vorherigen Untersuchungen, in denen der Anteil vergleichsweise gering war, muss für eine großflächige Einspeisung in Wärmenetze ein holistischer Ansatz gewählt werden. Einerseits sind die Planung und der optimierte Betrieb des Gesamtsystems (inkl. Integration mit saisonalen Speichern, Wärmepumpen und konventionellen Wärmequellen) zu betrachten, andererseits sind Methoden zur optimalen Komponentenauslegung, Qualitätskontrolle und Zertifizierungen zu entwickeln. Die Ausarbeitung von Trendanalysen sowie von Richtlinien zu ökonomischen Rahmenbedingungen ist außerdem notwendig, um Investitionsrisiken zu minimieren und das Potential für den Ausbau solarer Fernwärme nach den dänischen Erfolgsgeschichten in anderen Ländern zu bewerten bzw. neue Wege zu bestimmen.

¹ <https://task45.iea-shc.org/>

² <https://task48.iea-shc.org/>

4 Projektinhalt

Der internationale IEA SHC Task 55 besteht aus vier Sub-Tasks:

- **Sub-Task A**, mit Schwerpunkt thermische Energiesysteme und Integration zentraler und dezentraler solarthermischer Anlagen mit hohem Deckungsgrad (>5%): Hydraulik, Auslegung, Regelungsstrategien, saisonale Speicher, Übergangstrategien zu Energiesystemen mit hohem solarem Deckungsgrad;
- **Sub-Task B**, mit Schwerpunkt Systemkomponenten und in-situ Performanceanalysen;
- **Sub-Task C**, mit Schwerpunkt Planung und Simulation solarthermischer Anlagen und Integration hybrider Technologien;
- **Sub-Task D**, mit Schwerpunkt Geschäftsmodelle und Disseminierung der Task-Ergebnisse.

Jeder Sub-Task wurde in mehrere Deliverables unterteilt (s. Tabelle 1). Die 14 Partnerländer waren Österreich, China, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Israel, Italien, Kanada, Polen, Schweden, Schweiz, Spanien, Türkei, Vereinigtes Königreich. Die Aufgaben der österreichischen Beteiligung waren die Leitung des internationalen Tasks (Operating Agent Ing. Sabine Putz, SOLID), die Leitung des Sub-Tasks A (AIT), inhaltliche Mitarbeit am internationalen Task und Durchführung von Forschungsarbeiten mit strategisch hoher Bedeutung für Österreich sowie die nationale und internationale Verbreitung der Ergebnisse.

Die angestrebten inhaltlichen Ziele des internationalen Tasks sowie des österreichischen Forschungsbeteiligung waren:

- Analyse des Netzes und der Netzintegration: Entwicklung ökonomischer Strategien für die Lieferung von Solarthermischer Energie in Wärme- und Kältenetze, Übergangstrategien, Energiebedarfs- und Preisszenarien; Identifizierung der technischen Herausforderungen bereits existierender und neu integrierter solarer Wärme- und Kältesysteme; Analyse der Netzhydraulik und der Integration von Solarthermie (zentral und dezentral) sowie Hybridtechnologien (Großspeicher, Industrieabwärme, Wärmepumpen, u. ä.); Entwicklung von Regelungsstrategien für Wärme- und Kältenetze und Algorithmen, um den solarthermischen Anteil zu erhöhen.
- Entwicklung von Empfehlungen zu Komponentenauslegungen, zur Systemüberwachung und zur Qualitätskontrolle: Erstellung von Leistungskennzahlen zu unterschiedlichen Kollektortypen sowie zu Schlüsselkomponenten der Solarsysteme; Entwicklung eines Softwaresystems zur automatischen Fehlererkennung in Schlüsselkomponenten; Erhebung von Regelungsstrategien und selbstlernenden Automatismen für Schlüsselkomponenten.
- Weiterentwicklung von Klassifizierungsstandards und Zertifikatsmodalitäten für solarthermische Felder (nicht nur Kollektorstandards) und Designvorlagen zu solarthermischen Systemen und Hybridtechnologien: Simulation und Design zu großen Kollektorfeldern im Systembetrieb; Entwicklung von Auslegungsrichtlinien und Designvorlagen zu Großspeichern; Formulierung von Richtlinien einer optimierten Hydraulik und von Leitungssystemen; Vorschläge zur modularen Konstruktion von solarthermischen Großsystemen.

- Richtlinien zu ökonomischen Rahmenbedingungen und Daten zur optimierten Einbindung von Hybridtechnologien: Überblick zu Geschäftsmodellen Solarthermischer- und Hybridssysteme; Untersuchung positiver und herausfordernder Umweltfaktoren für solarthermische Fernwärmesysteme und Hybridtechnologien in neuen und existierenden Märkten; Trendanalysen zu lokalen und weltweiten Marktentwicklungen für große solarthermische Wärme- und Kältesysteme; Erstellung von Trainingsunterlagen für Industrieexperten und ein Fachpublikum.

Die detaillierte Ausarbeitung dieser Ergebnisse mit Fokus auf Österreich war Inhalt des österreichischen Projektes, das von folgenden Forschungspartnern durchgeführt wurde:

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Leiter der österreichischen Beteiligung;
- SOLID Solar Energy Systems GmbH;
- BEST – Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH;
- AEE – Institut für Nachhaltige Technologien (AEE INTEC);
- Universität Innsbruck – Arbeitsbereich Energieeffizientes Bauen.

Die Partner der österreichischen Beteiligung sind sowohl in der Beforschung als auch in der Umsetzung und im Betreiben der solaren Fernwärmeanlagen besonders erfahren. SOLID baute 1994 die weltweit zweite solare Fernwärmeanlage (200 m² mit 150 m³ Speicher in Deutsch-Tschantschendorf, Burgenland) und betreibt mittlerweile mehr als 18.000 m² solare Fernwärmeanlagen in Österreich. Das Wissen aus Planung, Finanzierung, Bau und Betreiben der Anlagen wurde schon über viele Jahre wissenschaftlich vom Partner AEE INTEC begleitet. Dank der Kooperation mit BEST, der als Vorreiter der modellbasierten prädiktiven Regelung enormes Wissen zur Betriebsoptimierung einbrachte, gelang es, während der Tasklaufzeit bei einer Anlage in Graz (Wasserwerk Andritz, 3.385 m² solare Einspeisung mit Wärmepumpe) eine neue, optimierte Regelung zu testen, und sie letztendlich für den normalen Betrieb einzusetzen. Der Partner AIT steuerte mit dem umfangreichen Wissen über Fernwärmesysteme einen wesentlichen Beitrag zur Integration von Solarthermie in Fernwärmenetz bei. Die Universität Innsbruck ist führend im Wissen über saisonale Wärmespeicher und zeigte durch zahlreiche Simulationen auf, wie saisonale Wärmespeicher mit solarer Speisung technisch und wirtschaftlich in ein Fernwärmenetz eingebunden werden können. Zahlreiche nationale Projekte wurden im IEA SHC Task 55 auf internationaler Ebene vorgestellt und in die Taskergebnisse integriert. Die internationalen Experten konnten somit enorm von den österreichischen Vorarbeiten profitieren.

Ein wesentlicher Innovationsgehalt des SHC Tasks 55 ist die Analyse von solarthermischen Systemen, die eine signifikante Einspeiserate in Wärme- bzw. Kältenetze aufweisen und mit Hybridtechnologien vernetzt werden können. Im Gegensatz zu vorherigen Untersuchungen, in denen der Anteil der Solarthermie an Wärmenetzen vergleichsweise gering war, muss für eine großflächige Einspeisung in Wärmenetze ein gesamtheitlicher Ansatz gewählt werden. Dieser inkludiert:

- Die Betrachtung (volks-)wirtschaftlich optimierter Transformationsstrategien des Gesamtnetzes hin zu einem maximalen Anteil alternativer Wärmequellen mit Fokus auf Solarthermie;
- Eine signifikante Reduktion des Temperaturniveaus im Netz durch gebäudeseitige Maßnahmen und damit die Steigerung des Potentials Solarthermischer Wärmeeinspeisung;

- Optimierte Erzeugungsstrategien und Regelalgorithmen unter Berücksichtigung aller Erzeuger, die im Sommer verfügbar sind und gegeneinander konkurrieren (wie z.B. Solarthermie, industrielle Abwärme, Müllverbrennung);
- Integration und Management von (Groß-)Speichern zur Verschiebung der Sommererzeugung in die Übergangszeit bzw. in den Winter;
- Hydraulische Bedingungen dezentraler Einspeisung in Netzen, die auf zentrale Einspeisepunkte ausgelegt wurden (Umkehr der Flussumkehrung, dynamisch wechselnde Netzpunkte, Temperatursprünge im Betrieb).

Die Bewertung der Integration von Solaranlagen in Wärmenetze erfolgte mithilfe statischer und dynamischer Analysen von Fallbeispielen. Bei diesen Analysen wurde das Zusammenspiel von Solaranlage, Netz, Verbrauchern und anderen Erzeugern in unterschiedlichen Simulationsumgebungen sowie unter Berücksichtigung unterschiedlicher Regelungsstrategien untersucht. Fortschrittliche, modellbasierte Regelungsstrategien wurden sowohl auf Netzebene als auch für die verschiedenen Systemkomponenten verfolgt. Diese Regelungsstrategien basieren grundsätzlich auf mathematischen Modellen zur Beschreibung der dynamischen Eigenschaften, wobei diese Modelle in der Regel über geringere Komplexität als die zur Simulation verwendeten Modelle verfügen. Darüber hinaus kamen Methoden zur Prognose des Solareintrages sowie der Lastabnahme zum Einsatz. Die entwickelten Regelungsstrategien sind in der Lage, die verschiedenen Einzelkomponenten optimal zu betreiben, die zukünftigen Rahmenbedingungen präzisierend für ein optimales Zusammenspiel der verschiedenen Komponenten und für eine optimale Einbindung der Solaranlagen in die Wärme- bzw. Kältenetze zu sorgen.

Die Entwicklung von Methoden zum Leistungstest von Kollektoren im Feld erfolgte durch Erweiterung des quasi-dynamischen Kollektortests nach ÖNORM EN ISO 9806:2014. Für die Entwicklung der Methoden standen Messdaten von der mit präziser Messtechnik ausgestatteten Anlage am Fernheizwerk in Graz zur Verfügung. Speziell berücksichtigt wurden Mess- und Verfahrensunsicherheiten, welche wesentlich durch die begrenzten Messmöglichkeiten von Kollektoren in solaren Großanlagen bedingt sind.

Durch die Kooperation im Rahmen des vorliegenden Tasks konnten die Kompetenzen von Forschungseinrichtungen und Industrien (insbesondere Kollektorherstellern) gebündelt werden. Die Einbindung von Fernwärmebetreibern in die Entwicklungs- und Disseminierungsarbeiten, die zu Taskbeginn vorgesehen war, gelang nur zum Teil, weil trotz massiven Lobbyings (z.B. über die internationale SDH-Plattform³) noch nicht viele Fernwärmebetreiber überzeugt sind, dass die solare Fernwärme mit saisonaler Speicherung eine probate Wärmeversorgung für Städte oder Kommunen darstellen kann. So konnte auch kein aktiver Fernwärme-Partner in Task 55 integriert werden. Dennoch gelang es, in den Industrieworkshops Fernwärmebetreiber auf die Technologie aufmerksam zu machen. Im Nachfolge-Task (momentan in der Definitionsphase) wird versucht, die Stakeholder für Wärmeversorgung aktiv mit einzubeziehen, damit das Bewusstsein über solare Fernwärme auch bei Fernwärmebetreibern wächst.

