

# Forschungsimpuls:

## Kühl- und Kältetechnik in Industrie und Gewerbe

Im Rahmen des Begleitforschungsprojekts EE4InG



### Verfasser des Berichts:

ETA-Solutions GmbH  
Johannes Thirolf



Gefördert durch:



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 zum Fachgespräch

These 1: Die energetische Bedeutung der Kühl- und Kältetechnik wird unterschätzt

These 2: Die energetische Bedeutung der Kühl- und Kältetechnik steigt an

These 3: Die Durchdringung effizienter Technik ist mangelhaft

These 4: Es existiert ein (Effizienz-) Potenzial zur Nutzung von Abwärme

### Ergänzung aus Fachgespräch

These 5: Betrachtung der Zusammenhänge im Gesamtsystem mangelhaft

These 6: Kenntnisse über Potenziale von Monitoringsystemen unzureichend verbreitet

These 7: Bedarfsangepasste Betriebsweise als Effizienzpotenzial

These 8: Wärmepumpentechnik auch in Fokus nehmen

Abbildung 1-1: Impulsthesen zum Fachgespräch von 27.11.2019

## 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
11,9 TWh / 42,8 PJ	15-20 % / 1,8-2,4 TWh / 6,4-8,6 PJ
Einsparpotenzial je Anlage	Realisierbarkeit
% / TWh / PJ	Einfach: - / Mittel: - / <b>Komplex: X</b>
Wettbewerber/Konkurrenztechnologien	Technology-Readiness-Grad (TRL)
<b>Gering: X</b> / Mittel: - / Hoch: -	1- - / 4-6: - / <b>&gt;6: X</b>

---

## 2. Chancen und Relevanz

---

Die Kühl- und Kältetechnik (sowie Wärmepumpentechnik) ist ein Technologiebereich mit einer hohen Durchdringung in allen Branchen von Industrie und Gewerbe. Anlagen unterscheiden sich nach Größe der Leistungsbereitstellung im kleinen Leistungsbereich < 1 kW Kälteleistung bis hin zu Anlagen > 1 MW. Weiterhin unterscheidbar sind Anlagen, die dezentral und autonom Nutzenergie bereitstellen sowie Anlagen, die in (komplexe) zentrale Netztopologien eingebettet sind. Der Gesamtstrombedarf für Kühl- und Kältetechnik belief sich gemäß Studienlage im Jahr 2017 auf insgesamt etwa 72,9 TWh, was einen Anteil von 14 % am Gesamtstrombedarf in Deutschland bedeutet.<sup>1</sup>

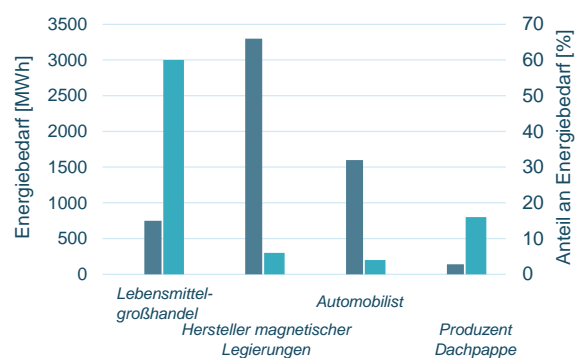
Zur Bereitstellung von Industriekälte wiederum belief sich der Strombedarf für das Jahr 2017 auf 12,3 TWh (44,3 PJ), was immerhin ein Anteil von 2,4 % des Gesamtstrombedarfs ausmacht. Expertenmeinungen zufolge können allerdings die zugrundeliegenden Annahmen hinterfragt werden, sodass der tatsächliche **Endenergiebedarf unterschätzt** werden könnte.<sup>2</sup> Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass der Bedarf von Kühl- und Kälte- und Wärmepumpentechnik (auch in der Industrie) in Zukunft weiter ansteigen wird. Dies zeigt sich neben Experteneinschätzungen außerdem auch unmittelbar durch die Gegenüberstellung einer VDMA-Datenerhebung aus den Jahren 2011 und 2019. (*These 1, 2*).

Prinzipiell wird die Aussagekraft des **Informationsstands** zum Anlagenbestand und dessen Endenergiebedarf als **gering** angesehen. Die Analyse themenbezogener Veröffentlichungen/Statistiken deutet auf ungenaue Datenerfassungen und somit Datengrundlagen hin. Einerseits wird ein zu hinterfragender Anlagenbestand angegeben und andererseits unterscheiden sich die Quellen deutlich hinsichtlich der energetischen Relevanz innerhalb einzelner Branchen (*These 1*).

