

# Kurzstudie: Prozesswärme in der Industrie – Investitionsentscheidungen verstehen

## Autor:innen

Deutsch, Nicolas

Harfst, Dr. Nathanael

Neuhaus, Josephine

Schmidt, Gloria

Vidovich, Beatriz

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>2</b>
<b>A Zwischen Effizienzpotenzial und Umsetzungsdefizit</b> .....	<b>3</b>
<b>B Energieeffiziente Dekarbonisierung industrieller Prozesswärme</b> .....	<b>5</b>
Priorität Effizienz: Der erste Schritt zur Transformation .....	5
Wirtschaftliches Potenzial und Barrieren innerhalb von Unternehmen.....	5
Bestehende politische Instrumente zur Beseitigung der Barrieren.....	7
<b>C Betrachtete Maßnahmen</b> .....	<b>9</b>
1. Dampf über industrielle Wärmepumpen mit Abwärmenutzung .....	9
2. Wärmespeicherung bei hohen Temperaturen .....	12
3. Wärmerückgewinnung und -integration .....	13
4. Optimiertes Benutzerverhalten und verbessertes Controlling des Verbrauchs .....	14
5. Technische Isolierung .....	15
<b>D Differenzierte Unternehmensanalyse und zielgerichtete Politikinstrumente</b> .....	<b>16</b>
Erkenntnisse aus der Studie .....	16
Beispiele möglicher staatlicher Interventionen.....	17
<b>E Fazit: Investitionslogik gezielt verändern, Dekarbonisierung ermöglichen</b> .....	<b>19</b>
Handlungsempfehlungen für eine wirksame Politik .....	20
Schlussfolgerung.....	21
<b>F Literaturverzeichnis</b> .....	<b>22</b>
<b>E Anhang: Sammlung diskutierter Optionen</b> .....	<b>24</b>



# Zusammenfassung

## Ausgangslage

Industrielle Prozesswärme macht rund ein Viertel des deutschen Endenergieverbrauchs aus und ist damit ein zentraler Hebel für die energieeffiziente Dekarbonisierung der deutschen Wirtschaft. Trotz verfügbarer Technologien und nachgewiesener ökonomischer Vorteile werden viele Energieeffizienz- und Dekarbonisierungsmaßnahmen nicht umgesetzt. Die vorliegende Studie analysiert die Gründe für dieses Umsetzungsdefizit und zeigt, wie Politik Investitionen gezielt anstoßen kann.

## Zentrale Erkenntnisse

- › Vor der Umstellung der Wärmebereitstellung muss immer die Ausschöpfung von Effizienzpotenzialen durch angemessene Temperaturen, Dämmung, Wärmerückgewinnung und Optimierung der Betriebsweise stehen.
- › Fehlende Planungssicherheit hinsichtlich politischer Rahmenbedingungen, der künftigen Strompreisentwicklung und der Funktionalität der Technologie werden als wesentliche Risiken wahrgenommen.
- › Das Strom-Gas-Preisverhältnis ist ein entscheidender Hebel. Ohne eine gezielte schrittweise Annäherung bleiben strombasierte Technologien wie Hochtemperatur-Wärmepumpen wirtschaftlich benachteiligt gegenüber der Gasversorgung.
- › Auch Maßnahmen mit kurzen Amortisationszeiten und positivem Kapitalwert, wie technische Isolierungen oder optimiertes Nutzerverhalten, leisten einen wichtigen Beitrag zur Energieeffizienz. Gerade diese kleineren Ansätze zeigen, dass sich mit geringem Aufwand spürbare Fortschritte in Richtung Dekarbonisierung erzielen lassen.

## Mögliche Lösungen<sup>1</sup>

- › Etablierung eines Wärmestrompreises für netzdienliche elektrifizierte und effiziente Wärmetechnologien zur Verringerung des Strom-Gas-Preisverhältnis.
- › Konsequente Überprüfung der Umsetzung der Vorgaben aus dem Energieeffizienzgesetz bzgl. der Vermeidung und Nutzung von Abwärme im Rahmen von Energieaudits und Zertifizierung.
- › Förderung von unternehmensinternen Infrastrukturen, etwa Wärmenetzen.
- › Anschubförderung, um positive Umsetzungsbeispiele (insbesondere bei Wärmepumpen und Hochtemperaturspeichern) zu haben, die die Risikowahrnehmung senken.

**Disclaimer:** Das Dokument erhebt keinen Anspruch auf einen abschließend abgestimmten Standpunkt von DENEFF und PwC und ist nicht als Handbuch zu verstehen. Vielmehr handelt es sich um einen Debattenbeitrag, der aktuelle Überlegungen und Analysen beider Organisationen widerspiegelt. Die Inhalte sind als Momentaufnahme einzuordnen und sollen als Grundlage für die weitere Diskussion dienen.

<sup>1</sup> Die dargestellten Lösungen stellen einen Auszug dar; weitere diskutierte Ansätze finden sich in der ausführlichen Analyse.

# A Zwischen Effizienzpotenzial und Umsetzungsdefizit

## Alle Energie wird zu Wärme – direkt oder über Umwege.

Die Kunst besteht darin, Umwandlungsverluste zu vermeiden, Abwärme über alle Temperaturniveaus bestmöglich zu nutzen und durch Aufwertung wieder nutzbar zu machen.

Rund 50 % des deutschen Endenergieverbrauchs wird für die Erzeugung von Nutzwärme eingesetzt, davon entfällt etwa die Hälfte auf industrielle Prozesswärme, die somit rund 25 % des gesamten Endenergieverbrauchs ausmacht (AGEB, 2025).

Unter Prozesswärme versteht man die in industriellen Produktionsprozessen eingesetzte Wärmeenergie, die unmittelbar für physikalische, chemische oder biologische Umwandlungen benötigt wird. Sie unterscheidet sich damit von Raumwärme- oder Warmwasserbereitstellung, da sie in der Regel auf deutlich höheren Temperaturniveaus bereitgestellt werden muss – von rund 100 °C bis weit über 1.000 °C, abhängig von Branche und Verfahren. Prozesswärme wird unter anderem für Trocknungs-, Schmelz-, Destillations-, Sterilisations- oder chemische Reaktionsprozesse eingesetzt und stellt den größten Anteil des industriellen Endenergieverbrauchs, und der damit verbundenen Energiekosten und Emissionen dar.

Derzeit stammt der Großteil der für Prozesswärme genutzten Energie aus fossiler Erzeugung, v.a. Erdgas (Agora Energiewende, 2022; BMWK, 2022), das nicht nur hohe CO<sub>2e</sub>-Emissionen verursacht, sondern auch erhebliche geopolitische und preisliche Risiken birgt.

Angesichts des großen Anteils der Prozesswärme am Gesamtenergieverbrauch und der damit verbundenen CO<sub>2e</sub>-Emissionen muss die Dekarbonisierung der industriellen Prozesswärme eine zentrale Rolle in der deutschen Klimapolitik einnehmen.

Technologien wie Wärmepumpen, Power-to-Heat-Anwendungen – etwa Elektrokessel oder Hochtemperaturspeicher – sind einsatzbereit. Viele Investitionen weisen schon heute positive Kapitalwerte auf und sind somit nicht nur ökologisch, sondern auch wirtschaftlich vorteilhaft und leisten darüber hinaus einen Beitrag zur Standortsicherung und Transformation der deutschen Wirtschaft.

Trotzdem werden diese Lösungen in der Praxis oft nicht umgesetzt. Dieses sogenannte „Umsetzungsdefizit“ lässt sich auf vielfältige Hemmnisse zurückführen. Die Hemmnisse sind nicht nur technischer, sondern auch finanzieller, und organisatorischer Natur

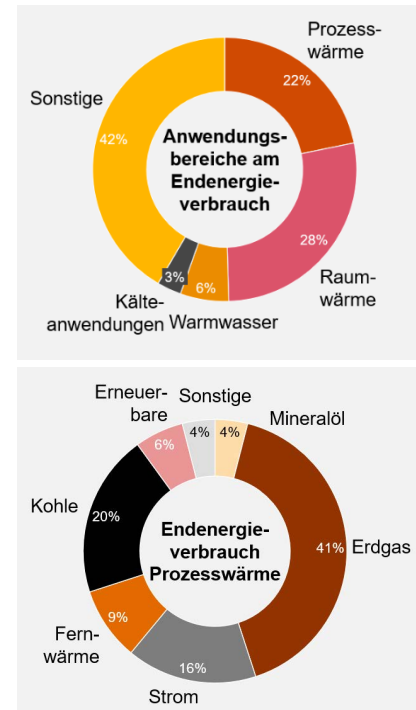


Abbildung 1- Anwendungsbereiche am Endenergieverbrauch und Endenergieverbrauch Prozesswärme. Quelle: BMWK (2022), Agora Energiewende (2022)

(Van Ballegooy et al., 2025). Techno-ökonomische Analysen zeigen, dass gerade Effizienzmaßnahmen den größten Anteil der wirtschaftlich tragfähigen, aber ungenutzten Potenziale darstellen (McKinsey & CO, 2023; IN4Climate.NRW, 2022; Oxenaar und Pusceddu, 2025). Die Erkenntnisse lassen sich zugleich auch auf Maßnahmen zur Minderung von CO<sub>2</sub>e-Emissionen übertragen. Damit wird deutlich: Die Transformation des Industriesektors hängt entscheidend davon ab, bestehende Hürden innerhalb der Unternehmen zu überwinden und wo nötig geeignete Förder- wie Regulierungsinstrumente zu etablieren.

Vor diesem Hintergrund verfolgt diese Kurzstudie das Ziel, anhand von fallstudienbezogenen Interviews zu untersuchen, warum wirtschaftlich sinnvolle Projekte zur energieeffizienten Dekarbonisierung von Prozesswärme in Unternehmen nicht realisiert werden und wie sich diese Hemmnisse wirksam abbauen lassen. Im Fokus steht der deutsche Markt, unter Berücksichtigung relevanter europäischer Rahmenbedingungen.

Für die vertiefte Analyse wurden fünf exemplarische Maßnahmentypen ausgewählt.

1. Dampferzeugung mittels industrieller Wärmepumpen mit Abwärmenutzung
2. Hochtemperatur-Wärmespeicherung
3. Wärmerückgewinnung und -integration
4. Optimiertes Nutzerverhalten und verbessertes Controlling des Verbrauchs
5. Technische Isolierung

Die Auswahl beruht auf einer gemeinsamen Abwägung verschiedener Kriterien wie Temperaturniveau oder Anwendungsbreite und orientiert sich zugleich an den größten identifizierten Vermeidungspotenzialen. Sie spiegelt damit sowohl empirische Erkenntnisse aus Fallstudien und Experteninterviews als auch die in der Literatur dominanten Handlungsfelder wider. Eine umfassende Technologieanalyse war nicht Gegenstand der Studie; vielmehr wurden jene Ansätze vertieft, die in Praxis und Forschung immer wieder als zentrale Hebel benannt werden und zugleich einen Beitrag zur erforderlichen Flexibilität des zukünftigen Energiesystems leisten.

Die Analyse kombiniert eine umfassende Auswertung einschlägiger Sekundärliteratur mit Experteninterviews und Fallstudien zu erfolgreichen Technologien. Ergänzt wird dies durch eine systematische Aufarbeitung der Hemmnisse in einer differenzierten Betrachtung nach Unternehmensgruppen. Der methodische Ansatz verbindet wissenschaftliche Evidenz mit praxisnahen Perspektiven und schafft so eine fundierte Grundlage für Politik, Förderinstitutionen und Multiplikatoren aus Industrie und Beratung.