³ <https://www.solar-district-heating.eu/>

Tabelle 1: Struktur von IEA SHC Task 55

Sub-Task A: Network analysis and integration
Deliverable A-D1: Assessment of technical requirements of existing and newly integrated large-scale SDH/SDC
Deliverable A-D2: Economic analysis of DHC network supply strategies, transition strategies, heat demand and energy price scenarios
Deliverable A-D3: Analysis of DHC network hydraulics and evaluation of hybrid technologies and possible supply points for large ST plants
Deliverable A-D4: Overall DHC network control strategies and measures for increasing the ST fraction
Sub-Task B: Components testing, system monitoring and quality assurance
Deliverable B-D1: In-situ collector tests
Deliverable B-D2: Draft standards and performance guarantees for key components
Deliverable B-D3: Automated monitoring, failure detection of key components, control strategies and self-learning controls of key components
Sub-Task C: Design of solar thermal systems and of hybrid components
Deliverable C-D1: Simulation and design of collector array units within large systems
Deliverable C-D2: Assessment and design of large-scale seasonal storages
Deliverable C-D3: Optimized hydraulics and piping in large solar systems
Deliverable C-D4: Modular conception and construction
Sub-Task D: Economic aspects and promotion of solar thermal and hybrid technologies
Deliverable D-D1: Business models of solar thermal and hybrid technologies
Deliverable D-D2: Beneficial and challenging environments for SDH/SDC systems including hybrid technologies in new and existing markets
Deliverable D-D3: Identification and preparation of best practice examples
Deliverable D-D4: Evaluation of diverse global market development and country reports
Deliverable D-D5: Dissemination of expertise through education and training

5 Ergebnisse

5.1. Inhaltliche Ergebnisse

Die inhaltlichen Ergebnisse vom IEA SHC Task 55 sind in den Deliverables berichtet, die laut der in Tabelle 1 (s. oben) dargestellten Struktur den jeweiligen Sub-Tasks zugeordnet sind. Die Ergebnisse sind auf der Task-Webseite unter folgenden Links einzusehen und zum Download verfügbar:

- <https://task55.iea-shc.org/fact-sheets>
- <https://task55.iea-shc.org/publications>

Es gelang, zu jedem der 16 Deliverables die zu Beginn des Tasks definierten Ergebnisse zu liefern. Alle Ergebnisse werden nach Abschluss aller Arbeiten in Form von Fact Sheets auf der Task-Webseite, welche die Zielgruppen rasch über den Status-Quo im Bereich solarer Fernwärmeeinspeisung regional und auf internationaler Ebene unterrichtet, zur Verfügung stehen. Zu den Deliverables gibt es zum Teil sehr umfassende Ergebnisse. Insgesamt wurden 27 Fact Sheets erarbeitet. Diese sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 2: Liste der in IEA SHC Task 55 erarbeiteten Fact Sheets

Nummer	Titel
A-D1.1/D-D3	Identification and preparation of best-practice examples
A-D1.2	Techno-economic comparison of the collected best-practice examples
A-D2.1	The future of solar district heating in different European countries
A-D2.2	SWOT analysis of solar thermal integration in district heating and cooling
A-D2.3	Feasibility analysis of hybrid technologies for DHC including ST
A-D3.1	Integration concepts of central ST systems in DHC
A-D3.2	Integration concepts of decentral ST systems in DHC
A-D3.3	Large-scale thermal energy storage systems to increase the ST share in DHC
A-D4.1	Supervisory control of large-scale solar thermal systems
A-D4.2	Control of DHC networks and reduction of the operating temperatures in DH systems
B-D1.1	Application of Performance Check (PC) Method to Large Collector Arrays
B-D1.2	Review of In Situ Test Methods for Solar Collectors and Solar Collector Arrays
B-D2	Solar energy — Collector fields — Check of performance

Nummer	Titel
B-D3.1	Control of large-scale solar thermal plants
B-D3.2	Automated monitoring of solar thermal
C-D1.1	Long-term thermal performances of solar collector fields: Measured and calculated
C-D1.2	Solar radiation modelling on tilted surfaces based on global radiation
C-D1.3	Collector types for large collector fields: Thermal performance and control strategies
C-D1.4	CFD models of different collector types
C-D2	Seasonal pit heat storages - guidelines for material and construction
C-D3	Thermal and hydraulic investigation of large-scale solar collector field
C-D4	Modular conception and construction
D-D1	Business models of solar thermal and hybrid technologies
D-D2	Investor Brochure „Solar Heat for Cities“
D-D4	Evaluation of diverse global market development and country reports
D-D5.1	Training material on the design of large scale SDH/SDC installations in Chinese and English
D-D5.2	ENRSIM calculation tool for renewable district heating

Die internationalen Teilnehmer des Tasks erarbeiteten zahlreiche wertvolle Ergebnisse für den Ausbau von solaren Fernwärmeanlagen, welche auch für österreichische Unternehmen und Forschungseinrichtungen einsetzbar sind. Folgende Ergebnisse wurden aus internationaler Sicht zum erfolgreichen Abschluss von Task 55 beigesteuert:

- Sammlung und Analyse von Best-Practice-Beispielen.** Diese weisen sehr unterschiedliche Eigenschaften auf und vertreten vielfältige Anwendungsmöglichkeiten für solarthermische Großanlagen in Fernwärmenetze. Die Beispiele kommen aus Österreich, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Kanada und China. Die thermische Leistung geht von 0,5 MW bis über 1 GW. 18 von diesen Beispielen sind im Fact Sheet A-D1.1 gezeigt. Die wesentlichen Highlights sind: Flachkollektoren und Tankwarmwasserspeicher sind die meistvertretenen Technologien (Parabelkollektoren, Erdbecken- und Erdsondenspeicher tauchen seltener auf); der auf die Aperturfläche bezogene spezifische Jahresertrag liegt im Bereich 330-614 kWh/m²; abgesehen von nur einer Ausnahme steigt der solarthermische Jahresdeckungsgrad linear mit der Aperturfläche pro Netzwärmebedarf (mit Faktor bei ca. 55%/(m²·MWh), s. Abbildung 2); die Investitionskosten für die Solarfelder inkl. Planung und Errichtung schwanken zwischen 200 und 560 €/m²; die dänischen Installationen weisen sehr geringe Betriebs- und Wartungskosten (jährlich 1 bis 2 €/MWh) auf.

- **SWOT-Analyse für solare Fernwärme** (Fact Sheet A-D2.2). Die internationale Kooperation zwischen IEA SHC Task 55, IEA SHC Task 52⁴ und laufenden Annexen von IEA DHC|CHP⁵ ermöglichte eine holistische Einschätzung der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken (SWOT-Analyse) der Integration großer solarthermischer Anlagen in Fernwärme- und Fernkältesysteme. Die Ergebnisse der SWOT-Analyse basieren auf dieser interdisziplinären Kooperation, auf Literaturrecherche sowie auf Diskussionen in den Task-Meetings und auf Stakeholder-Interviews. Insgesamt wurden 17 Stärken, 12 Schwächen, 12 Chancen und 7 Risiken identifiziert, die von den Experten für relevant befunden wurden. In Tabelle 3 sind jeweils die drei angeführt, die als am Wichtigsten bewertet wurden.
- **Analyse der Integrationshydraulik** und Regelung von zentralen und dezentralen solarthermischen Systemen in Fernwärme- und Fernkältenetze (Fact Sheets A-D3.1 und A-D3.2).
- **Entwicklung der In-Situ-Testmethode** „Solar energy — Collector fields — Check of performance“. Der ISO-Entwurf (ISO/CD 24194) ist nun zur Registrierung als Draft International Standard freigegeben (Fact Sheet B-D2).
- **Simulationsmodelle** zur Berechnung der Langzeit-Performance (Fact Sheet C-D1.1), der Einstrahlung auf die Kollektorfläche (Fact Sheet C-D1.2) sowie des erwarteten solaren Ertrags für unterschiedlichen Kollektortypen (C-D1.3). Einerseits sind Flachkollektoren günstiger und haben bei niedrigen Temperaturniveaus einen höheren Wirkungsgrad als Parabelkollektoren. Andererseits behalten Letztere bei hohen Temperaturniveaus der Fernwärmenetze einen hohen Wirkungsgrad. Drittens können Parabelkollektoren dank der Nachführung mehr Strahlung nutzen. Eine hybride Solaranlage, die aus Flachkollektoren und Parabelkollektoren in Reihe besteht, kann die Vorteile beider Technologien nutzen.
- **CFD-Modelle** für einen neuen Compound-Parabolic-Concentrator (CPC)-Solarkollektoren und einen Flachkollektoren (Fact Sheet C-D1.4). Diese, durch Methoden der numerischen Strömungsmechanik entwickelten Modelle wurden durch Messdaten validiert und können in künftigen Untersuchungen verwendet werden, um das Kollektorendesign zu optimieren.
- **Richtlinien für Erdbeckenspeicher**: Auslegung, Materialien, Komponenten, geologische und geografische Bedingungen, Größenberechnung (Fact Sheet C-D2). Diesen Richtlinien zufolge erweist sich Wasser als ein hervorragendes Mittel für die Wärmespeicherung, da es billig, ungiftig und durch eine hohe Wärmekapazität gekennzeichnet ist. Die Kosten eines Wasserspeichers bestehen hauptsächlich aus den Komponenten, die das Wasser umgeben: etwa ein wasserdichter Tank und eine Wärmedämmung. Für kleinere Speicher (bis zu 5.000 m³) wird typischerweise ein gedämmter Stahltank verwendet, aber für größere Speicher ist ein Erdbeckenspeicher wesentlich billiger pro m³ Wasser.
- **Hydraulische Optimierung großer Kollektorfelder** (C-D3). Diese Studie basiert auf Untersuchungen von zwei Solarkollektorfeldern in Chemnitz-Brühl (Deutschland), allerdings sind die gezeigten Ergebnisse und Zusammenhänge auf andere solare Fernwärmeanlagen übertragbar. Die Anlage Brühl ist seit Sommer 2016 in Betrieb und erfüllt die Erwartungen an Ertrag und Wirkungsgrade. Bei großen Kollektorfeldern scheint eine gut gewählte Anzahl von Mäanderrohren und eine gute Einstellung des Regelventils in jeder Kollektorreihe eine zuverlässige Lösung zu sein, um eine gleichmäßige Strömungsverteilung zu erreichen. Die Ergebnisse zeigen, dass die gewünschten Werte der Wirkungsgrade erreicht werden können.

⁴ <https://task52.iea-shc.org/>

⁵ <https://www.iea-dhc.org/>

Im Normalbetrieb ist Wasser geeigneter als eine Glykol-Wasser-Mischung, da verschiedene Eigenschaften (z.B. Viskosität, Dichte) deutlich besser sind. Die durchwegs positiven Ergebnisse bestätigen die Gültigkeit des implementierten Konzepts, d. h. den Aufbau großer Kollektorreihen und die Durchflussregelung.

- **Investorenbrochure** “Solar heat for cities – The sustainable solution for district heating” [6] (s. Abbildung 6 und Details im Kapitel 6 „Vernetzung und Ergebnistransfer“). Die Broschüre gehört zum Fact Sheet D-D2 und beinhaltet wichtige Informationen über große Solarthermie-Installationen für Fernwärmesysteme: technologische und sozio-wirtschaftliche Aspekte, Vorteile, Schlüsselfaktoren, Marktentwicklung, Beschreibung von Fallbeispielen.
- **Marktentwicklungsanalyse in bestimmten Ländern:** Österreich, China, Dänemark, Frankreich, Deutschland, Niederlande, Schweden. Diese Analyse bildet das Fact Sheet D-D4. Darüber hinaus wurde in diesem Zusammenhang eine umfassende Studie zum State-of-the-art solarer Großanlagen sowie zu länderspezifischen Rahmenbedingungen, welche Dänemark, Österreich, Deutschland und China zu Vorreitern bei Solaren Großanlagen macht, unter der Leitung von AEE INTEC durchgeführt [7].
- **Kalkulationstool ENRSIM** zur Auslegung von Fernwärmeerzeugern aus erneuerbaren Energieträgern und mit speziellem Fokus auf Solarthermie (Fact Sheet A-D5.2). Dieses Tool ist open-source. Es wurde mit dem Hauptzweck entwickelt, die Abschätzung der Machbarkeit solarer Fernwärmeeinspeisung zu erleichtern und auf Basis von Simulation- und Betriebsdaten validiert. Dadurch wird die Arbeit an Großprojekten auf globaler Ebene vergünstigt sowie Investoren unterstützt, Benchmarks zu identifizieren. Nach Eingabe der Konfiguration eines geplanten Fernwärmesystems berechnet das Tool die Lastkurven der einzelnen Erzeuger und die Speicherladekurven über das Jahr und liefert als Ergebnisse technische, ökonomische und ökologische Indikatoren sowie Übersichtsdiagramme.

