

Forschungsimpuls:

Niedertemperaturwärmenetze in der Industrie

Im Rahmen des Begleitforschungsprojekts EE4InG



Verfasser des Berichts:

ETA-Solutions GmbH
Johannes Thirolf



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhalt

1. Kurzübersicht Forschungsimpuls	3
2. Chancen und Relevanz	4
3. Forschungspotenzial und Zielsetzung.....	5
3.1. Forschungsbegleitung	5
3.2. Technologieentwicklung bzw. Vorhabenbereiche	6
4. Struktur eines möglichen Konsortiums & Kompetenzträger.....	6

1. Kurzübersicht Forschungsimpuls

Impulsthemen

Thesen

These 1: Hohes, bisher kaum genutztes Dekarbonisierungspotenzial für Wärmeanwendungen <90°C

These 2: T_{Soll} bzw. Wärmeversorgung von Raumwärme/Warmwasser häufig auf zu hohem Temperaturniveau

These 3: Prozesswärmebereitstellung oftmals auf zu hohem Temperaturniveau

These 4: T_{Soll} des Industrierwärmeinsatzes im Bestand bietet Potenzial zur Absenkung

These 5: Bestand an Wärmeerzeugern alt oder 1-zu-1 Ersatzinvestition

Abbildung 1-1: Impulsthemen im Zusammenhang mit Niedertemperaturwärmenetzen in der Industrie

Bewertungskriterien, z.B.:

- Endenergiebedarf (absolut)
- Einsparpotenzial (absolut) (TWh, PJ)
- Einsparpotenzial je Anlage
- Realisierbarkeit
- Wettbewerber/Konkurrenztechnologien
- Technology-Readiness-Grad

Endenergiebedarf (absolut) gemäß Studienlage	Einsparpotenzial (abgeschätzt) absolut
155 TWh / 558 PJ	10 % / 14,4 TWh / 51,5 PJ
Einsparpotenzial je Anlage	Realisierbarkeit
% / TWh / PJ	Einfach: - / Mittel: - / Komplex: -
Wettbewerber/Konkurrenztechnologien	Technology-Readiness-Grad (TRL)
Gering: - / Mittel: - / Hoch: -	1- 1-3: - / 4-6: - / >6: -

2. Chancen und Relevanz

Die Deckung des industriellen Wärmebedarfs (Prozesswärme PW, Raumwärme RW, Warmwasser WW) ist derzeit in hohem Maße durch den Einsatz von (fossilen) Brennstoffen geprägt. Im Jahr 2019 wurden im Industriesektor etwa 92 % (97,5 %) der Prozesswärme (Raumwärme/Warmwasser) aus Brennstoffen (inkl. Fernwärme) bereitgestellt (Energiebedarf gedeckt durch Brennstoffe für PW: 435 TWh bzw. 1.567 PJ, für RW/WW: 44 TWh bzw. 157 PJ). Dagegen nimmt die strombasierte Wärmebereitstellung nur eine untergeordnete Rolle ein (Energiebedarf gedeckt durch Strom für PW: 37 TWh bzw. 134 PJ, für RW/WW: 1,1 TWh bzw. 4 PJ).

Dieses Verhältnis lässt auf ein Einsparpotenzial von 7,5-10 %¹ der CO₂-Emissionen für industrielle Wärmeanwendungen schließen, allein durch den Einsatz von Wärmepumpen zur Bereitstellung von Nutzenergie im Niedertemperaturbereich (NT-Bereich).

Dieses Potenzial wird verstärkt, indem NT-Abwärmequellen (These 1) mit Wärmepumpen schon ab ~ 25-30°C nutzbar gemacht werden, z. B. aus Kühlwasser, Kältemaschinen, Abluft und Prozessabwärme. Die drei Bereiche **PW <100°C, RW und WW** machen in Summe etwa 30 % des industriellen Wärmebedarfs aus. Darüber hinaus wird erwartet, dass die Temperaturniveaus der Wärmebereitstellung innerhalb dieser drei Bereiche sehr häufig **höher sind als erforderlich** (These 2 & 3) oder **ungeeignete Wärmeträger**, z. B. aufgrund historisch bedingter Dampfnetze, zum Einsatz kommen (These 1). Expertenseitig wird geschätzt, dass 30-40 % des Wärmebedarfs für PW<100°C, RW und WW durch eine Wärmeversorgung mittels Dampf und Heißwasser entfällt (ca. 186 TWh bzw. 670 PJ).