Während Studien mit Bezug zur industriellen Dekarbonisierung sich häufig auf die klassischen „Hard-to-Abate“-Branchen wie Stahl oder Zement konzentrieren, versteht sich die vorliegende Analyse als Momentaufnahme entlang der aktuellen Transformationspfade unterschiedlicher Industriezweige. Sie berücksichtigt dadurch, dass auch jenseits der Schwerindustrie erhebliche Beiträge zur Emissionsminderung möglich sind – und dies oftmals mit unmittelbaren wirtschaftlichen Vorteilen verbunden ist. Damit soll die Studie einen gezielten Impuls für die politische Diskussion geben, insbesondere zu Aspekten, die bislang weniger Beachtung gefunden haben, und zugleich die Weiterentwicklung einer wirksamen Transformationsarchitektur im Bereich industrieller Prozesswärme unterstützen.



# B Energieeffiziente Dekarbonisierung industrieller Prozesswärme

## Priorität Effizienz: Der erste Schritt zur Transformation

Effizienz ist der erste Hebel für die Transformation industrieller Prozesswärme: Der Energiebedarf muss zunächst systematisch gesenkt werden, bevor zusätzliche oder alternative Erzeugungskapazitäten und Infrastrukturen ausgebaut werden. Im Kontext der Prozesswärme steht das Efficiency-First-Prinzip – wie es in mehreren Studien sowie in Artikel 1 Absatz 3 der Energieeffizienzrichtlinie (2012/27/EU) verankert ist – für einen Ansatz, der nicht nur unmittelbare Kosten- und Emissionsreduktionen ermöglicht, sondern zugleich die Grundlage für eine wirtschaftliche Elektrifizierungs- und Sektorkopplungsstrategie bildet (Agora Industrie & Future Camp, 2022; BMW, 2019; Meyer, 2024). Als Orientierungsrahmen dient das in dieser Studie verwendete Drei-Stufen-Modell (BMW, 2017):

1. **Effizienz & Flexibilität zuerst:** Energieproduktivität steigern, Abwärme wenn möglich vermeiden; Prozesse optimieren, Wärmerückgewinnung vorbereiten; zugleich Lastflexibilität erschließen (Monitoring, Steuerung, Fahrpläne).
2. **Direktnutzung klimaneutraler Energien vor Ort:** Elektrifizierung geeigneter Prozesse (z. B. Wärmepumpen, Power-to-Heat), Wärmerückgewinnung und Nutzung unvermeidbarer Abwärme konsequent integrieren.
3. **Effiziente Sektorkopplung aus dem Netz:** Restbedarfe mit erneuerbaren Energien decken – Umwandlungsverluste minimieren (z. B. durch hohe Temperaturpassung, Speichereinsatz).

Efficiency First ist kein reines ökologisches Leitbild, sondern ein ökonomisches und systemisches Gebot. Die konsequente Anwendung beschleunigt die Dekarbonisierung, senkt System- und Standortkosten und stärkt die Resilienz und Wettbewerbsfähigkeit einer klimaneutralen Industrie.

Insbesondere mit Bezug zur Prozesswärme ist vor der Umstellung der Bereitstellung daher zunächst die tatsächlich erforderliche Zieltemperatur aller versorgten Prozesse zu untersuchen: Bereits die Vermeidung unnötig hoher Prozess- oder Vorlauftemperaturen (etwa die Vermeidung der Bereitstellung von Heißwasser über Dampf) verbessert die Wirtschaftlichkeit der konventionellen Bereitstellung erheblich und verringert zusätzlich CAPEX und OPEX einer emissionsfreien Bereitstellung.

Darüber hinaus profitieren die Energiesysteme insgesamt: Effizienz senkt den Bedarf an Netzinfrastruktur, reduziert die Systemkosten und mindert das Risiko einer Subventionsspirale. Denn je ineffizienter elektrifiziert wird, desto stärker steigen Stromverbrauch, Netzausbau und Systemkosten – und desto größer wird der politische Druck, Strompreise staatlich zu stützen.

## Wirtschaftliches Potenzial und Barrieren innerhalb von Unternehmen

Erhebliche wirtschaftliche Potenziale bestehen in der Effizienzsteigerung und Dekarbonisierung der Prozesswärme. Beispielsweise zeigt eine Studie, dass der Anwendungsbereich Prozesswärme im deutschen Industriesektor ein wirtschaftliches Energieeinsparpotenzial von rund 47 % des Endenergiebedarfs aufweist – ohne Produktionseinschränkungen (Meyer et al., 2025). Die Dekarbonisierung erfolgt dabei einerseits durch

Effizienzsteigerungen und Abwärmenutzung, andererseits durch die Deckung des verbleibenden Energiebedarfs mit erneuerbarem Strom oder grünem Wasserstoff.

Mit Effizienzvorteilen ergeben sich wirtschaftlich betrachtet aus der Dekarbonisierung von Prozesswärme gleich mehrere Vorteile für Unternehmen: direkte Energieeinsparungen, sinkende Betriebskosten, Verringerung des Corporate Carbon Footprint, der Wegfall von CO<sub>2</sub>-Kosten sowie zusätzliche Förderungen und steuerliche Vergünstigungen.

Ob Prozesswärme-Maßnahmen tatsächlich umgesetzt werden, hängt jedoch z.T. stark von internen Entscheidungslogiken der Unternehmen ab. Dabei werden unterschiedliche betriebswirtschaftliche Kriterien berücksichtigt. Hierzu zählt etwa die Amortisationsdauer. Viele Unternehmen orientieren sich an festen Zielwerten, die typischerweise bei etwa drei Jahren liegen. Ebenso wird die Investitionshöhe oft in Relation zur finanziellen Situation betrachtet – etwa zur Bilanzsumme oder zum jährlichen Cashflow, um Liquiditätsaspekte zu berücksichtigen. Auch die strategische Ausrichtung kann entscheidend sein, beispielsweise wenn langfristige Nachhaltigkeitsziele oder Reportingpflichten bestehen. Hinzu kommen betriebswirtschaftliche Zusatzfaktoren wie Unsicherheiten beim Einsatz neuer Technologien mit wenigen Beispielanlagen, der interne Ressourcenaufwand für Planung und Genehmigungen, Integrationskosten sowie mögliche Auswirkungen auf Produktionsprozesse und Anlagenverfügbarkeit. Die Bedeutung und Gewichtung dieser Kriterien variieren jedoch erheblich zwischen Unternehmen, insbesondere in Abhängigkeit von deren Größe. Auf diese Unterschiede wird im weiteren Verlauf näher eingegangen.

Interne Entscheidungsprozesse erklären jedoch nur teilweise, warum viele wirtschaftlich tragfähige Maßnahmen nicht durchgeführt werden. Unsicherheiten bei externen Faktoren etwa politischen Rahmenbedingungen, auch in Bezug auf Preisen, Abgaben, Genehmigungen und Anforderungen an Lieferanten von Wärme stellen einen weiteren entscheidenden Faktor dar (Fraunhofer ISI, laufende Studie).

Weitere Hemmnisse, die auf Marktversagen zurückzuführen sind, spielen ebenfalls eine zentrale Rolle. Diese Barrieren entsprechen in weiten Teilen den Mechanismen, die in der Literatur als „Energieeffizienz-Lücke“<sup>2</sup> identifiziert wurden (Meyer et al., 2023), weisen jedoch im Bereich Prozesswärme spezifische Ausprägungen auf. Im Folgenden sollen daher drei zentrale Hemmnisse mit Bezug zur Dekarbonisierung von industrieller Prozesswärme näher beleuchtet werden.

**Prinzipal-Agent-Probleme:** Die für Investitionsentscheidungen verantwortlichen Akteure sind häufig nicht identisch mit denjenigen, die von den resultierenden Kosteneinsparungen und CO<sub>2</sub>e-Emissionsminderungen unmittelbar profitieren, was zu Zielkonflikten führt. Ein Beispiel hierfür ist die Nutzung industrieller Abwärme durch Dritte etwa im Rahmen eines Nah- oder Fernwärmenetzes bei dem der Aufwand für die Installation der Abwärmenutzung häufig zunächst beim Unternehmen und der Vorteil bei externen Dritten liegt. Dieses Phänomen tritt auch in dezentral organisierten Unternehmen auf, in denen Investitionsbudgets zentral freigegeben, Betriebskosten jedoch auf Werksebene getragen werden. Hinzu kommt das Problem von Informationsasymmetrien: Entscheidungsträger verfügen oft nicht über vollständige oder ausreichend aufbereitete Informationen zu den technischen Potenzialen, den tatsächlichen Einsparungen oder den betrieblichen Risiken. Dadurch werden Investitionen verzögert oder gänzlich abgelehnt. Volkswirtschaftlich gesehen tritt das Problem mit Bezug zur Dekarbonisierung auf, da der Nutzen einer klimaneutralen Wirtschaft den Unternehmen auch direkt aber insbesondere der Gesellschaft als Ganzes zugutekommt. Ein teilweiser Ausgleich der Interessen und Aufwände scheint somit sinnvoll zu sein.

**Hohe Energiekosten:** Ein entscheidendes Hemmnis ist das Strom-Gas-Preis-Verhältnis, welches den überwiegenden Teil der Elektrifizierungsansätze im Rahmen von Prozesswärme- bzw. Dekarbonisierungsmaßnahmen betrifft und deren Wirtschaftlichkeit maßgeblich bestimmt (Bruegel, 2024). Für industrielle Verbraucher in der EU ist Strom derzeit deutlich teurer als Erdgas – je nach Entlastungsgrad um 40-120 % (Amprion, BDI und BCG, 2025). Die Preisdifferenzen ergeben sich jedoch nicht nur aus Arbeitspreisen, sondern auch aus Umlagen und Steuern. Diese Kostenbenachteiligung bildet den zentralen limitierenden Faktor für strombasierte Wärmeerzeugungstechnologien und prägt auch durch die damit verbundenen Preisrisiken entsprechende Investitionsentscheidungen sowie Betriebskosten grundlegend ( Amprion, BDI und BCG, 2025; UBA, 2023; etc.).

**Amortisationszeit als Entscheidungsgrundlage:** Die Nutzung der Amortisationszeit als Kriterium der Wirtschaftlichkeit von Energieeffizienzmaßnahmen ist kritisch zu sehen – insbesondere, weil die Amortisationszeit alle Zahlungsströme nach ihrem Eintreten vernachlässigt und somit unvollständig rechnet und hierdurch insbesondere Maßnahmen mit langer Wirkungsdauer systematisch benachteiligt (Nissen, 2014). Da es sich bei Maßnahmen zur Dekarbonisierung von Prozesswärme jedoch häufig um infrastrukturelle Maßnahmen handelt, die eine lange Wirkungsdauer haben, kommt der Nachteil durch die Nutzung der Amortisationszeit besonders zum

---

<sup>2</sup> Die Energieeffizienz-Lücke bezeichnet die Differenz zwischen dem technisch und wirtschaftlich maximal möglichen Energieeinsparpotenzial und den tatsächlich realisierten Einsparungen.

Tragen. Daher sollten Methoden, die es ermöglichen, alle relevanten Zahlungsströme über die gesamte Wirkungsdauer von Maßnahmen zu berücksichtigen – etwa die Kapitalwertmethode – der Amortisationszeitrechnung vorgezogen werden (so auch Harfst, 2021).

## Bestehende politische Instrumente zur Beseitigung der Barrieren

Wie im vorangegangenen Kapitel gezeigt, bestehen trotz erheblicher Potenziale strukturelle, finanzielle und organisatorische Hemmnisse, die den Fortschritt bei der industriellen Dekarbonisierung bremsen. Zur Überwindung dieser Barrieren wurden sowohl auf europäischer als auch auf nationaler Ebene gezielte politische Maßnahmen entwickelt. Auf EU-Ebene gehören dazu Initiativen des Clean Industrial Deal, etwa der Elektrifizierungsaktionsplan und das Netzausbaupaket, ebenso wie die Heating & Cooling Strategy und der Action Plan for Affordable Energy, die auf eine systemische Verbesserung der Rahmenbedingungen für die Energieeffizienz und den Einsatz erneuerbarer Energien abzielen. Diese Ansätze werden in Deutschland durch nationale Strategien wie den Netzentwicklungsplan Strom oder spezifische Förderprogramme wie die "Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft" (EEW) ergänzt, um den Übergang zu einer klimaneutralen Industrie zu beschleunigen.