Abbildung 2: Darstellung des jährlichen solaren Deckungsgrad bezogen auf der Aperturfläche der Kollektoren pro Netzwärmebedarf auf Basis der Best-Practice-Beispiele von IEA SHC Task 55 (Quelle: [8])

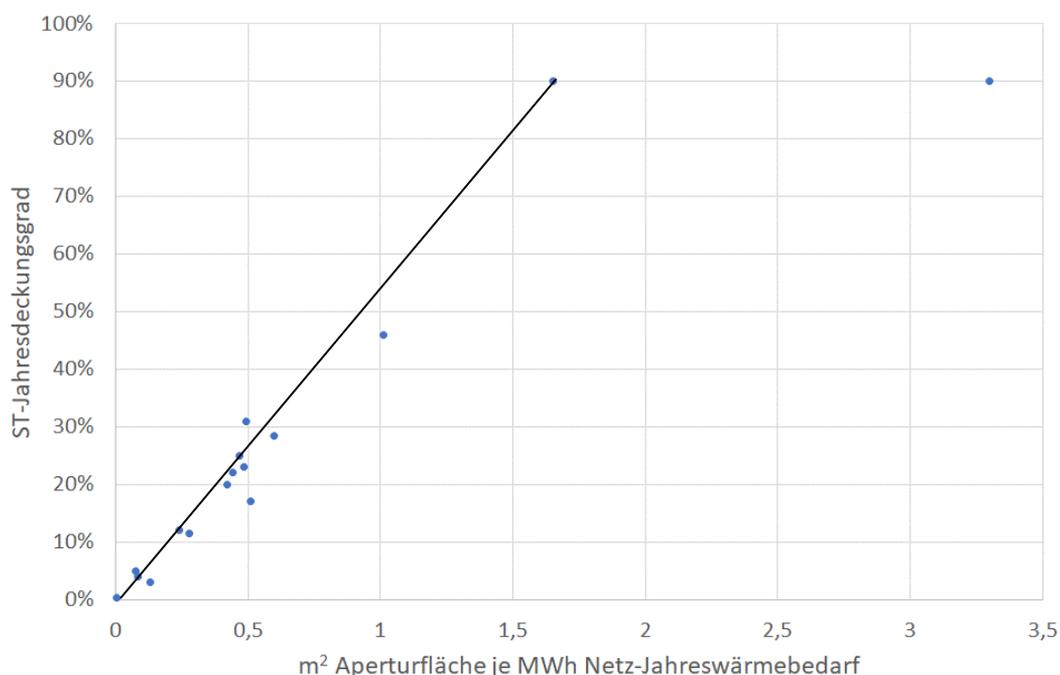


Tabelle 3: SWOT-Analyse der Integration solarthermischer Großanlagen in Fernwärme- und Fernkältenetze (Quelle: [9])

Stärken	Schwächen
Geringe Betriebskosten	Hoher Investitionsaufwand, dementsprechend lange Amortisationszeiten
Emissionsfreie Technologie (CO ₂ , NO _x , Lärm)	Eingeschränkte Flächenverfügbarkeit in Städten
Geringe Investitionsrisiken (geprüfte Technologie)	Bedarf an Speicher für signifikante Deckungsgrade, was Investitionsaufwand und Flächennutzung erhöht
Chancen	Risiken
Steigende Förderungen für Dekarbonisierung	Lange Amortisationszeiten machen die Technologie für Investoren unattraktiv
Solare Fernwärme zählt weltweit zu den meistversprechenden Lösungen für effiziente, nachhaltige Niedertemperaturwärmebereitstellung	Mangel an öffentlichem Bewusstsein, Marketing, Verständnis für Entscheidungstreffer
Erwartete Senkung des Investitionsaufwands als Folge des steigenden Markts	Wettbewerb mit immer günstiger werdenden Power-To-Heat-Optionen

Zusätzlich zu diesen Ergebnissen, die in Zusammenarbeit mit den internationalen Experten erzielt wurden, haben die österreichischen Partner folgende Themen erforscht:

- Zukunftsszenarien für Fernwärme und Solarthermie in Österreich.** Eine Szenarioanalyse für das Jahr 2030 wurde von AIT mit Optimierungsalgorithmen in Balmorel⁶ durchgeführt. Die Algorithmen, die zu diesem Zweck dem österreichischen Strom- und Wärmesystem angepasst wurden, berechnen das wirtschaftlich optimierte Szenario unter Berücksichtigung der technischen und regulatorischen Rahmenbedingungen. Die Ergebnisse dieser Analyse sind in Abbildung 3 dargestellt. Im optimierten Szenario für 2030 wächst der Solarthermie-Anteil an der österreichischen Fernwärme vom aktuellen vernachlässigbaren Wert bis auf 3,8%, d.h. ungefähr 60-fach größer. In diesem Szenario ist der Wettbewerb mit Wärmepumpen, deren Anteil vom heutigen vernachlässigbaren Wert bis auf 23,5% steigt, stark auffallend. Die Erzeugung aus fossilen Brennstoffen hingegen sinkt: der Erdgasanteil wird von 37% im Jahr 2018 bis 22% im Jahr 2030 abnehmen und weder Öl noch Kohle werden noch für Fernwärme eingesetzt, weil sie nicht mehr wirtschaftlich sein werden. Die Bedeutung der Solarthermie im optimierten Szenario wird noch zusätzlich steigen, wenn in den nächsten Jahren die Investitionskosten geringer werden sowie wenn die Brennstoffkosten für die Biomasse- und Gasanlagen steigen. Diese Analyse ist im Fact Sheet A-D2.1 enthalten.
- Integration saisonaler Warmwasserspeicher.** Das Fact Sheet A-D3.3 enthält ein Review über Integrationskonzepte, Stand der Technik, Highlights internationaler Anwendungen sowie einen Vergleich der verschiedenen Technologien in Bezug auf Stärken und Schwächen. Das

⁶ <http://www.balmorel.com/>

Fact Sheet stellt neue Technologien und aktuelle Studien vor (Kavernenspeicher sowie Untersuchungen über Luftdruck-Zweizonen-Warmwasserspeicher) und präsentiert ausgewählte, kürzlich abgeschlossene oder laufende internationale Entwicklungs- und Implementierungsprojekte. Der letzte Teil des Factsheets beschreibt ausgewählte Aktivitäten, die überwiegend von der Universität Innsbruck und von AIT zur Modellierung des hydrothermischen Verhaltens von großen Warmwasserspeichern und deren Umgebung durchgeführt wurden. Die entwickelten Modelle wurden als Grundlage für Abschätzungen der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit verwendet, und sie zielen darauf ab, eine zuverlässige Unterstützung für die Optimierung der Speicherauslegung, des Betriebs- und des Lastmanagements zu bieten, und demzufolge das Investitionsrisiko zu reduzieren.

- **Strategien zur Senkung der Netztemperaturen.** Die Erzielung niedrigerer Netztemperaturen ist Voraussetzung, um die Wirtschaftlichkeit sowohl der Fernwärmesysteme als auch der Integration großer Solaranlagen signifikant zu verbessern. Zu diesem Zweck sind sowohl intelligente Regelungsstrategien als auch innovative Geschäftsmodelle notwendig. AIT hat die Erfahrung aus dem laufenden H2020-Projekt TEMPO⁷ sowie aus dem österreichischen Projekt T2LowEx in Task 55 mitgebracht. Hauptergebnisse sind: Entwicklung innovativer anreizorientierter Geschäftsmodelle zur Senkung der Rücklaufemperatur in Fernwärmesystemen [10]; Erstellung eines Berechnungstools zur Kosten-Nutzen-Analyse und Bewertung von Investitionsmodellen zur Senkung der Rücklaufemperatur; simulationsbasierte Entwicklung und Bewertung eines Algorithmus für Fehlererhebung und – Diagnose in Übergabestationen von Fernwärmenetzen [11]; Datenanalyse und Bewertung der Temperaturoptimierung in den Demo-Fernwärmenetzen des Projekts TEMPO [12]. Diese Ergebnisse sind im Fact Sheet A-D4.2 beinhaltet.
- **Regelungsstrategien vom Energiesystem.** Zu den von BEST gelieferten Ergebnissen zählt ein Framework zur prädiktiven, optimierungsbasierten, übergeordneten Regelung hybrider Energiesysteme. Dieses Framework beinhaltet verschiedene Prognosemethoden, z.B. für den zukünftigen Solarertrag oder Wärmebedarf der Verbraucher, verschiedene Ansätze zur optimierungsbasierten Regelung, Ansätze zur Modellierung der einzelnen Komponenten, und Ergebnisse verschiedener Demonstrationsprojekte [13-15]. Die Ergebnisse sind Teil vom Fact Sheet A-D4.1.
- **In-situ Kollektortests.** Im Rahmen der Projekte MeQuSo⁸ (FFG-Nr. 848766) und CollFieldEff+⁹ (FFG-Nr. 854735) entwickelte AEE INTEC ein Strahlungsmodell für große Kollektorfelder, um die tatsächliche auf die Kollektoren einfallende Solarstrahlung basierend auf der gemessenen Gesamtstrahlung zu bestimmen [16]. Zusätzlich dazu verglich AEE INTEC drei unterschiedliche in-situ Testverfahren miteinander (Fact Sheet B-D1.2). Zusammen mit dem Solaranlagenbauer newHeat wurde das Fact Sheet B-D1.1 erstellt, das praktische Tipps zu Anwendung und Grenzen der Methodik für Anlagenbauer erläutert.
- **Regelungsstrategien von Schlüsselkomponenten.** Im Rahmen des Projekts HTC entwickelte BEST eine optimierte dynamische und modellbasierte Regelungsstrategie für Wasser-Lithium-Absorptionswärmepumpen. Darüber hinaus hat BEST maßgeblich verschiedene Ansätze für die Regelung der eigentlichen solarthermischen Anlagen, d.h. der Komponenten im Primär- und Sekundärkreislauf, untersucht und entwickelt [17-20] (Zusammenfassung im B-D3.1).

⁷ <https://www.tempo-dhc.eu/>

⁸ <https://www.aee-intec.at/megu-so-methodikentwicklung-fuer-qualitaetsnachweise-solarthermischer-grossanlagen-unter-realen-betriebsbedingungen-p185>

⁹ <https://projekte.ffg.at/projekt/1698655>

- **Automatisiertes Monitoring und Fehlererkennung.** Da die Größe neuer solarthermischer Anlagen und deren Komplexität in den letzten Jahren stetig zunehmen, kann eine effiziente Erkennung von Fehlern nur durch eine automatisierte Überwachung und Analyse durchgeführt werden. Empfehlungen für die Gewährleistung eines optimalen Betriebs durch den automatisierten Überwachungsprozess wurden von SOLID im Fact Sheet B-D3.2 angeführt. Da immer mehr Sensordaten zur Verfügung stehen, können Fehler durch automatisiertes Monitoring zeitnah erkannt werden, was enorme Einsparungen bringen kann.
- **Auslegung solarthermischer Anlagen.** Einen Überblick über die verfügbaren Methoden zur Auslegung solarthermischer Anlagen wurde von SOLID im Fact Sheet C-D4 gegeben. Das Fact Sheet beschreibt zunächst den Prozess auf einem hohen Abstraktionsniveau, gibt dann eine grobe Vorstellung davon, welche Module typischerweise bei solaren Fernwärmesystemen eingesetzt werden, und beschreibt schließlich Methoden, die für deren Dimensionierung verwendet werden. Das Merkblatt richtet sich an Leser, die neue Methoden für die Auslegung von Solarsystemen entwickeln wollen oder einen besseren Einblick darüber bekommen möchten, welche Techniken zur Modellierung thermischer Systeme existieren. Die Wahl für das beste Szenario ist nicht trivial. Eine der Aufgaben eines Systemdesigners ist es, zu entscheiden, welche Technologien verwendet werden müssen, und wie sie zu dimensionieren sind. Während die Detailplanung typischerweise in späteren Schritten in Machbarkeitsprojekten untersucht wird, ist es wichtig, auch in frühen Phasen des Projekts grobe Schätzungen über die Größe des Systems zu erhalten. Idealerweise können diese Abschätzungen schnell erfolgen (z.B. direkt vor Ort beim Kunden während des ersten Besuchs), so dass die Kunden eine gute Vorstellung der Möglichkeiten und der Machbarkeit von Solarsystemen bekommen.
- **Geschäftsmodelle für Solarthermie und hybride Technologien.** Geschäftsmodelle wurden von SOLID untersucht und im Fact Sheet D-D1 erörtert (Abbildung 4).

Abbildung 3: Vergleich der Szenarien der Wärmequellenanteile an österreichischer Fernwärme in den Jahren 2018 (tatsächliche Werte) und 2030 (laut modellbasierter Optimierung) (Quelle: AIT)