Laut Untersuchungen aus dem Jahre 2011 waren etwa 80 % der Dampf- und Heißwassererzeugungsanlagen älter als 10 Jahre. Allein deren Modernisierung im Bestand würde ein Endenergieeinsparpotenzial i.H.v. 10 TWh (36 PJ), bzw. 2 % des gesamten Brennstoffeinsatzes in der Industrie, ermöglichen. Es wird erwartet, dass der **Anteil älterer Anlagen auch heute noch hoch** ist oder ältere Wärmeerzeuger lediglich durch **reine Ersatzinvestitionen** erneuert wurden **ohne eine systemische Potenzialanalyse** z.B. hinsichtlich des erforderlichen Temperaturniveaus (These 5).

Über die (theoretische) Umstellung auf **bedarfsgerechte niedrigere Versorgungstemperaturniveaus** können in allen drei Bereichen (PW, RW, WW) bedeutende Vorteile erlangt werden. Diese drehen sich z.B. um einen geringeren Energiebedarf, höhere Wirkungsgrade bei Feuerungsanlagen aber auch um bessere Einbindungsmöglichkeiten von (NT-) Abwärmequellen. Die **Nutzbarmachung von CO₂-freier Abwärme auf einem NT-Niveau** (d.h. <100°C) spielt im Zusammenhang mit der Dekarbonisierung der industriellen Wärmeversorgung im NT-Bereich eine wesentliche Rolle.

Grundsätzlich beschränkt sich die angestrebte Dekarbonisierung im NT-Bereich durch Wärmepumpen nicht auf den konventionellen Wärmepumpeneinsatz mit alleiniger Wärmenutzung. Vielmehr steht der **Aufbau von NT-Wärmenetzen („kalte Wärme“ oder bis ca. 90°C bzw. Wärmenetze der 4. Generation)** im Vordergrund, sodass auch eine beidseitige Nutzung von Kältemaschinen und Wärmepumpen ermöglicht werden kann. Je nach Bedarfsstruktur im Industriequartier kann NT-Wärme mit einem spezifischen CO₂-Anteil von deutlich unter 100g CO₂ je kWh bereitgestellt werden. Bislang ist sie jedoch nur eine **unzureichend erschlossene und genutzte Energiequelle**.

¹ CO₂-Anteil pro Wärmeeinheit bei Nutzung einer Wärmepumpe mit COP von 3 bei ca. 150g/kWh im Vergleich zu ca. 200g/kWh bei gasbasierter Wärmeerzeugung übertragen auf Wärmemengenanteil im Niedertemperaturbereich

Einer Dekarbonisierung des industriellen Wärmesektors (PW, RW, WW), z. B. über bedarfsgerechte Temperaturniveaus, den Einsatz geeigneter Wärmeträger oder den Aufbau von NT-Wärmenetzen zur Einbindung von Abwärme und erneuerbarer Energien, stehen **unterschiedliche Herausforderungen und Hemmnisse** entgegen. So liegen die derzeitigen Strukturen oftmals darin begründet, dass über eine Dampfversorgung auf einem einzigen Temperaturniveau die Komplexität in Aufbau und Betrieb von Erzeugerstrukturen (z. B. Wärmeverteilnetz) gering ist. Solche Systeme können oftmals auf „gewachsene Strukturen“ zurückgeführt werden. Sie weisen allerdings auch auf fehlendes Problem- und Potenzialbewusstsein der Betreiber hin und somit fehlende systematische Bedarfsanalysen sowie Hemmnisse beim Technologiewechsel und allgemein auf ein relevantes Knowhow-Gefälle der Beteiligten hin. Entsprechend müssen Lösungsansätze gefunden werden, um die (individuellen) Potenziale innerhalb dieser Strukturen und wenn sinnvoll möglich auch quartiersübergreifend trotz des damit einhergehenden Aufwands (z.B. Neuinstallationen, zweites Wärmeverteilnetz, größere Wärmeübertrager) und in Abhängigkeit der individuellen (Einzel-) Anforderungen ausschöpfen zu können.

Literaturseitig wird allein der Mehrenergiebedarf durch die Überversorgung, d. h. auf einem höheren Temperaturniveau als erforderlich, mit etwa 10-15 % angegeben. Wird dieser Anteil auf den Energiebedarf in einem Temperaturniveau von 100-200°C bezogen, welches durch ein abgesenktes Temperaturniveau für eine Versorgung mittels Wärmepumpe (bzw. alternativer CO₂-reduzierter Erzeugertechnologien) ertüchtigt werden kann, resultiert ein **geschätztes Mindestpotenzial i.H.v. ca. 4,3 TWh (15,5 PJ)**. Wird auch für den Energiebedarf (unter Brennstoffeinsatz) der drei Bereiche PW <100°C, RW und WW ein Dekarbonisierungspotenzial von 10 % angenommen, so ergibt sich für diesen Bereich ein **überschlägiges jährliches Potenzial i.H.v. 14,4 TWh (51,8 PJ)**.