Die Maßnahmen beschränken sich nicht allein auf Förderprogramme oder groß angelegte Strategiepapiere, sondern umfassen auch regulatorische Verpflichtungen und operative Vorgaben. So verpflichtet beispielsweise das Energieeffizienzgesetz (EnEfG) Unternehmen, Energie- und Umweltmanagementsysteme einzuführen, Umsetzungspläne über wirtschaftliche Maßnahmen und zusätzliche Anforderungen mit Bezug zur Abwärmernutzung zu erfüllen – etwa die systematische Erfassung und Meldung relevanter Energie- und Abwärmeströme, Einsparmaßnahmen und deren Wirtschaftlichkeitsbewertung zu identifizieren sowie Maßnahmen zur Abwärmernutzung umzusetzen. Diese Vorgaben schaffen z.B. starke Anreize für eine kontinuierliche Verbesserung der Energieeffizienz und erhöhen zugleich den internen Umsetzungsanreiz.

In unserer Analyse wurden bestehende Politikinstrumente systematisch in Beziehung zu den von Meyer et al. (2023) identifizierten Hemmnissen gesetzt, um zu prüfen, welche Barrieren adressiert werden – und wo weiterhin Lücken bestehen. Tabelle 1 fasst die Ergebnisse in einem ersten Schritt nach Hemmnis und entsprechender Maßnahme zur Beseitigung des Hemmnisses zusammen.

Tabelle 1: Umsetzungshemmnisse und bestehende Instrumente zur Behebung

Hemmnis	Unternehmensinterne Maßnahme zur Beseitigung des Hemmnisses	Beispiele für bestehende politische Instrumente zur Beseitigung des Hemmnisses
<b>Fehlende Motivation</b>	Die Geschäftsführung bekennt sich dazu Energiebedarf und Energiekosten zu reduzieren	EnEfG §8 (Pflicht zu Energie-/Umweltmanagementsystemen); CSR-Richtlinie (Nachhaltigkeits-Reporting als Anreiz für Management-Commitment)
<b>Fehlende Akzeptanz</b>	Durch die offizielle Benennung von Energiebeauftragten und/oder Energieteams stärkt die Geschäftsführung die Akzeptanz für deren Tätigkeiten	Energieeffizienznetzwerke (IEKN), Energieauditpflicht nach EDL-G; ISO 50001, Förderung (BAFA)
<b>Fehlendes Wissen</b>	Die Verantwortlichen werden durch Schulungen befähigt, Energiebedarf und Energiekosten zu reduzieren	BAFA-Energieberatung Mittelstand; DIHK/Handwerkskammern Qualifizierungsprogramme, Energieauditpflicht nach EDL-G
<b>Fehlende Informationen</b>	In Schulungen erfahren Verantwortliche, wie die notwendigen Informationen beschafft werden können	Energieeffizienz-Netzwerke (BMWK-Initiative); Informationsplattformen (z. B. LEEN, dena)
<b>Fehlende Personalkapazitäten</b>	Energiebeauftragte und/oder Energieteams erhalten von der Geschäftsführung die notwendige Zeit, sich mit dem Thema zu beschäftigen, neue Stellen werden geschaffen	Förderung von Energiemanagern (BAFA-Zuschüsse für Personalstellen in KMU)
<b>Fehlende Relevanz der Energiekosten</b>	Es kann aufgezeigt werden, dass Energieeinsparungen direkt zur Erhöhung des Gewinns beitragen und damit auch „kleine“ Einsparungen sinnvoll sind	Strom- und Energiesteuer, CO <sub>2</sub> -Bepreisung, die Energiekostenrelevanz steigert; Förderprogramme (z. B.

<b>Hemmnis</b>	<b>Unternehmensinterne Maßnahme zur Beseitigung des Hemmnisses</b>	<b>Beispiele für bestehende politische Instrumente zur Beseitigung des Hemmnisses</b>
		Bundesförderung Energieeffizienz in der Wirtschaft, EEW), ETS 1 und 2
<b>Zu hohe Investitionen</b>	Zunächst Ausschöpfung aller verhaltensorientierten und niederschweligen Effizienzmaßnahmen, um den Gesamtbedarf zu reduzieren und damit die Investitionen zu senken und strategische Auslegung, sodass z.B. Wärmerückgewinnung nachträglich einfach integrierbar ist.	Förderquote bis 60 % im EEW; KfW-Energieeffizienzprogramme (z. B. Kredite mit Tilgungszuschuss), Umsetzung der ISO 50001 im Sinne der Identifikation geringinvestiver Maßnahmen
<b>Liquiditäts-beschränkungen</b>	Es muss nicht immer selber investiert werden. Zahlreiche Energieversorger bzw. Contracting-Unternehmen bieten attraktive Modelle an – so entfallen u.a. hohe Anfangsinvestitionen.	Energie-Contracting-Förderung (BAFA); Energiedienstleistungsunternehmen (ESCO)-Modelle unterstützt durch Förderbanken, Europäisches Beihilferecht, Clean Industrial Deal (Elektrifizierungs-Aktionsplan und Netzpaket)
<b>Amortisationszeit als Berechnungsmethode</b>	Bei Maßnahmen werden immer Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen (Kapitelwertberechnung) durchgeführt. Dadurch kann die Lukrativität vieler Energieeinsparmaßnahmen deutlich hervor gehoben werden	EnEfG-Verpflichtung zur Nutzung DIN EN 17463 VALERI, Leitfäden der dena und BMWK (z. B. zur Wirtschaftlichkeitsbewertung); Förderbedingungen



# C Betrachtete Maßnahmen

Für die vertiefte Analyse der Hemmnisse und möglicher Instrumente wurden fünf exemplarische Maßnahmentypen ausgewählt (Begründung siehe Kapitel A „Zwischen Effizienzpotenzial und Umsetzungsdefizit“).

1. Dampferzeugung mittels industrieller Wärmepumpen mit Abwärmenutzung
2. Hochtemperatur-Wärmespeicherung
3. Wärmerückgewinnung und -integration
4. Optimiertes Nutzerverhalten und verbessertes Controlling des Verbrauchs
5. Technische Isolierung

Die Untersuchung kombiniert eine theoretische Bewertung dieser Maßnahmen mit einer praxisorientierten Analyse. Grundlage bilden 15 Fallstudien aus Beratungsprojekten, ergänzt durch Interviews mit Fachleuten aus Industrie und Wissenschaft, Vertriebsmitarbeitenden unterschiedlicher Unternehmensgrößen sowie externen Berater:innen. Für jede der fünf Maßnahmentypen werden im Folgenden spezifische Anwendungsfälle und technische Beispiele dargestellt.

Besonders hervorzuheben ist, dass die effiziente Bereitstellung von Wärme auf dem jeweils erforderlichen Temperaturniveau eine zentrale Voraussetzung für Prozess- und Verteilungseffizienz darstellt. Maßnahmen wie die Vermeidung unnötig hoher Vorlauftemperaturen, etwa durch den Verzicht auf die Erwärmung von Heizungswasser mit Dampf, sind daher ein entscheidender Hebel und werden in den weiteren Betrachtungen der Bereitstellungsoptionen vorausgesetzt.

## 1. Dampf über industrielle Wärmepumpen mit Abwärmenutzung



### **Vom Abfallprodukt zur klimaneutralen Prozessenergie**

*Industrielle Wärmepumpen heben ungenutzte Abwärme auf Prozessniveau, etwa in Form von Dampf – sie verwandeln ein Abfallprodukt in verwertbare Prozessenergie und sind damit ein Schlüssel zur energieeffizienten Dekarbonisierung industrieller Wärme.*

Die Maßnahme „Dampf über industrielle Wärmepumpen mit Abwärmenutzung“ beschreibt die Nutzung industrieller Abwärme, die typischerweise auf niedrigem Temperaturniveau ungenutzt verloren geht, durch Hochtemperatur-Wärmepumpen zur Aufbereitung in nutzbaren Prozessdampf. Dadurch kann die Energieeffizienz gesteigert, Kosten gesenkt und CO<sub>2</sub>-Emissionen signifikant reduziert werden. Die Maßnahme besitzt ein hohes

technisches Potenzial, das bislang jedoch nur unzureichend genutzt wird. So ergaben die der Studie zu Grunde liegenden Fallstudien und Gespräche, dass in deutschen Unternehmen umfassende nutzbare Abwärmepotenziale vorliegen. Auch die vom BAFA veröffentlichten Daten zur Plattform für Abwärme (mehr als 25.000 Abwärmepotenziale mit einer gesamten jährlichen Menge von rund 243 TWh gemeldet) bestätigen diese Erkenntnisse (BfEE, 2025).

Die Effizienz einer Wärmepumpe hängt maßgeblich vom sogenannten Temperaturhub ab, also der Differenz zwischen der verfügbaren Quellentemperatur (Abwärme) und der angestrebten Zieltemperatur (hier z.B. Prozessdampf). Je kleiner dieser Temperaturhub, desto höher der COP (Coefficient of Performance) oder die Jahresarbeitszahl und desto wirtschaftlicher der Betrieb (vgl. Abbildung 1). Mit zunehmender Zieltemperatur steigt der Temperaturhub jedoch deutlich, was den Strombedarf erhöht und die Wirtschaftlichkeit einschränkt. Gleichzeitig kann durch die Nutzung von Abwärme die Quellentemperatur erhöht werden, was wieder zu einer Verringerung des Hubs führt. Müssen größere Temperaturhübe zustande gebracht werden, lassen sich auch mehrstufige Wärmepumpen mit hoher Effizienz einsetzen.

In Bezug zur Effizienz ist daher das Verknüpfen der relevanten Temperaturniveaus entscheidend. Wichtig ist dabei auch die tatsächlich erforderliche Zieltemperatur: Bereits die Vermeidung unnötig hoher Prozess- oder Vorlauftemperaturen (etwa die Vermeidung der Bereitstellung von Heißwasser über Dampf) verbessert die Wirtschaftlichkeit der konventionellen Bereitstellung erheblich und verringert zusätzlich die benötigten Temperaturhübe (siehe Kapitel „Priorität Effizienz: Der erste Schritt zur Transformation“). Heute lassen sich Wärmepumpen bereits zuverlässig auch bei hohen Temperaturen, etwa 250 °C, einsetzen und ermöglichen so den teilweisen oder vollständigen Ersatz von Erdgas in Prozessen: Technologische Entwicklungen eröffnen künftig noch größere Potenziale. Nach Schätzungen der Internationalen Energieagentur (IEA, 2022) könnten Hochtemperatur-Wärmepumpen bis 2050 rund 30 % des industriellen Wärmebedarfs bei Temperaturniveaus bis zu 400 °C decken.