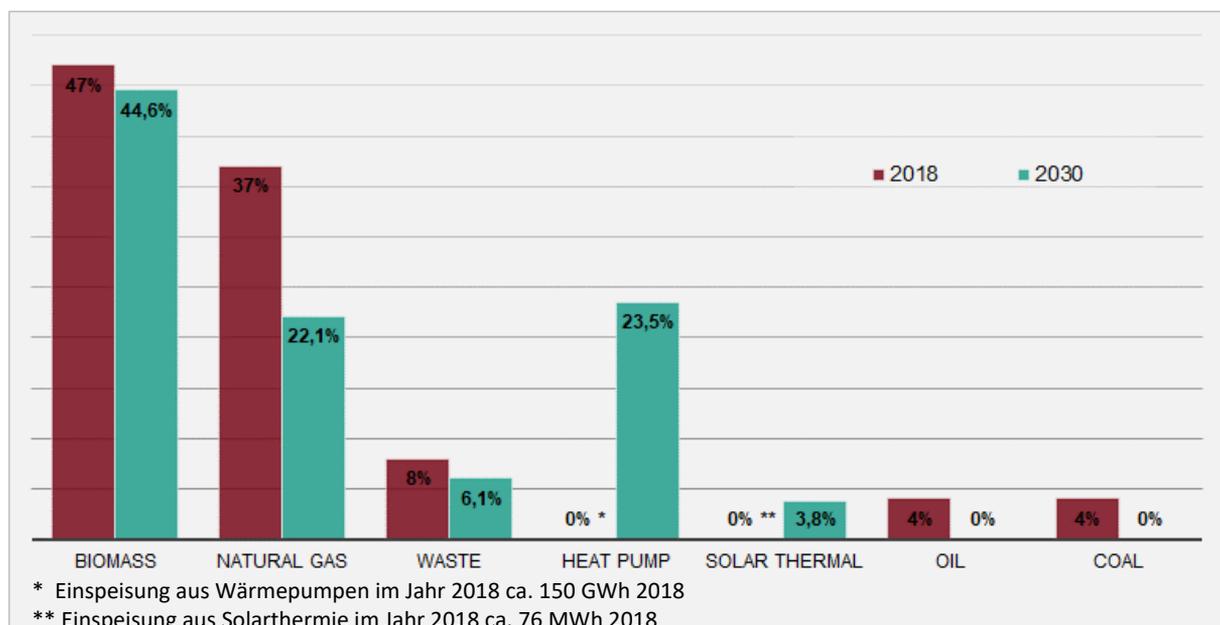
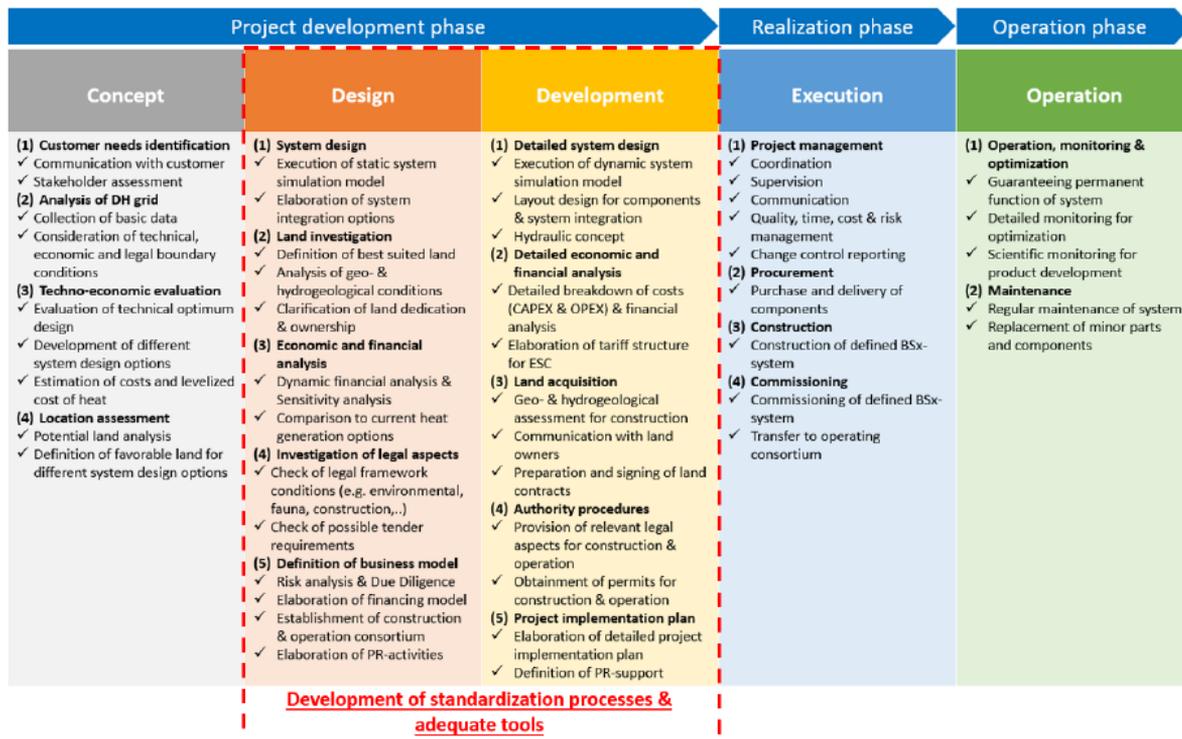


Abbildung 4: Geschäftsmodell für Solarthermie und hybride Technologien (Quelle: [21])



Die österreichischen Beiträge zum TASK 55 waren wesentlich, um den weltweiten solaren Fernwärmemarkt samt Systemtechnologien weiterzuentwickeln. Nur bei 5 von insgesamt 27 Fact Sheets hat kein österreichischer Experte mitgewirkt.

Die Eruierung der Entwicklung der solaren Fernwärme in anderen Ländern zeigte, dass die Voraussetzung zur Einbindung von Solarthermie in bestehende Fernwärmenetze sehr unterschiedliche Rahmenbedingungen aufweist (Fact Sheet D-D4). Es sind große Unterschiede in den Wärmegestehungskosten zu erkennen, auch weil die Förderbedingungen je Land sehr unterschiedlich sind und es oft schwierig ist, Freiflächen für die Anlagen zu finden. Die Wärmegestehungskosten sanken in den letzten Jahren enorm, so liegen sie mittlerweile zwischen 20 und 40 €/MWh. In Ländern wie Dänemark, wo Flächen bzw. das Land sehr günstig zu erstehen ist, und wo der Gaspreis und die Gassteuer sehr hoch sind, ist es möglich, Anlagen mit 20 €/MWh zu errichten. Mittlerweise sind in Dänemark solare Fernwärmeanlagen auch ohne Förderung wirtschaftlich. Dennoch ist es in anderen Ländern kaum oder gar nicht möglich, solare Fernwärmeanlagen ohne Förderung wirtschaftlich zu betreiben.

Derzeit entstehen Projektkonzepte zu diverser Flächennutzung, die untersuchen, wie sich Fauna und Flora unter solaren Großanlagen entwickeln und wie eine bewusste Bepflanzung die Arten- und Sortenvielfalt fördert. Es gibt z.B. in Österreich viele Freiflächen in Wasserschutzgebieten, neben Autobahnen und Zuggleisen, die für die Aufstellung von Kollektoren geeignet sind und auch niedrige Kosten (z.B. für Pacht) aufweisen. Um solche Flächen nutzen zu können, muss man im Moment aber große Hindernisse in Kauf nehmen (Abbildung 5).

Abbildung 5: Hemmnisse bei der Flächenbereitstellung für Solarthermie (Quelle: Projekt Solnet 4.0¹⁰)



5.2. Taskrelevante Publikationen

Folgende, für Österreich besonders relevante Publikationen wurden im Lauf von Task 55 veröffentlicht:

- IEA SHC Task 55 Newsletter November 2016 [22]. Der Newsletter berichtete über das Kick-Off Meeting des Projektes und informierte über die darauffolgenden geplanten Veranstaltungen.
- Posterpräsentation bei Solar TR2016 Conference (Istanbul, Dezember 2016): *IEA Solar Heating and Cooling Programme. Task 55: Towards the Integration of Large SHC Systems into District Heating and Cooling (DHC) Networks*. Autorin: Sabine Putz (SOLID). Im Poster werden die Ziele, der Inhalt und die angestrebten Ergebnisse von IEA SHC Task 55 zusammengefasst.
- Artikel im IEA SHC Solar Update, Volume 64, Dezember 2016: *European SDH Projects – The Next BIG Solar Step* [23]. Der Artikel beschreibt die Ergebnisse der Machbarkeitsanalyse des Projekts „BIG Solar“ in Graz.
- Bericht: *2016 Highlights* [24]. Im Bericht werden die Höhepunkte des Jahres 2016 vorgestellt.
- IEA SHC Task 55 Newsletter February 2017 [25]. Der Newsletter informierte über das geplante 2. IEA SHC Task 55 Meeting.
- IEA SHC Task 55 Newsletter March 2017 [26]. Der Newsletter beschrieb das 2. SHC Task 55 Expert Meeting und informierte über das geplante 3. Meeting.
- Konferenzpräsentation beim 27. Symposium Thermische Solarenergie (Mai 2017, Bad Staffelstein, Deutschland): *In-situ Leistungstest von großen Kollektorfeldern – Methodik, Messkonzept, Praxisaspekte*. Autoren: Daniel Tschopp, Philip Ohnewein, Roman Stelzer, Robert Hausner (AEE INTEC). In der Präsentation wurde das laufende Projekt MeQuSo (Methodikentwicklung für Qualitätsnachweise solarthermischer Großanlagen unter realen Betriebsbedingungen) gezeigt, dessen Ergebnisse danach in IEA SHC Task 55 einfließen.
- Online-Artikel, Mai 2017: *IEA Task 55: Solar District Heating Means Big Business* [27]. Der Artikel beschreibt die Fortschritte von „BIG Solar“ in Graz und betont die möglichen wirtschaftlichen Vorteile der Solarthermie in Fernwärmenetzen.

¹⁰ <https://www.solar-district-heating.eu/de/uber-uns/solnet-4-0/>

- Bericht: *2017 Highlights* [28]. Im Bericht werden die Höhepunkte des Jahres 2017 vorgestellt. Von besonderer Bedeutung waren die Forschungsergebnisse im Bereich Modellierung sowie das Abkommen für das Solarfernwärmeprojekt in Langkazi in Tibet.
- Bericht: *Onsite Training Course - Solar District Heating System* [29]. Im Bericht wird das Solar Academy Training vorgestellt, das am 31.10.-01.11.2018 in Lianyungang (China) stattfand.
- Online-Artikel, November 2018: *Sun meets 90% of district heat demand in Tibetan town* [30]. Der Artikel berichtet über das Solar Academy Training in Lianyungang (China) am 31.10.-01.11.2018.
- Bericht: *2018 Highlights* [31]. Im Bericht werden die Höhepunkte des Jahres 2018 vorgestellt. http://task55.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/IEA_SHC_Task55-2018_Highlights.pdf
- Bericht: *UK 2019 Solar Academy: Solar Heat Networks*. Im Bericht wird das Training „Solar Heat Networks: Policy, Planning, Design and Performance“ vorgestellt, das am 08.03.2019 in London abgehalten wurde [32].
- Online-Video: *Webinar: IEA SHC Solar Academy Task 55 - Large Scale SHC Systems Integration*. Das Video¹¹ beinhaltet das gesamte IEA SHC Solar Academy Webinar Task 55 vom 21.03.2019.
- Online-Artikel, April 2019: *GBP 320 million for low-carbon heat networks* [33]. Der Artikel gibt einen Überblick über das Projekt HNIP (Heat Networks Investments Project¹²) in Großbritannien.
- Online-Artikel, Mai 2019: *Seasonal pit heat storage: Cost benchmark of 30 EUR/m³* [34]. Der Artikel gibt einen Überblick über die ökonomischen Werte saisonaler Speicher.
- Online-Artikel, September 2019: *Danish SDH market reaches new milestone* [35]. Der Artikel gibt einen Überblick über den aktuellen Status der solaren Fernwärme in Dänemark.
- Broschüre: *Solar heat for cities – The sustainable solution for district heating* [6]. Die Broschüre bildet das Deliverable D-D2 und enthält wichtige Diagramme und Informationen über große Solarthermie-Installationen für Fernwärmesysteme: technologische Aspekte, Vorteile, Marktentwicklung, Beschreibung von Fallbeispielen aus China, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Lettland, Österreich.
- Wiki-Publikation: *Solar Heat Networks*¹³. Autor: Richard Hall (Energy Transitions Ltd.¹⁴). Die Wiki-Publikation gibt einen Überblick über die solare Fernwärme: Konzept, wirtschaftliche und technische Aspekte, Fallbeispiele, IEA und andere relevante Projekte.
- Präsentation bei der Sustainable District Energy Conference (Oktober 2019, Reykjavik): *Evolution of the Austrian district heating and the role of solar thermal: scenarios for 2030* [34]. In der Präsentation wurde eine Szenarioanalyse der österreichischen Fernwärme sowie der zukünftigen Rolle der Solarthermie vorgestellt. Der Inhalt wurde danach im Fact Sheet A-D2.1 hinzugefügt.
- Bericht: *2019 Highlights* [37]. Im Bericht werden die Höhepunkte des Jahres 2019 vorgestellt.
- Artikel in Elsevier Journal Energy, Jänner 2020: *Developing innovative business models for reducing return temperatures in district heating systems: Approach and first results* [10]. Im Artikel wird der Entwurf innovativer Geschäftsmodelle zur Senkung der Rücklauftemperaturen in Fernwärmenetzen vorgestellt.

¹¹ <https://www.youtube.com/watch?v=F-L88uSnFMU>

¹² <https://tp-heatnetworks.org/>

¹³ https://wiki.energytransitions.uk/wiki/Solar_Heat_Networks

¹⁴ <https://www.energytransitions.uk/>

- Fact Sheets A-D1.1, D-D1, D-D4, D-D5.2 sowie die Analyse der Zukunftsszenarien in Österreich, die im Fact Sheet A-D2.1 beinhaltet ist. Diese Ergebnisse liegen auf der Task-Webseite vor¹⁵.

Zusätzliche Veröffentlichungen der Taskergebnisse bzw. taskunterstützender Projekte erfolgten im Lauf von Task 55 über mehrere Kanäle:

- Publikationen in internationalen wissenschaftlichen Zeitschriften [7, 14-15, 17-20, 38-40];
- Keynote-Vorträge, Präsentationen und Konferenzpapers im Rahmen von internationalen Konferenzen, u.a. [12-13, 41-60];
- Präsentationen im Rahmen von Workshops und Vernetzungstreffen (s. Kapitel 6);
- Video-Interview¹⁶;
- Beiträge zu Solar Update (Newsletter von IEA SHC¹⁷) und solarthermalworld.org¹⁸;
- Task-Webseite, wo u.a. die Investorenbrochure [6], der Artikel über die Untersuchungen bei der Anlage in Chemnitz-Brühl (Deutschland) [38], die Fact Sheets und folgende Berichte abrufbar sind:
 - „Solar District Heating: Inspiration and Experiences from Denmark“ [61];
 - „Large Scale Solar Installations – The Actors & Activities“ [62];
 - „Trends in April 2018“ [63];
- Beiträge zu den Jahresberichten von IEA SHC¹⁹ sowie halbjährige Statusberichte für das Executive Committee von IEA SHC.