3. Forschungspotenzial und Zielsetzung

3.1. Forschungsbegleitung

Der abgeleitete Forschungsimpuls besteht aus unterschiedlichen, teils aufeinander aufbauenden Fragestellungen:

1. Studie zum qualitativen und quantitativen Aufkommen von Niedertemperaturabwärme in der Industrie in Deutschland
2. Untersuchung verfügbarer, technischer Realisierungsmöglichkeiten zur CO₂-reduzierten Wärmeversorgung im Bereich Prozesswärme <100°C, Raumwärme und Warmwasser
3. Analyse zu erfüllender technischer Voraussetzungen für die Realisierung einer Temperaturniveauabsenkung im Bereich Prozesswärme <100°C, Raumwärme und Warmwasser
4. Identifikation geeigneter Branchen und Prozesse mit einem übertragbaren Potenzial zur Temperaturniveauabsenkung und/oder Substitution von Wärmeträgern
5. Identifikation und Definition allgemeingültiger Anforderungen und Kriterien zur systematischen und einfachen Analyse des Dekarbonisierungspotenzials im individuellen Einzelfall
6. Entwicklung von Lösungsansätzen, um systemische Potenzialanalysen statt reiner Ersatzinvestitionen zu etablieren

Die Zielsetzung besteht darin dem Ungleichgewicht aus brennstoffbasierter und strombasierter Wärmeerzeugung und den erwarteten Potenzialen hinsichtlich einer Temperaturniveauanpassung gerecht zu werden. In diesem Zusammenhang soll übergeordnet (1) eine aussagekräftige

Datengrundlage zur Verfügbarkeit und Nutzbarkeit von NT-Abwärmequellen im Kontext von NT-Wärmenetzen aufgebaut werden. Weiterhin soll der Fragestellung (2) technischer Umsetzungsmöglichkeiten CO₂-reduzierter NT-Wärmeversorgung unter Berücksichtigung unterschiedlicher Prozessanforderungen nachgegangen werden. Aufgrund der großen Heterogenität industrieller Prozesse sollte hierbei (4) ein Fokus auf Übertragbarkeit und Skalierbarkeit gelegt werden, wenn es darum geht industrielle Prozesse zu identifizieren, bei welchen aufgrund einer Temperaturniveauabsenkung eine CO₂-reduzierte Wärmeversorgung ermöglicht werden kann. In diesem Zusammenhang müssen (5) individuelle Rahmenbedingungen und Fragestellungen z.B. hinsichtlich geeigneter/optimaler Temperaturniveaus der Wärmenetze oder der Topologie und Infrastruktur berücksichtigt werden. Industrielle Systeme inkl. aller Vernetzungen und Abhängigkeiten bedingen in diesem Kontext eine erhebliche Komplexität, welche einen großen F&E-Bedarf zur angestrebten Dekarbonisierung erforderlich machen. Übergeordnet sollen (6) Möglichkeiten identifiziert werden, um eine systemische Ertüchtigung industrieller Wärmeversorgung über reine Ersatzinvestitionen hinaus zu gewährleisten und zu etablieren.

3.2. Technologieentwicklung bzw. Vorhabenbereiche

Durch technische und organisatorische Umstellungen sollen Dekarbonisierungspotenziale ausgeschöpft werden und z.B. über die Entwicklung von allgemeingültigen Ansätzen und Leitfäden eine Knowhow-Steigerung seitens Anwender, Berater und Hersteller erreicht werden. Hierbei liegt der Fokus (unternehmensseitig) bei den Wärmeerzeugern und -verbrauchern. Alle (Teil-) Systeme und Kreisläufe in diesem Zusammenhang sind zu berücksichtigen. Die Umstellung ist unter Umständen mit der Entwicklung neuer (standardisierter und ggfs. interagierender) Technologien und Schnittstellen (z. B. dezentrale/zellulare Grundlast-Versorgungssysteme mit lokaler Abwärmenutzung) verbunden.

4. Struktur eines möglichen Konsortiums & Kompetenzträger

Ein mögliches Konsortium aus Kompetenzträgern sollte aufgrund der unterschiedlich zu berücksichtigenden Perspektiven und Themenschwerpunkte grundsätzlich und mindestens die folgenden Akteursgruppen enthalten: Forschungseinrichtungen/-verbände, Anlagenhersteller/-betreiber und Planer/Berater. Weiterhin sind bei einem unternehmensübergreifenden Wärmenetz ggf. auch Zuständigkeiten der Kommune/Energieversorgung zu integrieren.