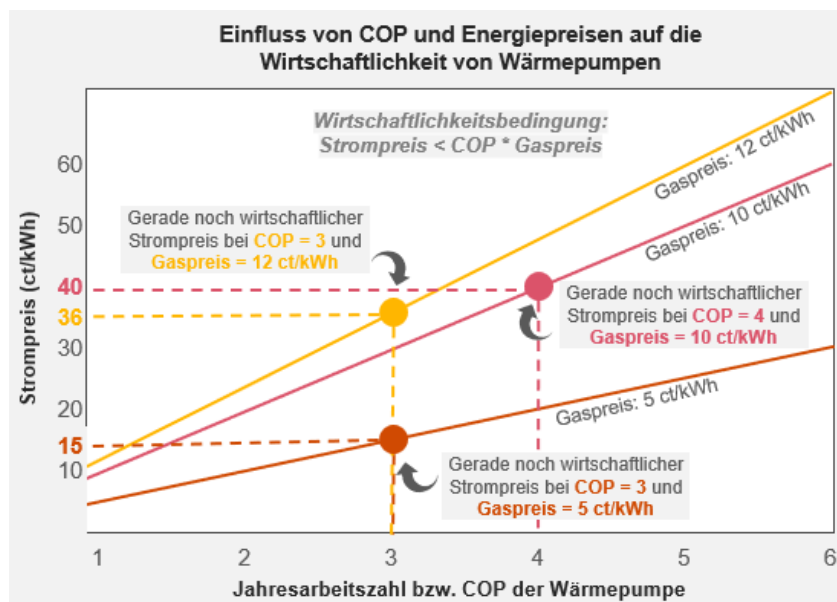


Abbildung 2 - Eigene Darstellung in Anlehnung an Fischer (2023)

Trotz des erheblichen Potenzials sind die Investitionskosten (CAPEX) für Großwärmepumpen mit Abwärmenutzung derzeit hoch. Industrielle Wärmepumpen zählen zwar zu den erfolgreichsten deutschen Exportgütern im Bereich der grünen Prozesswärmetechnologien, mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 11,7% zwischen 2010 und 2023 und einem Exportvolumen von 498 Mio. Euro (Prognos, 2025). Aus den Gesprächen mit Marktakteuren wurde jedoch deutlich, dass hier unter bestehenden Rahmenbedingungen nur eingeschränkte Skaleneffekte beim Hochlauf der Verkaufszahlen zu erwarten sind, da es sich um etablierte Technologien (Verdichter) und häufig um Einzellösungen für spezifische Anwendungsfälle handelt. Noch stärker ins Gewicht fallen jedoch die Betriebskosten (OPEX), da die Strompreise in Deutschland aktuell vergleichsweise hoch sind – insbesondere im Vergleich zum Erdgas (European Heat Pump Association, 2024; Fraunhofer ISI, 2024; Rosenow et al., 2024). Als weiterer Kostenfaktor kommt der Optimierungsgrad des Gesamtsystems hinzu. Die damit verbundenen Planungs- und Engineering-Aufwände erhöhen zwar die Gesamtkosten, sind aber dennoch entscheidend für die Wirtschaftlichkeit.

Erschwerend kommt hinzu, dass die meisten industriellen Anlagen ursprünglich auf den Einsatz fossiler Brennstoffe ausgelegt sind. Eine Nachrüstung erfordert oftmals tiefgreifende strukturelle Anpassungen der Heizprozesse, insbesondere in Branchen mit komplex integrierten Produktionslinien (Fraunhofer ISI, 2024; Rosenow et al., 2024). In der Praxis wird der Umstieg deshalb häufig hinausgezögert, bis bestehende Systeme wie Gaskessel das Ende ihrer Lebensdauer erreichen (Van Ballegooy et al., 2025). Hinzu treten standortspezifische

Infrastrukturmaßnahmen, etwa der Ausbau von Netzanschlüssen, Umspannwerken oder interner Stromverteilung, um den steigenden Strombedarf zu decken (Agora Energiewende und Fraunhofer IEG, 2023; DENEFF und RAP, 2025; Waliszewska, 2024). Neben diesen wirtschaftlichen und technischen Faktoren stellen auch organisatorische Aspekte erhebliche Barrieren dar: hoher Planungsaufwand, komplexe Peripherieanpassungen (z. B. Kondensatsammelsysteme) sowie fehlendes internes Know-how verzögern die Umsetzung. Contracting-Modelle können Investitionshürden zwar abmildern, führen jedoch aufgrund langer Verhandlungsprozesse und notwendiger Vertrauensbildung zwischen den Parteien ebenfalls häufig zu Verzögerungen.

Unter den befragten Expert:innen bestand überwiegende Einigkeit, dass sich eine pauschale Amortisationszeit nicht sinnvoll angeben lässt, da jedes Projekt von einer Vielzahl individueller Faktoren geprägt ist. Dazu zählen neben dem erforderlichen Temperaturniveau auch der spezifische Energiebedarf, die Verfügbarkeit geeigneter Wärmequellen, die Möglichkeit einer direkten Abwärmenutzung sowie die potenzielle Integration einer kombinierten Wärme- und Kälteerzeugung. Hinzu kommt das Verhältnis von Strom- zu Gaspreisen. Dieses Verhältnis wirkt nicht nur als direkte Wirtschaftlichkeitsbarriere, sondern erhöht aufgrund seiner Volatilität auch das Investitionsrisiko, da Preisschwankungen die ursprünglich kalkulierte Wirtschaftlichkeit erheblich verändern kann. Aus den Fallstudien hat sich ergeben, dass kurze Amortisationszeiten in vielen Unternehmen als Risikopuffer genutzt werden, um Unsicherheiten bezüglich Energiepreisentwicklung und regulatorischer Rahmenbedingungen abzufedern. Insbesondere das Strompreisrisiko sowie steigende Umlagen auf Strom werden als zentrale Investitionshemmnisse gesehen.

Solange der Gaspreis beispielhaft nur ein Drittel des Strompreises beträgt, wäre ein wirtschaftlicher Betrieb von Wärmepumpen nur vereinzelt darstellbar. Aus einem solchen Preisszenario ergäbe sich die technische Anforderung, dass die Wärmepumpe eine Jahresarbeitszahl von  $>3$ <sup>3</sup> erreichen müsste, um direkte Kostenvorteile zu generieren, da die Technologie, wie oben dargelegt, mit hohen Investitionskosten verbunden ist. Damit wird deutlich, dass die Wirtschaftlichkeit industrieller Hochtemperatur-Wärmepumpen nicht nur von technologischen Parametern abhängt, sondern in hohem Maße durch energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen – etwa die Kapazität des Stromnetzes - bestimmt wird, die über Erfolg oder Misserfolg einzelner Projekte entscheiden können.

Besonders positiv stachen in der Analyse der Fallstudien Anwendungsfälle hervor, bei denen die Wärmepumpe nicht nur zur Wärmebereitstellung, sondern zugleich zur Kältebereitstellung eingesetzt wurde, etwa in der Lebensmittelindustrie. In solchen Konstellationen kann die Wärmepumpe sowohl Prozesswärme liefern als auch Kältebedarfe decken, die bislang konventionell mit Strom erzeugt werden mussten. Dadurch steigt der COP bzw. die Jahresarbeitszahl deutlich, da die „Kälte-Seite“ mitgenutzt wird. Zugleich lassen sich Preisrisiken besser abfedern. Diese Doppelnutzung, eröffnet in industriellen Anwendungen zusätzliche Effizienz- und Wirtschaftlichkeitsgewinne.

Ein im Rahmen der Interviews geschildertes Praxisbeispiel verdeutlicht die starke Kontextabhängigkeit und Sensitivität der Wirtschaftlichkeit besonders eindrücklich: Ein Projekt, das zunächst auf Basis der Wirtschaftlichkeitsanalysen als sehr attraktiv bewertet und bereits zur Umsetzung vorbereitet war, erwies sich nach vertiefter Planung als nicht realisierbar. Grund war die Notwendigkeit, für die Anbindung eine Rohrbrücke über eine öffentliche Straße zu errichten, ein zusätzlicher Kostenfaktor, der die gesamte Kalkulation veränderte und das Projekt von wirtschaftlich attraktiv zu nicht tragfähig werden ließ.

Nichtsdestotrotz lässt sich, unter Ausklammerung extremer Einzelfälle und in dem Bewusstsein, dass es stets erhebliche Variationen geben wird, ein realistischer Orientierungsrahmen für Amortisationszeiten ableiten. Auf Basis unserer Fallstudien liegt dieser typischerweise im Bereich von etwa 4 bis 8 Jahren, wobei Abweichungen in beide Richtungen möglich sind.

---

<sup>3</sup> Eine Jahresarbeitszahl (JAZ) von 3 bedeutet beispielsweise, dass die Wärmepumpe im Durchschnitt aus 1 kWh Strom 3 kWh Wärme bereitstellt.

## 2. Wärmespeicherung bei hohen Temperaturen



**„Energie speichern, wenn sie günstig ist –  
Wärme nutzen, wenn sie gebraucht wird“**

*Hochtemperaturspeicher machen erneuerbaren Überschussstrom zur verlässlichen Prozesswärmequelle und ermöglichen eine flexible, klimafreundliche Produktion.*

Die Maßnahme „Wärmespeicherung bei hohen Temperaturen“ umfasst den Einsatz thermischer Speichersysteme, die Wärme auf hohem Temperaturniveau (über 100°C) speichern und bedarfsgerecht wieder bereitstellen können. Diese Technologie ermöglicht es, industrielle Prozesse flexibler zu gestalten, Abwärme effizienter zu nutzen und Schwankungen in der Energieversorgung auszugleichen. Darüber hinaus tragen Hochtemperaturspeicher dazu bei, die Integration erneuerbarer Energien in die industrielle Wärmeversorgung zu erleichtern, indem sie Lastspitzen reduzieren und netzdienlich wirken.

Ein wesentlicher Vorteil von Hochtemperaturspeichern liegt darin, dass sie keine zusätzliche Energieerzeugung erfordern, sondern bestehende Wärme oder Überschussstrom effizienter nutzbar und flexibler machen. Damit können sie nicht nur Energiekosten senken, sondern auch die Versorgungssicherheit von Unternehmen erhöhen. Darüber hinaus hängen ihre Einsatzperspektiven stark von den Energiemärkten ab: Mit dem wachsenden Anteil erneuerbarer Energien nimmt die Volatilität der Strompreise zu, während weltweit zugleich in die Weiterentwicklung und Kostensenkung von Batteriespeichern investiert wird. Vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen und der fluktuierenden Einspeisung erneuerbarer Energien ist zu erwarten, dass Hochtemperaturspeicher in den kommenden Jahren für Industriebetriebe zunehmend wirtschaftlich attraktiv werden.

Heute bestehen noch erhebliche spezifische Umsetzungshemmnisse für den Einsatz von Hochtemperaturwärmespeichern. Zu den zentralen Barrieren zählt, analog zur Maßnahme Großwärmepumpen, die Hürde der „fehlenden Relevanz der Energiekosten“ (Meyer et al., 2023). Sie ergibt sich nicht nur daraus, dass Speicher mit Strom beladen werden müssen, sondern auch aus der direkten Konkurrenz zu fossilen Energieträgern wie Erdgas oder Kohle. Vor dem Hintergrund des aktuellen Strom-Gas-Verhältnisses entsteht dadurch ein hoher Opportunitätskostenfaktor. Hinzu kommen regulatorische Belastungen wie Netzentgelte und Abgaben, die unabhängig von den jeweiligen Marktpreisen anfallen: Wärmespeicher gelten rechtlich als Endverbraucher und entrichten daher die vollen Netzentgelte, obwohl sie, wie auch Batteriespeicher systemdienlich arbeiten. Laut einer Fallstudie einer der befragten Speicherherstellern könnte eine deutliche Reduktion dieser Abgaben, beispielsweise um 90 %, die wirtschaftliche Betriebszeit von derzeit rund 2.000 auf bis zu 5.000 Stunden pro Jahr erhöhen damit die gesamthafte Rentabilität erheblich verbessern und gleichzeitig einen bedeutenden Beitrag zur Netzstabilisierung liefern.

Ein weiteres Hemmnis ist die regulatorische Einstufung von Abwärmebereitstellung als Energieversorgung, die zusätzliche Pflichten auslöst und dadurch Investitionen und Kooperationen behindert. Heute werden Unternehmen, die Abwärme an externe Nutzer weitergeben möchten, rechtlich zu Energieversorgern und unterliegen damit Melde- und Berichtspflichten, komplexen Abrechnungsanforderungen sowie Genehmigungsverfahren. Die dadurch entstehende Mehrarbeit hemmt Kooperationen zwischen Abwärmebereitstellern und -nutzern und führt dazu, dass wirtschaftlich sinnvolle Projekte häufig gar nicht erst angestoßen werden.