Nächste geplante taskrelevante Veröffentlichungen sind der Highlights-Bericht vom Jahr 2020 und ein Journal Paper zum Deliverable B-D1. Das Paper wurde mit dem Titel „Measurement and modeling of diffuse irradiance masking on tilted planes for solar engineering applications“ bei Applied Energy eingereicht und ist derzeit in Review (Autoren von AEE INTEC und DTU: D. Tschopp, A. R. Jensen, J. Dragsted, P. Ohnewein, S. Furbo).

¹⁵ <https://task55.iea-shc.org/fact-sheets> und <https://task55.iea-shc.org/publications>

¹⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=e4bjYf1BNUU>

¹⁷ <https://www.iea-shc.org/newsletters>

¹⁸ <https://www.solarthermalworld.org/keyword/iea-shc-task-55>

¹⁹ <https://www.iea-shc.org/publications>

6 Vernetzung und Ergebnistransfer

Die Internationale Energieagentur unterstützte diesen Task, um die in Österreich gewonnenen, neuen Forschungs- und Entwicklungserkenntnisse international zu verbreiten. Bei der Konzipierung des Tasks wurden folgende Zielgruppen definiert:

- Energieversorger und Betreiber von Fernwärme- bzw. Fernkältesystemen;
- Planer, insbesondere Stadtplaner, Architekten, Anlagenplaner;
- Hersteller von Komponenten für solarthermische und hybride Systemen, insbesondere Solarkollektoren, saisonale Speicher, Wärmepumpen;
- Anbieter von fernwärmeeinspeisenden Systemen;
- Energieagenturen;
- Berater, wie z.B. für Wärmeversorgung von Städten;
- Investoren und Förderstellen;
- Andere Technologiekollaborationsprogramme der Internationalen Energieagentur;
- Fernwärmeverbände;
- Teilnehmer an thematisch verwandten Forschungsprojekten;
- Universitäten und Forschungseinrichtungen;
- Nationale bzw. internationale Plattformen, wie z.B. Solar Heat Europe²⁰, die Europäische Technologie- und Innovationsplattform Renewable Heating and Cooling²¹ (ETIP RHC) und die Internationale Erneuerbare-Energie-Agentur²² (IRENA).

Innerhalb der Tasklaufzeit gelang es, alle oben genannten Stakeholder in das Projekt zu integrieren. Besondere Reichweite hat die Investorenbrochüre [6] (Abbildung 6), die für viele der Zielgruppen relevante Informationen zur Entwicklung der erneuerbaren Fernwärme enthält. Die Brochüre wurde am Ende des dritten Taskjahres (November 2019) veröffentlicht. Innerhalb eines Jahres (bis November 2020) wurde sie bereits über zweihundertmal von der Task-Webseite heruntergeladen. Vierhundert Exemplare wurden gedruckt und bei Konferenzen und Workshops aufgelegt.

Diese Brochüre dient nicht nur der Erleichterung von Investitionsentscheidungen für Investoren, sondern auch Unternehmen, die solare Fernwärmeversorgung anbieten und einen potentiellen Kunden mit dieser neutralgestalteten Brochüre gewinnen wollen. Die Brochüre enthält neben Informationsgrafiken auch einige Fallstudien erfolgreicher Umsetzungen im Bereich solarer Fernwärme in Dänemark, China, Serbien, Österreich, Frankreich, Lettland und Deutschland.

Die zurzeit größten Märkte für solare Fernwärme sind Dänemark, Deutschland, China, Schweden und Österreich. Neue Märkte etablieren sich gerade in Frankreich, Italien, Spanien, Finnland, osteuropäischen Ländern (vor allem Polen) sowie Balkanländern. Aufgrund der sich vergrößernden Märkte hat sich Operating Agent Ing. Sabine Putz dafür entschieden, die Investorenbrochüre innerhalb des Tasks zu erarbeiten. Da es keine Finanzierung für die Erstellung der Brochüre gab,

²⁰ <http://solarheateurope.eu/>

²¹ <https://www.rhc-platform.org/>

²² <https://www.irena.org/>

wurden Sponsoren aktiviert, damit der Herausgeber Solrico²³ die Broschüre konzipieren und fertigstellen konnte. Die Sponsoren waren: Solites, Arcon Sunmark, Savosolar, Aalborg CSP, Greenonetech, NewHeat, European Copper Institute. Insgesamt wurden 20 Seiten erarbeitet, um die bereits technisch erprobte und auch wirtschaftliche Technologie zur Wärmeversorgung weltweit zu verbreiten und um offene Fragen von Investoren oder Städten zu beantworten. Erfolgreiche Fallstudien sind auf prägnante Weise dargestellt und ermutigen zum Replizieren der Technologie in Ländern, wo die Voraussetzungen für eine Umsetzung gegeben sind.

Die Broschüre wurde von Solar Heat Europe an verschiedene Organisationen weitergeleitet, unter anderem an das Europäische Parlament, um aufzuzeigen, wie die Fernwärmeversorgung in Zukunft aussehen kann.

Abbildung 6: Deckblatt und finale Seite der Investorenbroschüre „Solar Heat for Cities“ [6]



Die Taskergebnisse wurden sowohl vom Operating Agent als auch von den Subtaskleitern und Task-Experten durch folgende Kanäle international vorgestellt:

- Drei Workshops, zu denen Task-Zielgruppen eingeladen wurden:
 - Gemeinsamer Workshop mit IEA DHC|CHP (District Heating and Cooling District Heating and Cooling including Combined Heat and Power) Annex TS2 am 10.04.2018 in Graz²⁴;

²³ <http://www.solrico.com/>

²⁴ <https://task55.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/2018-05-24%20Summary-Joined%20Workshop-Provasnek.pdf>

- Industrieworkshop mit Fernwärmebetreibern mit dem Titel „District heating of the future“ am 09.10.2019 in Härnösand (Schweden) mit 33 Teilnehmern, u.a. schwedische Fernwärmeversorgungsunternehmen²⁵;
- Technologietransferworkshop am 15.11.2020 über Zoom²⁶;
- Drei Trainings der IEA SHC Solar Academy:
 - „Solar district heating systems“ in Lianyungang (China) am 31.10.-01.11.2018 mit 150 Teilnehmern²⁷;
 - „Solar Heat Networks: Policy, Planning, Design and Performance“ in London am 08.03.2019 mit 50 Teilnehmer (aufgrund eingeschränkter Platzverfügbarkeit)²⁸;
 - „Renewable Heat for Heat Networks“ in London am 04.12.2019 mit 120 Teilnehmern²⁹;
- Webinar der IEA SHC Solar Academy mit Unterstützung der International Solar Energy Society³⁰ (ISES) am 21.03.2019 „Task 55 - Large Scale SHC Systems Integration“; mit 586 Anmeldungen zählt dieses Webinar zu der bestbesuchten ISES-Webinaren³¹;
- Wiki-Publikation *Solar Heat Networks*³²;
- Webseite des Verbands Austria Solar, die die Investorenbrochure [6] promotet³³;
- Task-Webseite mit thematischen Publikationen, Berichten und News (<https://task55.iea-shc.org/>);
- Jährliche Berichte über Task-Trends und Task-Highlights (Beiträge zu den Jahresberichten von IEA SHC³⁴) sowie halbjährige Statusberichte für das IEA SHC Executive Committee;
- Beiträge zu Solar Update (Newsletter von IEA SHC³⁵) und solarthermalworld.org³⁶;
- Österreichische Online-Plattform Nachhaltig Wirtschaften³⁷;
- IEA Vernetzungstreffen: Task 55 wurde 13.10.2017 von der Operating Agent in Salzburg³⁸ und 10.10.2018 von Werner Weiß (AEE INTEC) in Wien³⁹ präsentiert;
- Workshop „IEA Solar Heating and Cooling Research Co-operation“⁴⁰ (BMK, Wien 05.06.2019): die Präsentation von der Operating Agent über die Taskergebnisse ist online verfügbar [64];
- Artikel in Zeitschriften (u.a. [7, 10, 14-15, 17-20, 38-40]);
- Konferenz- und Workshopsvorträge (u.a. 2 Keynote-Vorträge und Beiträge auf nationalen und internationalen Konferenzen, u.a. in Chile, Australien, Dänemark, Türkei, USA, Deutschland, China, Italien, UAE, Schweden, Island, Österreich);
- Vortrag beim deutschen Fernwärmeverband AGFW⁴¹ im Rahmen der Fernwärmetage 2018;

²⁵ <https://www.absolicon.com/absolicon-hosts-shc-task-55-expert-meeting-in-harnosand/>

²⁶ <https://task55.iea-shc.org/Data/Sites/55/media/events/meeting-final/t55-technology-transfer-workshop--agenda--2020-10-15.pdf>

²⁷ <https://www.iea-shc.org/solar-academy/onsite-training/solar-district-heating-systems>

²⁸ <https://www.iea-shc.org/solar-academy/onsite-training/solar-heat-networks>

²⁹ <https://www.iea-shc.org/solar-academy/onsite-training/renewable-heat-for-heat-networks>

³⁰ <https://www.ises.org/>

³¹ <https://www.iea-shc.org/solar-academy/webinar/shc-into-dhc-systems>

³² https://wiki.energytransitions.uk/wiki/Solar_Heat_Networks

³³ <https://www.solarwaerme.at/daten-und-fakten/solare-fernwaerme/>

³⁴ <https://www.iea-shc.org/publications>

³⁵ <https://www.iea-shc.org/newsletters>

³⁶ <https://www.solarthermalworld.org/keyword/iea-shc-task-55>

³⁷ <https://www.nachhaltigwirtschaften.at/>

³⁸ <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/veranstaltungen/2017/20171210-iea-vernetzungstreffen-2017.php>

³⁹ <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/veranstaltungen/2018/20181010-iea-vernetzungstreffen-2018.php>

⁴⁰ <https://nachhaltigwirtschaften.at/en/iea/events/2019/20190605-iea-shc-workshop.php>

⁴¹ <https://www.agfw.de/>

- Vorstellung beim Energy Master Planning for Resilient Military Installations Training Workshop im Rahmen des IEA Energy in Buildings and Communities Annex 73 (Dezember 2017, Washington)⁴² [65];
- Expertentreffen von IEA SHC Task 55: die meisten Treffen wurden so angesetzt, dass sie als Side-Events von einer Konferenz abgehalten werden konnten, und bei dieser Konferenz auch das Task disseminiert wurde. Besonders erfreulich aus Sicht der Solar Heating and Cooling Conference (Graz 2018) und Solar World Congress (Abu Dhabi 2017, Chile 2019) war, dass die an den Task Meetings teilnehmenden Experten auch die Konferenzen besuchten.

Operating Agent Ing. Sabine Putz wurde im November 2020 zum Chair der horizontalen Arbeitsgruppe der ETIP RHC für erneuerbare Fernwärme ernannt, und wird daher die inhaltlichen Ergebnisse des Tasks 55 auch über diese Plattform verbreiten.