Darüber hinaus stellen die von Meyer et al. (2023) beschriebenen „zu hohen Investitionen“ ein klassisches Hindernis dar: Kurzfristige und risikoaverse Entscheidungslogiken führen häufig dazu, dass selbst langfristig rentable Speicherprojekte nicht realisiert werden. Die Fallstudien im Rahmen dieser Arbeit zeigen zudem, dass sich die typischen Amortisationszeiten stark unterscheiden: Während Wärmespeicher zur Abwärmenutzung in kleineren, klar abgegrenzten Projekten teilweise weniger als zwei Jahre benötigen, liegt die Elektrifizierung von Prozesswärme mithilfe von Speichern in der Regel bei sieben bis acht Jahren. Größere Projekte erfordern längere Amortisationszeiten, während mittlere Anwendungen meist die vorteilhaftesten Bedingungen bieten. Diese Spannweite verstärkt die Unsicherheit und begünstigt Investitionszurückhaltung. Eng damit verknüpft ist die Konkurrenzsituation zu Elektrokesseln und Wasserstoffprojekten. Viele Unternehmen setzen auf zukünftige

Wasserstofflösungen, obwohl Wasserstoff nach Experteneinschätzung mittelfristig teurer sein und nur eingeschränkt verfügbar bleiben dürfte. Elektrokessel wiederum gelten trotz ihres geringen Wirkungsgrades (Strom-zu-Wärme-Umwandlung im Verhältnis 1:1) häufig als wirtschaftlich attraktiv, da sie gegenüber Wärmepumpen mit einer Jahresarbeitszahl von 1,6 – 1,7 kurzfristig günstigere Betriebskosten aufweisen.

### 3. Wärmerückgewinnung und -integration



#### **„Wärme mehrfach nutzen“**

*Energieeffiziente Dekarbonisierung beginnt dort, wo Wärme nicht verloren geht, sondern mehrfach genutzt wird – Wärmerückgewinnung macht aus einmal erzeugter Energie ein nachhaltiges Mehrfachgut.*

Bei der Wärmerückgewinnung bzw. -integration handelt es sich um die Nutzung bereits vorhandener Prozesswärme, die in andere Prozessstufen oder Systeme zurückgeführt wird. Dies geschieht häufig über Wärmetauscher oder in Kombination mit intelligenten Wärmenetzen. Systematisch lässt sich die Maßnahme der Abwärmenutzung zur Deckung eigener Bedarfe und zur Versorgung Dritter nutzen und ist zugleich als Bestandteil klassischer Energieeffizienzstrategien einzuordnen. Der Investitionsaufwand ist in der Regel im mittleren Bereich und stark von Faktoren wie Quelle, Temperaturdifferenzen und bestehender Infrastruktur abhängig.

Ein wesentlicher Vorteil dieser Technologie liegt in den vergleichsweise niedrigen spezifischen Investitionskosten sowie in ihrer Modularität und Flexibilität. Anlagen können schrittweise ergänzt oder angepasst werden, wodurch ein hohes Maß an Skalierbarkeit entsteht. Darüber hinaus eröffnen sogenannte „Second-Life-Ansätze“ zusätzliche Perspektiven: Bereits genutzte Komponenten oder Wärmetauscher können weiterverwendet und in neue Systeme integriert werden, was sowohl Kosten senkt als auch Ressourceneffizienz steigert. Mit einer Reform der Netzentgeltverordnung könnte zudem die Fähigkeit zur flexiblen Stromnutzung durch Hochtemperatur-Wärmespeicher einen zusätzlichen ökonomischen Vorteil bieten, da diese Technologie günstigen Überschussstrom aufnehmen und später als Wärme bereitstellen kann (UBA, 2023).

Gleichwohl bestehen verschiedene Hemmnisse. Viele Industrieunternehmen fokussieren sich auf ihr Kerngeschäft und weisen daher begrenzte Aufmerksamkeit für Querschnittstechnologien wie Wärmerückgewinnung auf. Häufig liegen auch Wärmequelle und Wärmesenke räumlich weit voneinander entfernt, sodass Investitionen in betriebsinterne Wärmenetze nötig werden. Besteht ein solches Netz einmal, lassen sich weitere Abwärmequellen kostengünstig angliedern. Wird die Investition in ein Wärmenetz jedoch auf eine „erste“ Abwärmenutzung verrechnet, kann dies dazu führen, dass die Abwärmenutzung unwirtschaftlich erscheint. Die Investition in ein Wärmenetz sollte daher als strategische Investition verstanden werden, die die spätere Einbindung weiterer, unvermeidbarer Abwärmequellen ermöglicht.

Ein weiteres wiederkehrendes Problem ist der begrenzte Platz für die Nachrüstung bestehender Anlagen, der die Integration zusätzlicher Komponenten oft erheblich erschwert. Besonders herausfordernd ist zudem die Erschließung dezentral verteilter Abwärmequellen, deren Erfassung und Integration technisch aufwendig und kostenintensiv sein kann. Hierbei können auch strategische Ansätze zur Auslegung und Beschaffung energie-relevanter Anlagen, wie sie etwa in der ISO 50001 vorgesehen sind, dienlich sein. So wäre etwa bei allen Neuanlagen zu prüfen, inwiefern eine Wärmerückgewinnung vorgesehen werden kann, damit im Falle des Ausbaus des Wärmenetzes die Anlagen direkt eingebunden werden können.

Studien zeigen ein erhebliches Potenzial, insbesondere für energieintensive Industrien in Deutschland. Im europäischen Vergleich weist Deutschland nach Astolfi et al. (2022) den höchsten Wert an verfügbarer Abwärme pro Industriestandort auf und nimmt damit eine führende Position im Ranking „Verfügbare Abwärmepotenziale pro Industriestandort“ ein. Dabei ist zu beachten, dass Abwärmepotenziale „moving targets“ sind: insbesondere die extern nutzbaren industriellen Abwärmepotenziale können mit jeder Dekarbonisierungsmaßnahme, jedem Standortwechsel, Stilllegung oder Umstellung einer Produktion sinken. Dagegen treibt das Wachstum expandierender Branche die Abwärmepotenziale, insbesondere in der Digitalwirtschaft und im Gewerbe. Die Fallstudien und Gespräche zeigen, dass dort, wo eine strategische Entscheidung zur Abwärmenutzung und dem Aufbau von Wärmenetzen getroffen wurde, umfassende Potenziale identifiziert und umgesetzt werden können.

## 4. Optimiertes Benutzerverhalten und verbessertes Controlling des Verbrauchs



### **„Nur was man misst, kann man steuern“**

*Gutes Controlling und geschultes Verhalten sind unsichtbare, aber wirkungsvolle Hebel zur energieeffizienten Dekarbonisierung.*

Eine der weiterhin stark unterschätzten, jedoch besonders wirkungsvollen Maßnahmen zur Effizienzsteigerung in der industriellen Prozesswärme ist die Optimierung durch Nutzerverhalten, automatische Steuerungen, Digitalisierung, Monitoring und verwandte Instrumente. Diese Ansätze dienen vor allem dazu, den Energieverbrauch zu senken und bestehende Systeme bedarfsgerecht zu steuern. Typische Maßnahmen umfassen die Vermeidung des unnötigen Betriebs von Anlagen und Geräten (z. B. Antriebe und Pumpen, Beleuchtung, Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik, Druckluft) in Stillstandzeiten, die korrekte Einstellung von Sollwerten und Zeitplänen, die regelmäßige Schulung des Bedienpersonals, die aktive Überwachung des Verbrauchs sowie die schnelle Erkennung und Korrektur von Abweichungen. Systematisch eingeordnet lassen sich diese Aktivitäten als „Vermeidung von Bedarf bzw. Verbrauchsoptimierung“ verstehen und stellen damit einen zentralen Bestandteil klassischer Energieeffizienzstrategien dar.

Der erforderliche Investitionsaufwand ist im Vergleich zu anderen Dekarbonisierungsmaßnahmen gering. Während organisatorische Maßnahmen kaum Kosten verursachen, können ergänzende Investitionen in Controlling-Systeme, Mess- und Überwachungstechnik, externe Beratung oder Energieaudits sowie die Entwicklung digitaler Lösungen (z. B. Dashboards, automatische Alarmer oder Lichtsteuerungen) sinnvoll sein. Angesichts des günstigen Kosten-Nutzen-Verhältnisses und des erheblichen verbleibenden Potenzials kommt dieser Maßnahme in Deutschland besondere Relevanz zu. Sowohl die einschlägige Literatur als auch die im Rahmen dieser Studie analysierten Fallbeispiele zeigen eine Vielzahl erfolgreicher Anwendungen, die die hohe Wirksamkeit dieser Ansätze belegen (Energy Efficiency Movement, 2025; Global Efficiency Intelligence, 2024; IN4climate, in Arbeit; World Economic Forum, 2024).

Inhaltlich sollten diese Aspekte beispielsweise im Rahmen eines Energiemanagementsystems nach ISO 50001 oder auch bei Energieaudits nach DIN EN 16247-1 adressiert werden, was in der Regel auch geschieht, da insbesondere die ISO 50001 einen Schwerpunkt auf die energieeffiziente Steuerung von Anlagen und Prozessen legt. Die Fallstudien und Gespräche mit Praktikern zeigen jedoch auch, dass bei Zertifizierungsaudits zur ISO 50001 z.T. Dokumente und Nachweise stärker im Vordergrund stehen als das Nachvollziehen des wirklichen Betriebs. Dies liegt nicht zuletzt daran, dass die Zertifizierungsstellen angehalten sind, keine beratenden Elemente in die Zertifizierungs- und Überwachungsaudits einfließen zu lassen. Dieses „Beratungsverbot“ ist grundsätzlich sinnvoll und nachvollziehbar, um Unabhängigkeit zu gewährleisten. Nach Aussagen von Zertifizierungsexpert:innen wird es von akkreditierten Stellen jedoch teilweise so streng ausgelegt, dass selbst ein fachlicher Austausch von Ideen oder einfache Hinweise, etwa zur Überprüfung von Temperaturen oder zur Beachtung von Abschaltmöglichkeiten, in Auditberichten als kritisch gewertet wird und somit zunehmend unterbleibt. Dadurch wird der für Geschäftsführung und Umsetzungsteams wichtige Wissenstransfer über Auditberichte deutlich eingeschränkt. Um weiterhin das volle Potenzial der EnMS nach ISO 50001 und das umfangreiche Wissen der Zertifizierenden gewinnbringend zu nutzen, könnte von Seiten der Politik, der Dialog mit der DAkkS gesucht werden, um gewinnbringende Audits bei gleichzeitiger Objektivität zu gewährleisten. Da die DAkkS eine gemeinsame Einrichtung vom Bund (vertreten durch das BMWI), den Ländern und der deutschen Wirtschaft (vertreten durch den BDI) ist, sollte ein Dialog von Seiten der Politik möglich sein.