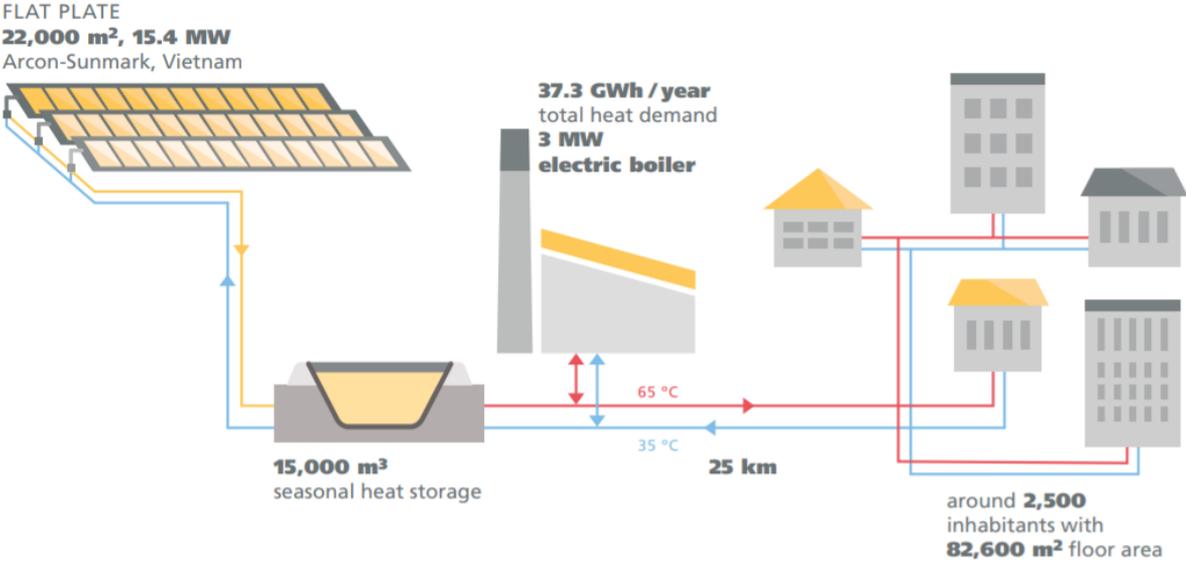
Die internationalen Arbeitsgruppen der IEA bilden eine ideale Plattform für die Zusammenarbeit in Forschungs- und Entwicklungsfragen. Die Teilnehmer profitieren vom Expertenwissen einer globalen Community. Internationale Studien und Analysen sind zahlreichen Teilnehmern zugänglich, Synergien können genutzt und Doppelarbeiten unterbunden werden. Dies entspricht einer optimalen Nutzung der begrenzten Ressourcen zahlreicher Partnerländer. Die Resultate aus der gemeinsamen inhaltlichen Arbeit (Studien, Fact Sheets, Berechnungs- und Simulationsmodelle, regionale bzw. nationale Rahmenbedingungen, Monitoring- und Umsetzungskonzepte, usw.) liefern eine ausgezeichnete Basis für eine nationale Implementierung. Die Beteiligung an den Arbeitsgruppen hat sowohl essentielle Beiträge zur Umsetzung solarthermischer Großanlagen in Österreich als auch zur Steigerung der nationalen Exporte (Europa, Asien, Australien und Nordamerika) geleistet.

Als besonders relevant sind die Vernetzungen innerhalb der Task-Experten zu nennen. Es wurde sowohl zwischen Industrie und Forschungseinrichtungen als auch innerhalb von Industrie und Forschung vernetzt. Durch gebündelte Kompetenzen von Forschungseinrichtungen und Kollektorherstellern wurden z.B. Methoden zum Leistungstest von Kollektoren im Feld entwickelt; dazu standen Messdaten von der mit präziser Messtechnik ausgestatteten Anlage am Fernheizwerk in Graz zur Verfügung. Innerhalb von zwei Expertentreffen in Graz wurden Exkursionen zu dieser Anlage unternommen; dadurch konnten Themen wie Planungssicherheit und Qualitätsbeurteilungsmethoden von solaren Großanlagen entwickelt werden. Eine bedeutende Erfolgsgeschichte des vorliegenden Tasks ist die Errichtung der solaren Fernwärme in Langkazi (Tibet, Schema und Kennzahlen in Abbildung 7): diese Anlage kam zustande, weil sich ein dänischer Kollektorproduzent und Anlagenbauer und ein chinesischer Anlagenbauer beim Kick-Off-Meeting des Tasks 55 trafen und ein Joint-Venture gründeten. So konnte innerhalb kürzester Zeit eine solare Fernwärmeversorgung mit saisonaler Wärmespeicherung 2018 errichtet und in Betrieb gesetzt werden. Besonders hervorzuheben ist, dass die chinesische Regierung diese Anlage zu 100% finanziert hat.

Task 55 hatte auch Auswirkung auf das Förderungsprogramm Solare Großanlagen des österreichischen Klima- und Energiefonds – so wurde eine Förderung von solaren Fernwärmeeinrichtungen bis zu einer Größe von 10.000 m² beschlossen.

⁴² <https://annex73.iea-ebc.org/event?EventID=7380>

Abbildung 7: Schema und Kennzahlen der im Dezember 2018 in Betrieb gesetzten solaren Fernwärme in Langkazi, Tibet (Quelle: [6])



7 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

In den letzten zehn Jahren ist das Interesse an einem wirtschaftlichen Einsatz von solaren Wärmenetzen enorm gewachsen, insbesondere in Dänemark, wo bis 2019 1 GW (> 1,6 Millionen m² Kollektorfläche) solare Fernwärme verbaut wurden. Trotz des bemerkenswerten Potentials großer solarthermischer Anlagen liegt allerdings der Wärmebeitrag der Solarthermie zur Wärme- und Kältebereitstellung in thermischen Netzen weltweit bei unter 1%. Da die Nachfrage nach solarthermischen Systemen steigt, sind daher deutliche Sprünge nötig, um eine globale nachhaltige Entwicklung zu erreichen. Derzeit hemmen vor allem technische, ökonomische und auch politische Herausforderungen eine raschere Marktentwicklung der Integration solarthermisch getriebener Wärme- und Kältenetze [3]. In Anbetracht dessen wurde daher in IEA SHC Task 55 das Ziel gesetzt, den wachsenden Markt der solaren Fernwärme- und Fernkälteanlagen zu unterstützen.

Ein wesentlicher Innovationsgehalt war die Analyse von Systemen, die einen signifikanten Anteil (>5%) von Wärme aus Solarthermie aufweisen und mit Hybridtechnologien vernetzt werden können. Im Gegensatz zu vorherigen Untersuchungen, in denen der Anteil vergleichsweise gering war, musste im vorliegenden Task ein holistischer Ansatz gewählt werden. Einerseits waren die Planung und der optimierte Betrieb des Gesamtsystems (inkl. Integration mit saisonalen Speichern, Wärmepumpen und konventionellen Wärmequellen) zu betrachten, andererseits waren Methoden zur optimalen Komponentenauslegung, Qualitätskontrolle, Zertifizierungen zu entwickeln. Die Ausarbeitung von Trendanalysen sowie von Richtlinien zu ökonomischen Rahmenbedingungen war außerdem notwendig, um das Potential für den Ausbau solarer Fernwärme nach den dänischen Erfolgsgeschichten in anderen Ländern zu bewerten bzw. neue Wege zu bestimmen.

In Zusammenarbeit mit allen Task-Experten wurden die wichtigsten Stärken, Schwächen, Chancen und Bedrohungen der Integration großer solarthermischer Anlagen in Fernwärme- und Fernkältenetze identifiziert (s. Tabelle 3, Seite 20). Solargestützte Fernwärme- und Fernkältenetze bilden einen wesentlichen Bestandteil eines zukunftsorientierten Energiesystems auf erneuerbarer Basis, mit hohen CO₂-Einsparungen und geringen operativen Kosten. Die Integration solarthermischer Großanlagen in Fernwärme- bzw. Fernkältenetze ermöglicht, Synergien zwischen thermischen Netzen und Solarthermie zu nutzen, die zu einer signifikanten Dekarbonisierung des Wärmesektors beitragen. Wärmenetze bieten eine gute Möglichkeit, die Energieeffizienz in städtischen Gebieten zu steigern und regenerative Energien in die Wärmeversorgung einzubinden. Solarthermie ist im Grunde emissionsfrei, vollständig erneuerbar, stets verfügbar und langfristig kostenstabil. Darüber hinaus sind solare Wärmenetze eine bewährte und zuverlässige Technologie, die auf einer mehr als 25 Jahre langen Erfahrung von Betreibern und Industrieexperten bezüglich Entwicklung, Betrieb und Wartung beruht.

Die Frage nach der Finanzierung stellt sich hingegen komplexer dar. Insbesondere wenn zusätzlich zur solarthermischen Großanlage der Bau von Speichern oder Wärmenetzen geplant ist, handelt es sich um sehr kapitalintensive Investitionen. Da auf breiter Basis nach wie vor Erfahrungen aus der Praxis fehlen, sind Finanzierungsfragen rund um die Solarthermie für viele Beteiligte noch unscharf und unsicher. Für ein tragfähiges Finanzierungskonzept ist daher eine professionelle Beurteilung der Risiken unabdingbar – denn die können je nach Projekt vielfältig sein. Relevant ist ein transparentes

Risikomanagement für eine große und diverse Zielgruppe von Investoren, Kreditgebern, Banken und Versicherungen über Projektentwickler, Betreiber und gegebenenfalls auch Endkunden bis hin zu politischen Entscheidungsträgern. Der Solarthermie wird bei der Dekarbonisierung des Wärmesektors eine wesentliche Rolle zugeschrieben [3] und braucht deshalb, gerade für den Einsatz der Solarthermie in Wärmenetzen, sehr attraktive Förderinstrumente, um den Ausbau zu forcieren.

Ein Patentrezept kann es hierbei jedoch nicht geben. Vielmehr ist eine differenzierte Betrachtung notwendig, denn durch die jeweils individuellen Parameter wie geografische Lage, Modellauswahl, Beteiligungsstruktur usw. hat jedes Projekt seine ganz eigenen Risiken. Dennoch werden mit jeder realisierten Anlage der Erfahrungsschatz und die Sicherheit auf allen Seiten größer – im Sinne der Wärme- und damit auch der Energiewende.

Durch die Übersicht von Risikodefinition und Minimierungsstrategien entsteht eine hilfreiche Grundlage, um die beteiligten Akteure zu überzeugen und das Vertrauen in Großprojekte zur Ökologisierung der Heizsysteme zu stärken. Der Aspekt der langfristigen Kostensicherheit dürfte sich angesichts des durch die CO₂-Abgabe zu erwartenden Preisanstiegs für fossile Energieträger künftig umso mehr auszahlen. Zudem werden, ähnlich wie bei Photovoltaik- und Windkraftanlagen, mit zunehmender Marktausweitung perspektivisch auch die Preise für die Anlagentechnik sinken.

Soll das Ziel einer nahezu klimaneutralen Versorgung von Gebäuden mit Wärme auch nur ansatzweise erreicht werden, führt an einem massiven Ausbau der erneuerbaren Wärmeversorgung kein Weg vorbei. Für die Dekarbonisierung der Fernwärme wird es darauf ankommen, alle verfügbaren regenerativen Erzeugungsoptionen einzusetzen und entsprechend den jeweiligen Bedingungen vor Ort optimal zu kombinieren. Neben vielen Einzelmaßnahmen sind dafür auch Großprojekte unverzichtbar – vornehmlich im Bereich der solarthermisch unterstützten Fernwärme sowie Solarthermie-Anlagen zur Nah-Versorgung von Häuserensembles und Quartieren.

Ziel der österreichischen Projektpartner ist es, die erarbeiteten Inhalte als lebendige Dokumente in den Institutionen weiterzupflegen. Die praxisbezogenen, gewonnen Erkenntnisse werden im Anlagenbau eingesetzt, und die Ergebnisse werden auch als Grundlage für zukünftige kooperative Projekte weiterverwendet. Als Beispiele kann man den Follow-Up-Task, der sich bereits in der Definitionsphase befindet (Leitung durch BEST), sowie andere Projekte in Vorbereitung zu folgenden Themen anführen:

- Folgeprojekt zu MeQuSo⁴³ (Methodikentwicklung für Qualitätsnachweise Solarthermischer Grossanlagen unter realen Betriebsbedingungen), um Methoden zur Messtechnik und Standardisierung weiterzuentwickeln;
- Folgeprojekt zum Leuchtturmprojekt giga_TES⁴⁴ (Giga-Scale Thermal Energy Storage for Renewable Districts), um Großspeicher zur Flexibilisierung des Fernwärmenetzes (mit sowie ohne Solarthermie) weiter zu untersuchen, um durch optimierte Auslegung und Betrieb das Investitionsrisiko zu minimieren;
- Fortschrittliche prädiktive Regelung von Fernwärme- und Fernkältenetzen samt einspeisenden Technologien und Abnehmerseite;
- Sektorenkopplung im Bereich Fernwärmeversorgung.

⁴³ <https://www.aee-intec.at/mequso-methodikentwicklung-fuer-qualitaetsnachweise-solarthermischer-grossanlagen-unter-realen-betriebsbedingungen-p185>

⁴⁴ <https://projekte.ffg.at/projekt/2754388>

Die österreichische Solarindustrie ist ein zentraler Bestandteil der Energieversorgung mit erneuerbaren Ressourcen. Österreich gilt als Pionier für die Solarthermie. Laut Marktstatistik waren mit Ende 2019 fünf Millionen Quadratmeter thermische Sonnenkollektoren in Österreich in Betrieb, welche einer installierten thermischen Leistung von ca. 3,5 GW entsprachen. Der Jahresnutzwärmeertrag dieser Anlagen lag bei 2.081 GWh; damit konnten 353.713 Tonnen CO₂-Emission vermieden werden. Der Umsatz der Solarthermie-Branche lag im Jahr 2019 bei rund 149 Millionen Euro, und die dadurch gesicherten Vollzeit Arbeitsplätze waren ca. 1.200.