## 5. Technische Isolierung



### **„Wärme nur dort, wo sie gebraucht wird“**

*Technische Isolierung verhindert Verluste, steigert Effizienz und ist ein zentraler Baustein der energieeffizienten Dekarbonisierung.*

Eine weitere, seit Langem bekannte Maßnahme ist die technische Isolierung von Anlagenteilen wie Rohrleitungen, Kesseln oder Speichern zur Minimierung von Wärmeverlusten sowie zur Vermeidung von zu hohen Temperaturen an Armaturen oder in Innenräumen und der damit verbunden Arbeitsschutzrisiken. Trotz ihres hohen technologischen Reifegrades und der vielfach nachgewiesenen Wirksamkeit besteht hier weiterhin erhebliches ungenutztes Potenzial: Es gehen jährlich rund 160 TWh Wärme ungenutzt verloren, was einem vermeidbaren finanziellen Verlust von über 10 Milliarden Euro entspricht (Gürtler, 2025). Dennoch wird diese Maßnahme in der Praxis häufig nur unvollständig umgesetzt. Sie lässt sich systematisch der Kategorie „Vermeidung von Wärmeverlusten“ zuordnen und gilt damit als klassische Energieeffizienzmaßnahme. Der Investitionsaufwand ist in der Regel moderat und mit überschaubarem Implementierungsaufwand verbunden. Zudem fallen die Amortisationszeiten häufig günstig aus.

Die Eignung und Wirtschaftlichkeit dieser Maßnahme hängen jedoch von verschiedenen Faktoren ab. Zu den wichtigsten Einflussgrößen zählen die Temperatur des Mediums (je höher, desto größer der potenzielle Verlust bei fehlender Isolierung), Länge und Durchmesser der Rohrleitungen, die spezifische Umgebung (innen oder außen, Feuchtigkeit, Korrosionsrisiken) sowie die Wahl des Dämmmaterials (z. B. Mineralwolle, Aerogel, Elastomerschaum).

Die in unseren Fallstudien analysierten Beispiele verdeutlichen zudem eine interessante Wahrnehmung innerhalb der Unternehmen: Während die technische Sinnhaftigkeit und das Einsparpotenzial allgemein anerkannt sind, wird die Umsetzung im Detail, etwa die Dämmung kleinerer Leitungen oder unscheinbarer Komponenten, häufig als wenig attraktiv oder „lästig“ empfunden. Diese Diskrepanz zwischen technischem Nutzen und interner Wahrnehmung stellt ein wesentliches Hemmnis dar und erklärt, warum das vorhandene Potenzial bislang nicht konsequent ausgeschöpft wird.

Analog den Ausführungen zum Nutzerverhalten zeigen sich auch bei der technischen Isolierung z.T. Einschränkungen im Rahmen von Zertifizierungs- und Überwachungsaudits nach ISO 50001. Energieverluste, beispielsweise an Rohrleitungen oder Speichern, werden regelmäßig erkannt, jedoch verhindert die strikte Umsetzung des „Beratungsverbots“, dass konkrete Handlungsempfehlungen zu Effizienzpotenzialen in die Auditberichte einfließen. Dadurch kann es sein, dass ein wichtiger und praxisrelevanter Wissenstransfer ungenutzt bleibt.



# D Differenzierte Unternehmensanalyse und zielgerichtete Politikinstrumente

Um wirksame Ansätze zum Abbau von Hemmnissen zu identifizieren, wurden die zugrunde liegenden Barrieren auf Unternehmensebene differenziert analysiert. Die untersuchten Maßnahmen wurden anhand ausgewählter Kriterien bewertet: durchschnittliche Amortisationszeit, zentrale Umsetzungshemmnisse, bestehende politische Interventionen sowie mögliche zusätzliche Instrumente, die bestehende Lücken schließen können (vgl. Diskussion in den vorherigen Kapiteln).

Die Fallstudien betrachten Unternehmen entlang zweier Dimensionen:

- › **Unternehmensgröße:** Unterschieden wird zwischen KMU (kleine und mittlere Unternehmen sowie Small Mid-Caps) und Großunternehmen. Die Abgrenzung folgt grundsätzlich der EU-Empfehlung 2003/361, wurde hier jedoch in Anlehnung an die Schwellenwerte der Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) vereinfacht: Als Großunternehmen gelten Firmen oberhalb der CSRD-Grenzwerte<sup>4</sup>, während KMU unterhalb dieser Schwelle nicht berichtspflichtig sind.
- › **Energieintensität:** Unternehmen mit einem jährlichen Energieverbrauch von mehr als 2,5 GWh werden als energieintensiv eingestuft. Diese Schwelle orientiert sich an den Vorgaben des EnEFG<sup>5</sup>.

## Erkenntnisse aus der Studie

Die im Rahmen von Fallstudien und Experteninterviews gewonnenen Erkenntnisse weisen deutliche Unterschiede in den Investitionslogiken der Unternehmensgruppen in der **Größendimension** auf. Großunternehmen verfolgen Projekte im Bereich Prozesswärme in der Regel strategisch und langfristig, häufig auch im Kontext regulatorischer Anforderungen wie der CSRD. Investitionen können dabei teils als „Prestigeobjekte“ betrachtet werden, die über die reine Wirtschaftlichkeit hinaus Bedeutung für das Nachhaltigkeitsprofil des Unternehmens besitzen. Durch ihren leichteren Zugang zu Kapitalmärkten und Skaleneffekten verfügen Großunternehmen über strukturelle Vorteile in der Finanzierung, was die Umsetzung umfangreicher Dekarbonisierungsprojekte erleichtert (Energy Efficiency Movement, 2025). Hinzu kommt, dass sie meist über internes Fachpersonal und strategische Planungskapazitäten verfügen, externe Fördermittel und Beratungsangebote häufiger in Anspruch nehmen und dadurch in der Lage sind, auch komplexere Investitionsentscheidungen umzusetzen.

Für KMU gelten deutlich abweichende Rahmenbedingungen. Zwar zeigen viele inhabergeführte Unternehmen eine langfristige Perspektive und akzeptieren in diesem Kontext auch längere Amortisationszeiträume, jedoch sind ihre Investitionsspielräume im Allgemeinen oft begrenzt. Der Fokus liegt oftmals auf produktbezogenen Investitionen, sodass Maßnahmen zur Energieeinsparung oder Prozessoptimierung nachrangig behandelt werden. Ab einer gewissen Energiemenge können sich hochinvestive, strombasierte Technologien zwar wirtschaftlich lohnen, doch die spezifische Wirtschaftlichkeitsschwelle stellt für KMU eine besondere Hürde dar. Eine

<sup>4</sup> Nach der CSRD gelten Unternehmen als groß, wenn sie an zwei aufeinanderfolgenden Stichtagen mindestens zwei der folgenden Schwellenwerte überschreiten: 250 Beschäftigte, 50 Mio. € Umsatz oder 25 Mio. € Bilanzsumme. Die hier verwendete Definition ist eine vereinfachte Darstellung.

<sup>5</sup> Zwar bildet sie keine relative Intensität (z. B. Verbrauch pro Wertschöpfung) ab, dient jedoch als praxiserichte Abgrenzung für die Analyse.

aktuelle Befragung von 294 Organisationen weltweit bestätigt: Vor allem KMU sehen sich durch begrenzten Cashflow erheblich in ihrer Investitionsfähigkeit eingeschränkt (Energy Efficiency Movement, 2025). Hinzu kommen ausgeprägtere Liquiditätsempässe, eingeschränkter Zugang zu Informationen sowie geringere technische und personelle Kapazitäten (Meyer, 2024).

In der Dimension **Energieintensität** zeigen energieintensive Unternehmen aufgrund der hohen absoluten Energiekosten grundsätzlich eine stärkere Bereitschaft, Effizienzmaßnahmen umzusetzen. Die damit verbundenen Einsparpotenziale sind erheblich, was die Wirtschaftlichkeit entsprechender Projekte erhöht. Gleichzeitig bestehen hier jedoch erhöhte Anforderungen an Versorgungssicherheit und Prozessstabilität: Viele Produktionsprozesse sind auf eine verlässliche und kontinuierliche Wärmebereitstellung angewiesen, weshalb technologische Risiken oder potenzielle Unterbrechungen als zentrale Hemmnisse wirken. Dies führt dazu, dass gerade in stark energieabhängigen Branchen die Einführung neuer Technologien häufig vorsichtig und schrittweise erfolgt.

Demgegenüber stehen nicht-energieintensive Unternehmen, bei denen Energiekosten nur einen geringen Anteil an den Gesamtkosten ausmachen. Hier ist die Bereitschaft zur Umsetzung von Effizienz- oder Elektrifizierungsmaßnahmen oftmals geringer, da der ökonomische Druck schwächer ausgeprägt ist und entsprechende Investitionen im internen Wettbewerb mit anderen Prioritäten zurückstehen. Gleichwohl können auch diese Unternehmen durch regulatorische Vorgaben oder steigende Strompreise stärker unter Zugzwang geraten.

Perspektivisch spielt das Strompreisniveau eine zentrale Rolle für beide Unternehmensgruppen. Während energieintensive Unternehmen aufgrund ihres hohen Verbrauchs besonders sensibel auf Stromkosten reagieren, kann gerade hier ein sinkender Strompreis erhebliche Hebelwirkungen entfalten und die relative Wettbewerbsfähigkeit elektrifizierter Technologien im Vergleich zu Gas stärken. Für nicht-energieintensive Unternehmen fällt dieser Effekt hingegen schwächer aus, da die Energiekosten insgesamt weniger relevant sind.

## Beispiele möglicher staatlicher Interventionen

Die im Folgenden dargestellten staatlichen Interventionen ergeben sich aus den **Interviews mit Unternehmensvertretern sowie der Auswertung relevanter Literaturquellen**. Sie lassen sich in vier zentrale Wirkungsfelder gliedern: **finanzielle Anreize, regulatorische Vereinfachung, Wissenstransfer sowie markt- und verhaltensbasierte Ansätze**. Im Folgenden werden die wesentlichen Interventionen zusammenfassend vorgestellt; eine detaillierte Übersicht aller Maßnahmentypen mit den jeweiligen durchschnittlichen Amortisationszeiten, zentralen Hemmnissen sowie bestehenden und vorgeschlagenen politischen Instrumenten zur Überwindung dieser Hemmnisse ist im Anhang enthalten.

### Finanzielle Anreize & Investitionssicherheit

**Ziel:** Reduzierung von Investitionshürden und Betriebskosten durch direkte und indirekte monetäre Unterstützung.

- › Reduzierung von Umlagen / Netzentgelten für industriellen Stromverbrauch insbesondere im Wärmebereich<sup>6</sup>
- › Erhöhung der EEW-Förderquote speziell für Hochtemperatur-Wärmepumpen → Anschubförderung zur Etablierung von positiven Umsetzungsbeispielen, die die Risikowahrnehmung verringern
- › Staatlich garantierte Kreditlinien / Bürgschaften für KMU, Contracting-Modelle mit staatlicher Rückdeckung sowie eine staatliche Zinsausfallversicherung, um das Finanzierungsrisiko weiter zu reduzieren
- › Investitionsförderung mit Tilgungszuschuss gezielt für Speicherprojekte über >100 °C
- › Förderung von Hybridlösungen (z. B. Kombinationen aus Speichern und unterschiedlichen Erzeugungstechnologien)
- › Förderung von Wärmeinfrastrukturprojekten innerhalb der Unternehmen, wie von Wärmenetzen
- › Steuerliche Vorteile für den Einsatz gebrauchter Wärmetauscher
- › Steuerliche Sofortabschreibung für kleine Investitionen (< 50.000 €) in Isolierung

### Regulatorische Rahmenbedingungen & Vereinfachung

**Ziel:** Abbau von rechtlichen Hürden und Schaffung planbarer Rahmenbedingungen.

- › Vereinfachte Antragsprozesse für Förderungen (KMU-tauglich)
- › Neubewertung von Wärmespeichern als „systemdienliche Infrastruktur“ bzw. Befreiung von vollen Netzentgelten

<sup>6</sup> Hinweis: Eine solche Maßnahme könnte jedoch zu einer geringeren Preissensibilität bei der effizienten Stromnutzung führen (z. B. bei Antrieben und anderen Anwendungen) und damit Effizienzpotenziale mindern.