Diesen Vorsprung verdankt das Land der kontinuierlichen Forschung, Förderung und dem Streben zahlreicher Akteure im politischen und wirtschaftlichen Sektor. Um diese Stellung nicht nur zu halten, sondern auszubauen, gibt es eine Reihe von Empfehlungen:

- Ausbau der angewandten Forschung zu solarer Fernwärme im Nieder- und Hochtemperaturbereich: Niedertemperatur deswegen, weil sie ein großes Potential für die Integration der Solarthermie in Fernwärmenetze lösen; Hochtemperatur deswegen, weil es noch viele alte Hochtemperatur-Fernwärmenetze in Ländern gibt, die gerade anfangen, ihre Netze in erneuerbare Fernwärme umzubauen;
- Transformation von alten Fernwärmenetzen in Niedertemperaturnetze;
- Einsatz saisonaler Wärmespeicher nicht nur zum Speichern erneuerbarer Wärme, sondern auch, um Wärme von z.B. Gaskraftwerken oder industrielle Abwärme zwischenspeichern zu können, und damit eine flexible Wärmeversorgung zu gewährleisten; in diesem Zusammenhang wird die Förderung für Leuchtturmprojekte über große saisonale Wärmespeicherkonzepte, wie z.B. ein Nachfolgeprojekt zu giga_TES, empfohlen;
- Ausbau der Netzintegration solarthermischer Großanlagen;
- Verstärkung der Konkurrenzfähigkeit solarthermischer Anlagen gegenüber konventionellen Energieressourcen durch finanzielle Anreize;
- Ausschöpfung der Kostensenkungspotentiale in bestehenden und geplanten bzw. neuen Anlagen;
- Erhöhung der Bekanntheit von ESCO-Modellen (wie z.B. Wärmelieferverträgen);
- Erarbeitung von Richtlinien für geringe Betriebs- und Wartungskosten;
- Weiterentwicklung automatischer Betriebsüberwachungssysteme für Großsolaranlagen;
- Überprüfung der Leistungskennzahlen bestehender Anlagen und Optimierung des Outputs großer Anlagen;
- Weiterentwicklung von fortgeschrittenen Energiemanagementsystemen, die modellbasierte Regelungsstrategien nicht nur für einzelne Systemkomponenten, sondern für die Optimierung des gesamten Netzes umsetzen;
- Optimierung der Hydraulik bestehender Anlagen und Minimierung der Systemverluste;
- Förderung der Solarthermie in neuen Märkten, um für Österreich neue Absatzmöglichkeiten zu erschließen.

Wie die Empfehlungen zeigen, gibt es für die österreichische Solarthermie-Branche zahlreiche Möglichkeiten, auf den Ergebnissen aus dem vorliegenden Projekt aufzubauen. Der Nachfolge-Task, zurzeit in der Definitionsphase, wird einige Thematiken aus den Empfehlungen aufgreifen, und damit Österreichs Position am weltweiten Solarthermie-Markt weiter stärken.

Literaturverzeichnis

- [1] Österreichs Weg in die Energie-Zukunft - Strategien und Erfolgsgeschichten (2019). BMK, Klima- und Energiefonds, Wirtschaftskammer Österreich (Hrsg.), Wien 2020.
https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/nw_pdf/mission-innovation-austria-broschuere-de.pdf (abgerufen am 02. Dezember 2020; 15:12)
- [2] Christian Fink, Dieter Preiß: Roadmap "Solarwärme 2025" - Eine Technologie- und Marktanalyse mit Handlungsempfehlungen. BMVIT, BMLFUW, BMWFW (Hrsg.), 2014.
https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/iea_pdf/1442_roadmap_solarwaerme_2025.pdf (abgerufen am 02. Dezember 2020; 15:20)
- [3] Werner Weiss, Monika Spörk-Dür: Solar Heat Worldwide. BMK (Hrsg.), Wien 2020.
<https://www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/Solar-Heat-Worldwide-2020.pdf> (abgerufen am 02. Dezember 2020; 17:05)
- [4] Infographic DE. IEA SHC, European Copper Institute, 2019.
http://task55.iea-shc.org/Data/Sites/55/media/illus_sdh_de.zip (abgerufen am 02. Dezember 2020; 15:25)
- [5] Fabian Ochs, Andreas Zottl, Michael Laueremann, Hermann Schranzhofer, Richard Heimrath, Christian Halmdiesnt, Daniel Reiterer: Store4Grid: Optimierte Erdbecken-Wärmespeicher für Wärmenetze. Endbericht. Klima- und Energiefonds (Hrsg.), 2015.
<https://www.energieforschung.at/assets/project/final-report/Store4Grid-publizierbarer-Endbericht-final.pdf> (abgerufen am 02. Dezember 2020; 15:10)
- [6] Bärbel Epp, Marisol Oropeza (Hrsg.): Solar heat for cities – The sustainable solution for district heating. IEA SHC, European Copper Institute, 2019.
<http://task55.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/Solar-Heat-for-Cities--The-Sustainable-Solution-for-District-Heating.pdf> (abgerufen am 02. Dezember 2020; 15:24)
- [7] Daniel Tschopp, Zhiyong Tian, Magdalena Berberich, Jianhua Fan, Bengt Perers, Simon Furbo: Large-scale solar thermal systems in leading countries: A review and comparative study of Denmark, China, Germany and Austria. In: Applied Energy, Vol. 270, 114997, 2020.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114997> (abgerufen am 02. Dezember 2020; 10:20)
- [8] Paolo Leoni: IEA SHC Task 55 Fact Sheet A-D1.2 - Techno-economic comparison of the collected best-practice examples. 2020.
<http://files.iea-shc.org/public/e4g/a-d1-2-comparison-best-practice-examples.pdf> (abgerufen am 14. Dezember 2020; 09:05)
- [9] Paolo Leoni, Ralf-Roman Schmidt, Roman Geyer, Patrick Reiter: IEA SHC Task 55 Fact Sheet A-D2.2 - SWOT analysis of solar thermal integration in district heating and cooling. 2020.
<http://files.iea-shc.org/public/ab5/a-d2-2-swot-st-dh.pdf> (abgerufen am 14. Dezember 2020; 09:07)
- [10] Paolo Leoni, Roman Geyer, Ralf-Roman Schmidt: Developing innovative business models for reducing return temperatures in district heating systems: Approach and first results. In: Energy, Vol. 195, 116963, 2020.

- <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.116963> (abgerufen am 02. Dezember 2020; 10:25)
- [11] Aurelien Bres, Christian Johansson, Roman Geyer, Paolo Leoni, Johan Sjögren: Coupled Building and System Simulations for Detection and Diagnosis of High District Heating Return Temperatures. In: Proceedings of Building Simulation 2019 Conference, Rom 2019. <https://doi.org/10.26868/25222708.2019.210629> (abgerufen am 20. Dezember 2020; 10:29)
- [12] Dirk Vanhoudt, Aurelien Bres, Paolo Leoni: TEMPO - Results of the first temperature reduction measures in the demo sites. In: Aalborg University (Hrsg.): Book of abstracts of 6th International Conference on Smart Energy Systems, 2020.
- [13] Viktor Unterberger, Thomas Nigitz, Mauro Luzzu, Daniel Muschick, Markus Göllles: Adaptive Methods for Energy Forecasting of Production and Demand of Solar Assisted Heating Systems. In: Olga Valanzuela et al. (Hrsg.): ITISE 2018 International Conference on Time Series and Forecasting, Vol. 1, pp. 170-181, 2018. http://itise.ugr.es/ITISE2018_Papers_Vol_3.pdf (abgerufen am 20. Dezember 2020; 10:55)
- [14] Thomas Nigitz, Markus Göllles: A generally applicable, simple and adaptive forecasting method for the short-term heat load of consumers. In: Applied Energy, Vol. 241, pp. 73-81, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.03.012> (abgerufen am 20. Dezember 2020; 10:50)
- [15] A. Moser, D. Muschick, M. Göllles, P. Nageler, H. Schranzhofer, T. Mach, C. Ribas Tugores, I. Leusbrock, S. Starke, F. Lackner, A. Hofer: A MILP-based modular energy management system for urban multi-energy systems: Performance and sensitivity analysis. In: Applied Energy, Vol. 261, 114342, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114342> (abgerufen am 20. Dezember 2020; 10:35)
- [16] Philip Ohnewein, Daniel Tschopp, Robert Hausner, Werner Doll: Dynamic Collector Array Test (D-CAT). Final Report FFG Project 848766 - MeQuSo. Development of methods for quality assessment of large-scale solar thermal plants under real operating conditions. AEE INTEC, Gleisdorf 2020. <https://www.energieforschung.at/assets/project/final-report/MeQuSo-Publizierbarer-Endbericht-FINAL.pdf> (abgerufen am 03. Dezember 2020; 14:41)
- [17] Christopher Zemann, Markus Deutsch, Sandra Zlabinger, Georg Hofmeister, Markus Göllles, Martin Horn: Optimal operation of residential heating systems with logwood boiler, buffer storage and solar thermal collector. In: Biomass and Bioenergy, Vol. 140, 105622, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105622> (abgerufen am 20. Dezember 2020; 10:31)
- [18] Thomas Nigitz, Markus Göllles, Christian Aichernig, Steffen Schneider, Hermann Hofbauer, Martin Horn: Increased efficiency of dual fluidized bed plants via a novel control strategy. In: Biomass and Bioenergy, Vol. 141, 105688, 2020. (abgerufen am 20. Dezember 2020; 10:31)

- [19] Viktor Unterberger, Daniel Muschick, Arnold Loidl, Uwe Poms, Markus Gölles, Martin Horn: Model-based control of hydraulic heat distribution systems — Theory and application. In: Control Engineering Practice, Vol. 101, 104464, 2020.
<https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2020.104464> (abgerufen am 20. Dezember 2020; 10:36)
- [20] Valentin Kaisermayer, Daniel Muschick, Martin Horn, Markus Gölles: Progressive hedging for stochastic energy management systems: The mixed-integer linear case. In: Energy Systems, 2020.
<https://doi.org/10.1007/s12667-020-00401-z> (abgerufen am 20. Dezember 2020; 10:37)
- [21] Patrick Reiter, Hannes Poier, Christian Holter, Sabine Putz, Werner Doll, Maria Moser, Bernhard Gerardts, Anna Katharina Provasnek: Fact Sheet D-D1 - Business Models of Solar Thermal and Hybrid Technologies. IEA SHC Task 55, 2019.
<http://files.iea-shc.org/public/db8/d-d1-business-models.pdf> (abgerufen am 20. Dezember 2020; 10:38)
- [22] IEA SHC Task 55 Newsletter November 2016.
<https://us13.campaign-archive.com/?u=ad6f102851bf92587a15c6d1e&id=b5a168ec72&e=0827ddd24a> (abgerufen am 02. Dezember 2020; 09:05)
- [23] European SDH Projects – The Next BIG Solar Step. In: Pamela Murphy (Hrsg.): Solar Update, Vol. 64, IEA SHC Dezember 2016.
<https://www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/2016-12-SolarUpdate.pdf> (abgerufen am 02. Dezember 2020; 09:07)
- [24] 2016 Highlights. IEA SHC Task 55, 2017.
<https://task55.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/IEA-SHC-Task55-Highlights-2016.pdf> (abgerufen am 02. Dezember 2020; 09:08)
- [25] IEA SHC Task 55 Newsletter February 2017.
<https://us13.campaign-archive.com/?u=ad6f102851bf92587a15c6d1e&id=76c82344f5> (abgerufen am 02. Dezember 2020; 09:10)
- [26] IEA SHC Task 55 Newsletter March 2017.
<https://us13.campaign-archive.com/?u=ad6f102851bf92587a15c6d1e&id=c0d7f9fb37&e=4d30b97615> (abgerufen am 02. Dezember 2020; 09:11)
- [27] Bärbel Epp (Hrsg.): IEA Task 55: Solar district heating means big business. 2017.
<https://www.solarthermalworld.org/news/iea-task-55-solar-district-heating-means-big-business> (abgerufen am 02. Dezember 2020; 09:11)
- [28] 2017 Highlights. IEA SHC Task 55, 2018.
<http://task55.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/IEA-SHC-Task55-Highlights-2017.pdf> (abgerufen am 02. Dezember 2020; 09:12)
- [29] He Tao, Wang Min: Report of Onsite Training Course – Solar District Heating System. 2018
<http://task55.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/IEA-SHC-China-2018-Solar-Academy-Onsite-Training-Solar-District-Heating-System.pdf> (abgerufen am 02. Dezember 2020; 09:14)

- [30] Bärbel Epp (Hrsg.): Sun meets 90% of district heat demand in Tibetan town. 2018. <https://www.solarthermalworld.org/news/sun-meets-90-district-heat-demand-tibetan-town> (abgerufen am 02. Dezember 2020; 09:14)
- [31] 2018 Highlights. IEA SHC Task 55, 2019. <https://task55.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/IEA-SHC-Task55-Highlights-2018.pdf> (abgerufen am 02. Dezember 2020; 09:08)
- [32] Richard Hall: UK 2019 Solar Academy: Solar Heat Networks. IEA SHC, 2019. <http://task55.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/IEA-SHC-UK-2019-Solar-Academy-Solar-Heat-Networks-Report.pdf> (abgerufen am 02. Dezember 2020; 09:16)
- [33] Bärbel Epp (Hrsg.): GBP 320 million for low-carbon heat networks. 2019. <https://www.solarthermalworld.org/news/gbp-320-million-low-carbon-heat-networks> (abgerufen am 03. Dezember 2020; 08:16)
- [34] Bärbel Epp (Hrsg.): Seasonal pit heat storage: Cost benchmark of 30 EUR/m³. 2019. <https://www.solarthermalworld.org/news/seasonal-pit-heat-storage-cost-benchmark-30-eurm3> (abgerufen am 03. Dezember 2020; 08:17)
- [35] Bärbel Epp (Hrsg.): Danish SDH market reaches new milestone. 2019. <https://www.solarthermalworld.org/news/danish-sdh-market-reaches-new-milestone> (abgerufen am 03. Dezember 2020; 08:18)
- [36] Hamid Aghaie: Evolution of the Austrian district heating and the role of solar thermal: scenarios for 2030. Sustainable District Heating Conference, Reykjavik 2019. <https://sdec.is/wp-content/uploads/2019/11/hamid-agmaie.pdf> (abgerufen am 02. Dezember 2020; 08:50)
- [37] 2019 Highlights. IEA SHC Task 55, 2020. <https://task55.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/IEA-SHC-Task55-Highlights-2019.pdf> (abgerufen am 02. Dezember 2020; 09:25)
- [38] Nirendra Lal Shrestha, Ophelia Frotscher, Thorsten Urbaneck, Thomas Oppelt, Thomas Göschel, Ulf Uhlig, Holger Frey: Thermal and hydraulic investigation of large-scale solar collector field. In: Energy Procedia, Vol. 149, 605-614, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.08.225> (abgerufen am 03. Dezember 2020; 08:25)
- [39] Eduardo A. Pina, Luis M. Serra, Miguel A. Lozano, Adrián Hernández, Ana Lázaro: Comparative Analysis and Design of Solar Based Parabolic Trough - ORC Cogeneration Plant for a Commercial Centre. In: Energies, 13, 4807, 2020. <https://doi.org/10.3390/en13184807> (abgerufen am 03. Dezember 2020; 08:27)
- [40] Abdulrahman Dahash, Fabian Ochs, Michele Bianchi Janetti, Wolfgang Streicher: Advances in seasonal thermal energy storage for solar district heating applications: A critical review on large-scale hot-water tank and pit thermal energy storage systems. In: Applied Energy, Vol. 239, 296-315, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.189> (abgerufen am 03. Dezember 2020; 08:50)
- [41] Anna Katharina Provasnek, Sabine Putz: IEA SHC Task 55: „Towards the Integration of Large SHC Systems Into DHC Networks“. In: Proceedings of Solar World Congress and

- International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry, Abu Dhabi (UAE) 2017.
<https://doi.org/10.18086/swc.2017.06.10> (abgerufen am 03. Dezember 2020; 08:52)
- [42] Ralf-Roman Schmidt, Markus Gölles, Anna Katharina Provasnek, Paolo Leoni, Sabine Putz. Barriers and opportunities to maximize the share of solar thermal energy in district heating networks – approaches within the IEA SHC Task 55, Subtask A and selected preliminary results. In: Proceedings of Solar World Congress and International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry, Abu Dhabi (UAE) 2017.
<https://doi.org/10.18086/swc.2017.06.12> (abgerufen am 03. Dezember 2020; 08:53)
- [43] Daniel Tschopp, Philip Ohnewein, Robert Hausner, Christoph Rohringer: In-situ Testing of Large Collector Arrays – Challenges and Methodological Framework. In: Proceedings of Solar World Congress and International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry, Abu Dhabi (UAE) 2017.
<https://doi.org/10.18086/swc.2017.36.03> (abgerufen am 03. Dezember 2020; 08:54)
- [44] Ralf-Roman Schmidt, Paolo Leoni, Markus Gölles, Sabine Putz, Anna Katharina Provasnek: Measures and enablers for integrating significant shares of solar thermal energy into urban district heating networks – preliminary results from SHC Task 55, Subtask A. In: Proceedings of 5th International Solar District Heating Conference, Graz (Austria) 2018.
- [45] Sabine Putz, Anna Katharina Provasnek: IEA SHC Task 55: „Towards the Integration of Large SHC Systems Into DHC Networks“ – Contributing projects and results. In: Proceedings of 5th International Solar District Heating Conference, Graz (Austria) 2018.
- [46] Daniel Tschopp, Philip Ohnewein, Christoph Rohringer, Robert Hausner: In-situ testing and modeling of large collector arrays. In: Proceedings of 5th International Solar District Heating Conference, Graz (Austria) 2018.
- [47] Fabian Ochs: Primary energy based evaluation of heat pumps in district heating systems with multi-functional thermal energy stores. In: Proceedings of 5th International Solar District Heating Conference, Graz (Austria) 2018.
- [48] Paolo Leoni, Aurelien Bres, Ralf-Roman Schmidt, Alessandro Capretti, Ilaria Marini: The TEMPO project: Challenges and Opportunities for Implementing Innovative Solutions for lowering the Temperatures in the District Heating Network of Brescia (Italy). In: Proceedings of 4th International Conference on Smart Energy Systems and 4th Generation District Heating, Aalborg (Denmark) 2018.
https://smartenergysystems.eu/wp-content/uploads/2019/04/Leoni_Capretti_2018.pdf
(abgerufen am 03. Dezember 2020; 08:55)
- [49] Paolo Leoni, Aurelien Bres, Ilaria Marini, Alessandro Capretti. Lowering the operating temperatures in old-generation district heating systems: experience from the TEMPO demonstration project in Brescia (Italy). In: Aalborg University (Hrsg.): Book of abstracts of 6th International Conference on Smart Energy Systems, 2020.
- [50] S. Zlabinger, V. Unterberger, M. Gölles, M. Horn, M. Wernhart, R. Rieberer: Development and experimental validation of a linear state-space model absorption heat pumping systems for model-based control strategies. In: T. Meyer (Hrsg.), ISHPC 2021 proceedings –

- online pre-conference 2020 (pp. 191 -195), Technische Universität Berlin, 2020.
<https://doi.org/10.14279/depositonce-10430.2> (abgerufen am 03. Dezember 2020; 08:55)
- [51] Sven Fahr, Daniel Tschopp, Jan Erik Nielsen, Korbinian Kramer, Philip Ohnewein: Review of in situ Test Methods for Solar Thermal Installations. In: Proceedings of Solar World Congress and International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry, Santiago de Chile (Chile) 2019.
<https://doi.org/10.18086/swc.2019.06.02> (abgerufen am 03. Dezember 2020; 09:00)
- [52] Abdulrahman Dahash, Annette Steingrube, Fabian Ochs, Mehmet Elci: Optimization of district heating systems: European energy exchange price-driven control strategy for optimal operation of heating plants. In: Proceedings of 13th Modelica Conference, Regensburg 2019.
<https://doi.org/10.3384/ecp19157169> (abgerufen am 03. Dezember 2020; 09:02)
- [53] Fabian Ochs, Abdulrahman Dahash, Michele Bianchi Janetti, Felix Kutscha-Lissberg, Peter Kremnetzer, Petra Drucker, C. Muser: The challenge of planning and constructing large-scale hot water TES for district heating system: A techno-economic analysis. In: Proceedings of International Renewable Energy Storage Conference, Düsseldorf 2019.
- [54] Abdulrahman Dahash, Michele Bianchi Janetti, Fabian Ochs: Numerical heat transfer modeling of large-scale hot water tanks and pits. In: Proceedings of Eurotherm Seminar #112: Advances in Thermal Energy Storage, Lleida (Spanien) 2019.
- [55] Fabian Ochs, Abdulrahman Dahash, Michele Bianchi Janetti: Planning and constructing cost-effective very large-scale hot water TES for district heating systems. In: Proceedings of Eurotherm Seminar #112: Advances in Thermal Energy Storage, Lleida (Spanien) 2019.
- [56] Abdulrahman Dahash, Michele Bianchi Janetti, Fabian Ochs: Numerical analysis and evaluation of large-scale hot water tanks and pits in district heating systems. In: Proceedings of Building Simulation 2019 Conference, Rom 2019.
<https://doi.org/10.26868/25222708.2019.210566> (abgerufen am 03. Dezember 2020; 09:05)
- [57] Abdulrahman Dahash, Fabian Ochs, Alice Tosatto: Co-simulation of dynamic energy system simulation and COMSOL Multiphysics®. In: Proceedings of COMSOL 2019 Conference, Cambridge (UK) 2019.
- [58] Alice Tosatto, Abdulrahman Dahash, Fabian Ochs, Michele Bianchi Janetti: Development of a numerical model for large scale seasonal thermal energy storage for DH systems. In: Proceedings of COMSOL 2019 Conference, Cambridge (UK) 2019.
- [59] Abdulrahman Dahash, Fabian Ochs, Alice Tosatto: Advances in modeling and evaluation of large-scale hot water tanks and pits in renewable-based district heating. In: Proceedings of 13th International Conference on Solar Energy for Buildings and Industry (EuroSun 2020), Athens 2020.
- [60] Abdulrahman Dahash, Fabian Ochs, Alice Tosatto: Simulation-based design optimization of large-scale seasonal thermal energy storage in renewables-based district heating systems. In: Proceedings of BauSIM 2020 Conference, Graz 2020.

- [61] Solar District Heating: Inspiration and Experiences from Denmark. Danish District Heating Association, PlanEnergi, 2018.
<http://task55.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/SDH%20Inspiration%20Experience%20DK%20v5.pdf>
(abgerufen am 03. Dezember 2020; 09:28)
- [62] Large Scale Solar Installations – The Actors & Activities. In: Pamela Murphy (Hrsg.): Solar Update, Vol. 66, IEA SHC Dezember 2017.
<http://task55.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/2017-12-Task55-Large-Scale-Solar-Installations-The-Actors-and-Activities.pdf> (abgerufen am 03. Dezember 2020; 09:25)
- [63] IEA SHC Task 55 – Trends in April 2018. 2018.
<http://task55.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/2018-04-TRENDS%20T55-4th%20Meeting.pdf> (abgerufen am 03. Dezember 2020; 09:20)
- [64] Sabine Putz: IEA SHC Task 55: „Towards the Integration of Large SHC Systems Into DHC Networks“. IEA Solar Heating and Cooling Research Co-operation Workshop, Wien 2019.
<https://www.aee-intec-events.at/download-presentations/7-putz-sabine/file.html>
(abgerufen am 03. Dezember 2020; 09:08)
- [65] Nicole Olsacher: Community-scale heating/cooling systems with seasonal storage and solar thermal collectors. Energy Master Planning for Resilient Military Installations Training Workshop, Washington (US) 2017.
<https://annex73.iea-ebc.org/Data/Sites/4/media/events/2017-12/presentations/09--olsacher--community-scale-heating-cooling-systems-with-seasonal-storage.pdf> (abgerufen am 03. Dezember 2020; 09:07)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kennzahlen der solaren Fernwärme in Dänemark im Jahr 2019 (Quelle: [4]).....	10
Abbildung 2: Darstellung des jährlichen solaren Deckungsgrad bezogen auf der Aperturfläche der Kollektoren pro Netzwärmebedarf auf Basis der Best-Practice-Beispiele von IEA SHC Task 55 (Quelle: [8])	19
Abbildung 3: Vergleich der Szenarien der Wärmequellenanteile an österreichischer Fernwärme in den Jahren 2018 (tatsächliche Werte) und 2030 (laut modellbasierter Optimierung) (Quelle: AIT) ...	22
Abbildung 4: Geschäftsmodell für Solarthermie und hybride Technologien (Quelle: [21])	23
Abbildung 5: Hemmnisse bei der Flächenbereitstellung für Solarthermie (Quelle: Projekt Solnet 4.0)	24
Abbildung 6: Deckblatt und finale Seite der Investorenbrochure „Solar Heat for Cities “ [6]	28
Abbildung 7: Schema und Kennzahlen der im Dezember 2018 in Betrieb gesetzten solaren Fernwärme in Langkazi, Tibet (Quelle: [6])	31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Struktur von IEA SHC Task 55	15
Tabelle 2: Liste der in IEA SHC Task 55 erarbeiteten Fact Sheets	16
Tabelle 3: SWOT-Analyse der Integration solarthermischer Großanlagen in Fernwärme- und Fernkältenetze (Quelle: [9])	20

Abkürzungsverzeichnis

AEE INTEC	AEE - Institut für Nachhaltige Technologien
AIT	AIT Austrian Institute of Technology GmbH
BEST	BEST - Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH
BMK	Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
CFD	Computational Fluid Dynamics
CHP	Combined Heat and Power
DHC	District Heating and Cooling
DTU	Danmarks Tekniske Universitet (Technische Universität Dänemark)
ESCO	Energy Service Company
ETIP	European Technology and Innovation Platform
IEA	International Energy Agency
SDC	Solar District Cooling
SDH	Solar District Heating
SHC	Solar Heating and Cooling
SOLID	SOLID Solar Energy Systems GmbH
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats

A large, light blue geometric shape, resembling a right-angled triangle or a trapezoid, is positioned on the right side of the page. It has a vertical right edge and a horizontal top edge, with a diagonal line connecting the top-left corner to the bottom-right corner.

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

[bmk.gv.at](https://www.bmk.gv.at)