- › Rechtsvereinfachung für Abwärme-Weitergabe

### **Wissenstransfer & Kompetenzaufbau**

**Ziel:** Befähigung von Unternehmen und Personal zur eigenständigen Umsetzung.

- › Aufbau von Leitfäden, Best-Practice-Katalogen und branchenspezifischen Ausbildungsmodulen für Betriebspersonal
- › Staatlich geförderte Software-Tools zur Pinch-Analyse und Wärmeströme-Optimierung
- › Konsequente Umsetzung etablierter Instrumente wie der ISO 50001 inkl. Verbesserungsanregungen durch die Auditoren

### **Marktmechanismen & Verhalten**

**Ziel:** Aktivierung von Effizienzpotenzialen über Markttransparenz, Wettbewerbsanreize und Nutzerverhalten.

- › Digitale Abwärme-Börse: Plattform nach dem Vorbild von Strombörsen zur regionalen Vermittlung zwischen Wärmequellen und -nutzern
- › Super-ESCOs, die Unternehmen neutral bei der Umsetzung unterstützen
- › Bonuszahlungen bei nachgewiesenen Effizienzsteigerungen durch Controlling und Nutzerverhalten
- › Staatlich unterstützte Benchmarking-Programme mit Wettbewerb zwischen Unternehmen



# Ein Fazit: Investitionslogik gezielt verändern, Dekarbonisierung ermöglichen



## Die Dekarbonisierung der Prozesswärme ist zu entscheidend, um sie im Maintenance-Modus zu belassen.

Mit einem Anteil von rund 25 % am deutschen Endenergieverbrauch ist Prozesswärme ein zentraler Hebel für die industrielle Transformation.



Die Analyse zeigt klar: Die energieeffiziente Dekarbonisierung industrieller Prozesswärme ist kein technisches Nischenproblem, sondern ein zentraler Hebel für die industrielle Transformation und das Erreichen der Klimaziele. Trotz verfügbarer Technologien und nachweislich positiver Wirtschaftlichkeitskennzahlen werden viele Maßnahmen nicht umgesetzt – nicht aus Mangel an Lösungen, sondern aufgrund struktureller Investitionsbarrieren und unternehmensinterner Entscheidungslogiken.

Unsere Analyse zeigt: Die Hürden liegen weniger in der technischen Machbarkeit als in der Art und Weise, wie Unternehmen Investitionen bewerten. Kurze Amortisationsanforderungen, hohe Anfangsinvestitionen, Unsicherheit über Energiepreise und fehlende interne Kapazitäten verhindern die Umsetzung selbst wirtschaftlich sinnvoller Projekte.

Besonders relevant ist die Differenzierung nach Unternehmensgruppen:

- > **KMU** benötigen gezielte Unterstützung bei Finanzierung, Know-how und Ressourcen.
- > **Großunternehmen** reagieren stärker auf regulatorischen Druck und strategische Reportingpflichten.
- > **Energieintensive Unternehmen** sind motiviert durch hohe Energiekosten, aber vorsichtig bei technologischen Risiken.
- > **Nicht-energieintensive Unternehmen** haben vor allem dann Anreize zur Umsetzung von Effizienzmaßnahmen, wenn externe Faktoren wie regulatorische Vorgaben oder Nachhaltigkeits-Reporting zusätzlichen Handlungsdruck erzeugen.

Die Politik steht vor der Aufgabe, diese Heterogenität zu adressieren. Es braucht eine Kombination aus finanziellen Anreizen (Förderungen, steuerliche Abschreibungen, CCfD), regulatorischer Vereinfachung (z. B. bei Abwärmenutzung), Wissenstransfer (Schulungen, Tools, Leitfäden) und marktbasierter Aktivierung (digitale Börsen, Benchmarking, Gamification und Vorzeigeprojekten).

# Handlungsempfehlungen für eine wirksame Politik<sup>7</sup>

## 1. Strom-Gas-Preisverhältnis als Schlüssel

Die Wirtschaftlichkeit strombasierter Technologien hängt maßgeblich vom **Energiepreisgefüge** ab.

**Empfehlung:** Einführung eines gezielten „**Wärmestrompreises**“ sowie die **Reduzierung von Netzentgelten für netzdienliche, elektrifizierte und effiziente Wärmetechnologien**, um die Elektrifizierung wirtschaftlich attraktiv zu machen. Ein solcher Wärmestrompreis erfüllt zwei zentrale Anforderungen: Er stellt die Wettbewerbsfähigkeit der Elektrifizierung gegenüber der fossilen Wärmebereitstellung sicher und schafft zugleich Planbarkeit für die Betriebskosten. Voraussetzung für die Entlastung ist jedoch die Kopplung an klare Effizienzvorgaben – etwa die angemessene Auslegung der benötigten Prozesstemperaturen, die konsequente Wärmedämmung des Gesamtsystems sowie die systematische Nutzung vorhandener Abwärmepotenziale.

## 2. Förderung von Einzelmaßnahmen reicht nicht aus

Die Förderung einzelner Effizienzmaßnahmen greift zu kurz, da sie oft nur punktuelle Verbesserungen ermöglicht. Für eine nachhaltige Dekarbonisierung ist die Unterstützung strategischer Investitionen in **Effizienz-Infrastrukturen** notwendig – insbesondere in interne Wärmenetze zur Ein- und Auskopplung von Abwärme.

**Empfehlung:** Interne Wärmenetze sollten als strategische Infrastruktur eingestuft und gezielt gefördert werden, da sie die systematische Nutzung von Abwärme ermöglichen und Effizienzpotenziale dauerhaft sichern. Ergänzend ist die Förderung detaillierter Analysen (z. B. Pinch-Analysen) sinnvoll, um Maßnahmen standortbezogen und präzise zu identifizieren. Ein entsprechendes Förderprogramm sollte nicht allein an unmittelbare Energieeinsparungen geknüpft sein, sondern die Funktion von Wärmenetzen als **Grundlage für effiziente Wärmenutzung** berücksichtigen. Voraussetzung für eine Förderung ist der Nachweis vorhandener Abwärmepotenziale, verfügbarer Wärmesenken sowie eine ausreichende Dämmung der Anlagen und damit die effiziente Wärmenutzung.

## 3. Gering-investive Effizienzpotenziale ausschöpfen

Maßnahmen wie technische Isolierung oder optimiertes Nutzerverhalten bergen weiterhin erhebliche Effizienzpotenziale, bei vergleichsweise geringen Investitionskosten und kurzen Amortisationszeiten. Diese Chancen werden bislang jedoch häufig nicht systematisch genutzt.

**Empfehlung:** Einführung gezielter Anreize für gering-investive Maßnahmen, etwa durch **steuerliche Sofortabschreibungen**, standardisierte **Quick-Check-Programme** sowie die Verknüpfung des Wärmestrompreises mit dem Nachweis umgesetzter Grundmaßnahmen (z. B. Isolierung, Betriebsoptimierung). Dieser Nachweis könnte über einfache Wärmeaudit-Formate erfolgen. Zur Vereinheitlichung ließe sich ggf. auch kurzfristig eine **DIN SPEC** entwickeln und gesetzlich verankern, um klare Mindeststandards und Nachweispflichten zu schaffen.

## 4. Konsequente Umsetzung und Beibehaltung etablierter Instrumente

Energiemanagementsysteme nach ISO 50001 bieten bereits heute den Rahmen, um Energieeffizienzpotenziale systematisch zu identifizieren, Abwärmennutzung verbindlich zu prüfen und Investitionen langfristig zu steuern. Idealerweise sollten in den Audits neben der Prüfung des Systems auch konkrete Hinweise auf Potenziale erlaubt sein, um wertvolles Wissen über Effizienzpotenziale umfassend zu nutzen.

**Empfehlung:** Die Rolle von Energiemanagementsystemen sollte gestärkt werden – durch **gründliche Auditierung mit besonderem Fokus auf Abwärmennutzung**, die Beibehaltung der Nutzung der **Wirtschaftlichkeitsbewertung nach DIN EN 17463 (VALERI)** sowie die Öffnung der Auditberichterstattung für **praxisnahe Empfehlungen**. Damit könnten Auditor:innen konkrete Hinweise zu Effizienzmaßnahmen geben, ohne die Unabhängigkeit der Zertifizierung zu gefährden. Ergänzend sollten Schwellenwerte nach § 8 EnEFG langfristig stabil gehalten werden, um Planungssicherheit für Unternehmen zu schaffen.

---

<sup>7</sup> Weitere Vorschläge für politische Maßnahmen stellt die DENEFF auf ihrer Website vor. Die hier aufgeführten Ansätze spiegeln keine offiziellen DENEFF- oder PwC-Positionen wider, sondern verstehen sich als unabhängiger Beitrag zur Weiterentwicklung des Dialogs mit allen Stakeholdern.

## Schlussfolgerung

Die Dekarbonisierung industrieller Prozesswärme ist machbar – technologisch, ökonomisch und organisatorisch. Energieeffizienz bildet dabei den entscheidenden Hebel: Sie senkt nicht nur Emissionen und Kosten, sondern reduziert zugleich den Bedarf an zusätzlicher Energieerzeugung und damit die Systemkosten. Was fehlt, ist eine gezielte politische Architektur, die Investitionen erleichtert, Risiken reduziert und Unternehmen befähigt, ihre Potenziale zu heben. Die hier vorgeschlagenen Maßnahmen bieten eine konkrete Grundlage für eine effektive, differenzierte und zukunftsorientierte Industriepolitik.

A photograph showing a group of business professionals in a meeting. One person is pointing at a document with a bar chart, while others look on. A coffee cup is visible on the table.

# F Literaturverzeichnis

## **AGEB (2025)**

Anwendungsbilanzen: Zusammenfassung für die Endenergiesektoren 2011 bis 2023

## **Amprion, BDI und BCG (2025)**

Energiewende auf Kurs bringen – Impulse für eine wettbewerbsfähigere Energiepolitik

## **Agora Energiewende (2022)**

Agorameter, Stromerzeugung und Stromverbrauch

## **Agora Industrie & FutureCamp (2022)**

Power-2-Heat: Erdgaseinsparung und Klimaschutz in der Industrie

## **Agora Energiewende, Fraunhofer IEG (2023)**

Roll-out von Großwärmepumpen in Deutschland

## **Astolfi, Baresi, van Buijtenen, Casella, Colonna, David, Öhman, Sánchez & Wieland (2022)**

Thermal Energy Harvesting: The Path to Tapping into a Large CO<sub>2</sub>-free European Power Source

## **BMWE (2017)**

Strom 2030: Langfristige Trends – Aufgaben für die kommenden Jahre

## **BMWE (2019)**

ENERGIEEFFIZIENZSTRATEGIE 2050

## **BMWE (2022)**

Zahlen und Fakten: Energiedaten

## **BfEE (2025)**

BfEE beim BAFA, „PfA – Datentabelle“

## **Bruegel (2024)**

Annual Report 2024

## **DENEFF & RAP (2025)**

Diskussionspapier: Stromnetzanschluss beschleunigen, Effizienz und Flexibilität ermöglichen

## **Energy Efficiency Movement (2025)**

Efficiency NOW – Overcoming internal barriers to industrial energy efficiency

## **European Heat Pump Association (2024)**

Annual Report 2024

## **Fischer (2023)**

Grundsätzliche Analyse zur Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen: Teil 5 der Reihe „Energiewende und Wärmepumpe“

## **Fraunhofer ISI (2024)**

Direct electrification of industrial process heat. An assessment of technologies, potentials and future prospects for the EU (Study on behalf of Agora Industry)

## **Fraunhofer ISI (laufende Studie)**

Laufende Studie zur Marktdurchdringung von Wärmepumpen in der Industrie

## **Global Efficiency Intelligence (2024)**

Steel Climate Impact: An International Benchmarking of Energy and CO<sub>2</sub> Intensities

## **Global Efficiency Intelligence (2024)**

Electrifying European Industry – Part 1: Electrification of Industrial Processes

## **Gürtler (2025)**

Who wants to pay for energy they don't use?

**Harfst (2021)**

Controlling als Treiber der Energieeffizienz:  
Integration von Energiemanagement in  
vorhandene Controllingstrukturen

**IN4Climate (in Arbeit)**

Wettbewerbsfähigkeit und Klimaneutralität:  
Modelle und Handlungsempfehlungen für die  
Industrietransformation in Nordrhein-Westfalen

**IN4Climate.NRW (2025)**

Prozesswärme für eine klimaneutrale Industrie

**Internationalen Energieagentur (2022)**

Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global En-  
ergy Sector

**McKinsey & Company (2023)**

Waste not: Unlocking the potential of waste heat  
recovery

**Meyer, Madsen & Saars (2023)**

Kurzstudie Energieeffizienzmaßnahmen in der In-  
dustrie Marktnahe und wirtschaftliche Energieein-  
sparpotentiale in der Industrie

**Meyer, Zaubitzer, Alsmeyer & Marius Madsen  
(2024)**

Kurzstudie: Energieeffiziente und CO2-freie Pro-  
zesswärme

**Meyer, Zaubitzer, Alsmeyer, Seeliger & Schmitt  
(2025)**

Kurzstudie: Volkswirtschaftliche und betriebswirt-  
schaftliche Bewertung der Energieeffizienz in der  
Industrie

**Nissen (2014)**

Energiekostenmanagement: Eine Einführung für  
Controller, Manager und Techniker in Industrieun-  
ternehmen

**Oxenaar & Pusceddu (2025)**

Flexing industrial muscle: Electrifying process heat  
with electro-thermal energy storage

**Prognos (2025)**

Net-Zero in der Industrie: Das Marktpotenzial von  
klimaneutraler Prozesswärme

**Rosenow, Lowes & Kempf (2024)**

The elephant in the room: How do we regulate gas  
transportation infrastructure as gas demand de-  
clines?

**UBA (2023)**

CO2-neutrale Prozesswärmeerzeugung – Umbau  
des industriellen Anlagenparks im Rahmen der  
Energiewende: Ermittlung des aktuellen SdT und  
des weiteren Handlungsbedarfs zum Einsatz  
strombasierter Prozesswärmeanlagen

**Van Ballegooy, Kiecker & Müller (2025)**

Unlocking private finance for industrial electrifica-  
tion

**Waliszewska (2024)**

An electrification action plan to secure EU Indus-  
try's future

**World Economic Forum (2024)**

Industrial Electrification: Strategies and Policies for  
Europe

# E Anhang: Sammlung diskutierter Optionen

Die nachstehende Tabelle bietet einen Überblick über die diskutierten Maßnahmentypen mit den jeweils durchschnittlichen Amortisationszeiten (AMZ), zentralen Hemmnissen sowie bestehenden und ergänzend vorgeschlagenen politischen Instrumenten zur Überwindung dieser Hemmnisse. Die Darstellung differenziert jeweils nach **nicht-energieintensive KMU**, **energieintensive KMU**, **nicht-energieintensive Großunternehmen** und **energieintensive Großunternehmen**<sup>8</sup>.

Maßnahme	AMZ	Haupthemmnisse	Instrumente (bestehend)	Instrumente (unser Vorschlag)
Dampf über industrielle Wärmepumpen mit Abwärmenutzung	5+ Jahre	<b>Allgemein</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Hohe CAPEX</li> <li>› OPEX-Nachteil durch Strompreis</li> <li>› Unsicherheit über zukünftige Preisrelationen</li> <li>› Fehlendes internes Know-how</li> <li>› Fehlende Umsetzungsbeispiele</li> <li>› Begrenzte Netzanschlusskapazitäten und lange Genehmigungsverfahren</li> </ul> <b>Spezifika</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› <b>Besonders hohe OPEX</b></li> <li>› <b>Liquiditätsengpässe &amp; eingeschränkter Kreditzugang</b></li> </ul>	<b>Allgemein</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› BAFA-/KfW-Förderung für Wärmepumpen</li> <li>› Effizienzprogramme im Rahmen der BEG EM</li> <li>› Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft (EEW)</li> <li>› CISAF-Auflage (Re-investition von Beihilfen in Dekarbonisierungsmaßnahmen)</li> </ul> <b>Spezifika</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› <b>EU ETS</b></li> <li>› <b>Zeitlich gestaffelte CCfD</b><sup>9</sup></li> </ul>	<b>Allgemein</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Reduzierung von Netzentgelten für industriellen Wärme-Stromverbrauch</li> <li>› Erhöhung der EEW-Förderquote für Hochtemperatur-Wärmepumpen</li> <li>› Aufbau von Leitfäden, Best-Practice-Katalogen und branchenspezifischen Ausbildungsmodulen für Betriebspersonal</li> <li>› Branchenspezifische Transformationsfonds zur Hebelung von Investorenkapital</li> </ul> <b>Spezifika</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› <b>Vereinfachte Antragsprozesse für Förderungen</b></li> <li>› <b>Staatlich garantierte Kreditlinien, Bürgschaften für KMU</b></li> <li>› <b>Contracting-Modelle mit staatlicher Rückdeckung</b></li> <li>› <b>Einführung eines Wärmestrompreises für netzdienliche elektrifizierte und effiziente Wärmetechnologien</b></li> <li>› <b>Leasing- und Contracting-Modelle stärker fördern</b></li> </ul>
		<b>Allgemein</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Hohe CAPEX</li> <li>› Belastung durch Netzentgelte und Umlagen</li> <li>› Regulatorische Unsicherheiten</li> <li>› Flexibilitätshemmnisse</li> <li>› Begrenzte Netzanschlusskapazitäten und lange Genehmigungsverfahren</li> </ul>	<b>Allgemein</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Kommunale Investitionszuschüsse</li> <li>› Forschungsförderung für Großspeicher</li> <li>› EEW (Modul 2)</li> <li>› Netzentgeltbefreiungen für „steuerbare Lasten“</li> <li>› Innovationsförderung BMWK / Reallabore der Energiewende</li> </ul>	<b>Allgemein</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Neubewertung von Wärmespeichern als "systemdienliche Infrastruktur" → Befreiung von vollen Netzentgelten</li> <li>› Investitionsförderung mit Tilgungszuschuss gezielt für Speicherprojekte über &gt;100 °C</li> <li>› Förderung von Hybridlösungen (Speicher + Wasserstoff-ready), um „Lock-in-Effekte“ zu vermeiden</li> <li>› Rechtsvereinfachung für Abwärme-Weitergabe</li> </ul>

<sup>8</sup> Viele Maßnahmen entfalten ihre Wirkungen übergreifend, etwa eine schrittweise Annäherung der Strom- und Gaspreise, sowohl für energieintensive als auch für nicht-energieintensive Unternehmen. Die Tabelle fokussiert jedoch auf die jeweils dominanten Barrieren und Instrumente je Unternehmensgruppe.

<sup>9</sup> Carbon Contracts for Difference

		<b>Spezifika</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› <b>längere Amortisationszeiten</b></li> </ul>	<b>Spezifika</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› <b>EU ETS</b></li> <li>› <b>Zeitlich gestaffelter CCfD</b></li> </ul>	<b>Spezifika</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› <b>Einführung eines Wärmestrompreises für netzdienliche elektrifizierte und effiziente Wärmetechnologien</b></li> </ul>
Wärmerückgewinnung / -integration	5+ Jahre	<b>Allgemein</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Begrenzte Aufmerksamkeit im Kerngeschäft</li> <li>› Know-how-Defizite</li> <li>› Komplexität bei Integration in bestehende Anlagen</li> <li>› Betrachtung von Wärmenetzen als Einzelprojekt</li> <li>› Begrenzter Platz für die Nachrüstung der Anlagen</li> </ul>	<b>Allgemein</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› BAFA-Klimaschutzprogramme</li> <li>› EU ETS-Erlösverwendung für Effizienz</li> <li>› EEW (Modul 4)</li> <li>› KfW-Energieeffizienzprogramme</li> <li>› Abwärmeforderungen Energieeffizienzgesetz</li> </ul>	<b>Allgemein</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Staatlich finanzierte Software-Tools zur Pinch-Analyse und Wärmeströme-Optimierung</li> <li>› Digitale Abwärme-Börse, um Quellen/Nutzer regional zu matchen</li> <li>› Unterstützung von internen Wärmenetzen</li> <li>› Einstufung betriebsinterner Wärmenetze als „Enabler-Infrastruktur“ mit Zugang zu speziellen Investitionsbeihilfen</li> <li>› Umsetzung der Netzentgeltreform</li> </ul>
		<b>Spezifika</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› <b>Unsicherheit über Amortisation bei wechselnden Produktionsplänen</b></li> </ul>	<b>Spezifika</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› <b>Energieauditpflicht (EDL-G)</b></li> </ul>	<b>Spezifika</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› <b>Einführung eines Wärmestrompreises für netzdienliche elektrifizierte und effiziente Wärmetechnologien</b></li> <li>› <b>Schulungen mit kurzen Formaten (z. B. halbtägige praxisnahe Workshops)</b></li> </ul>
Optimiertes Benutzerverhalten und verbessertes Controlling des Verbrauchs	2 Jahre	<b>Allgemein</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Fehlende Budgetfreigabe für Audits / Monitoring</li> <li>› Beschränktes Wissenstransfer bei Audits</li> <li>› Begrenzte Aufmerksamkeit im Kerngeschäft</li> </ul>	<b>Allgemein</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Zuschüsse für Digitalisierungs- / Energiemanagement (BAFA, KfW)</li> </ul>	<b>Allgemein</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Prämienmodelle: Bonuszahlungen bei nachgewiesenen Effizienzsteigerungen durch Controlling &amp; Nutzerverhalten</li> <li>› Gamification-Ansätze: Staatlich unterstützte Benchmarking-Programme mit Wettbewerb zwischen Unternehmen</li> <li>› Öffnung der Auditbericht etwa ISO 50001:2018 für praxisnahe Empfehlungen</li> </ul>
		<b>Spezifika</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› <b>Geringe Management-Aufmerksamkeit</b></li> <li>› <b>Geringes Problembewusstsein</b></li> </ul>	<b>Spezifika</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› <b>Energieauditpflicht (EDL-G)</b></li> <li>› <b>KMU-Energieberatung (BAFA)</b></li> </ul>	<b>Spezifika</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› <b>Staatliche „Quick-Check“-Programme</b></li> <li>› <b>Schulungen mit kurzen Formaten (z. B. halbtägige praxisnahe Workshops)</b></li> <li>› <b>Zuschüsse für einfache Messsysteme</b></li> </ul>
Technische Isolierung	3 – 5 Jahre	<b>Allgemein</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Fehlende Attraktivität</li> <li>› Fehlendes Fachpersonal</li> <li>› Beschränktes Wissenstransfer bei Audits</li> </ul>	<b>Allgemein</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Förderung durch BEG EM</li> <li>› Kommunale Förderprogramme</li> <li>› EEW (Modul 4)</li> </ul>	<b>Allgemein</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Mindestisolierungsstandards für Rohrleitungen &amp; Kessel</li> <li>› Öffnung der Auditvorgaben für praxisnahe Empfehlungen</li> </ul>
		<b>Spezifika</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› <b>Geringes Problembewusstsein</b></li> <li>› <b>Hoher organisatorischer Aufwand</b></li> </ul>	<b>Spezifika</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› <b>Energieauditpflicht (EDL-G)</b></li> </ul>	<b>Spezifika</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>› <b>Steuerliche Sofortabschreibung für kleine Investitionen (&lt; 50.000 €) in Isolierung</b></li> <li>› <b>Staatliche „Quick-Check“-Programme</b></li> </ul>