Weiterhin wird von einer **geringen Knowhow-Verbreitung im Hinblick auf die effiziente Nutzung von Kühl-, Kälte- und Wärmepumpentechnik**

unter Betreibern ausgegangen. Dies resultiert in einem erwartbar geringen Effizienzgrad der Bestandsanlagen, der bisher jedoch nicht systematisch analysiert werden kann. Die relative energetische Bedeutung der Kühl- und Kältetechnik unterscheidet sich branchenbezogen in Industrie und Gewerbe erheblich und kann trotz einer hohen absoluten Bedeutung zu einer untergeordneten, betreiberseitigen Aufmerksamkeit der Thematik führen (siehe

Abbildung). Das geringe Effizienzniveau im Bestand dürfte zusätzlich daraus resultieren, dass kühl- und kältetechnische Anwendungen charakterisiert sind durch eine hohe Planungskomplexität, da eine Beteiligung unterschiedlicher Gewerke erforderlich ist und das System an sich durch eine Vielzahl systemischer Zusammenhänge und Wechselwirkungen geprägt ist. Weiterhin zeichnet sich ein kühl- und kältetechnisches System durch eine große Variantenvielfalt zur Gestaltung bzw. Konfiguration des Systems aus (selbst bei Fokussierung auf eine Kaltwasserversorgungstemperatur > 0°C). Durch die

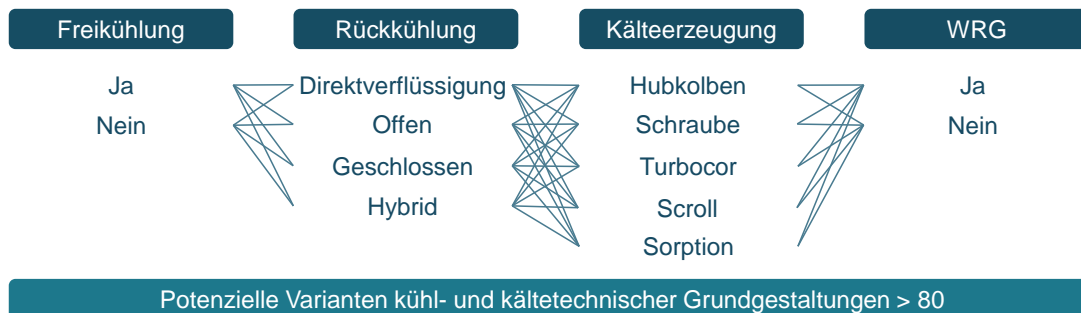


---

<sup>1</sup> VDMA-Studie, 2019

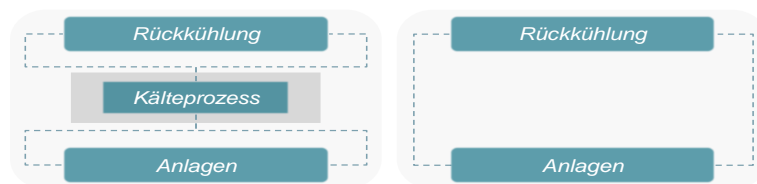
<sup>2</sup> Quelle: Protokoll Fachgespräch vom 27.11.2019

Kombination der teils geringen relativen energetischen Relevanz und der systembedingten Komplexität, wird ein **geringer Effizienzgrad im Bestand** erwartet, was durch Experteneindrücke bestätigt wird (*These 3, 4, 5, 7*).



Nicht berücksichtigte Elemente: z.B. Verteilung, Regelung, Kältemittel, Ölkühlung (→ weitere Varianten)

Der grundlegende Aufbau von kühl- und kältetechnischen Systemen unterscheidet sich branchenübergreifend allerdings nur bedingt (Prozesskreis, Kältekreis, Kühlkreis bzw. Prozesskreis, Kühlkreis). Zudem liegen oftmals ähnliche Anforderungen vor weswegen eine **branchenübergreifende Übertragbarkeit von Optimierungsansätzen** bei kühl- und kältetechnischen Anwendungen erwartet



wird. Optimierungsansätze sollen dabei die relevanten Ausführungsvarianten des gesamte kühl- und kältetechnische Systems und dessen Peripherie berücksichtigen (*These 4, 5, 7*). Der

Reifegrad (TRL) **zur Verfügung stehender** Technologien zur Optimierung wird als eher hoch eingeschätzt, eine Verbreitung bzw. Bewusstsein über diese (wie dargestellt) allerdings als gering.

Bei einer konservativen Einschätzung des **Einsparpotenzials von 15-20 %** wird bei einem Endenergiebedarf von 11,9 TWh (42,8 PJ) ein Einsparpotenzial zwischen 1,8-2,4 TWh (6,4-8,6 PJ) erwartet.

### 3. Forschungspotenzial und Zielsetzung

#### 3.1. Forschungsbegleitung

Der abgeleitete Forschungsimpuls besteht aus vier aufeinander aufbauenden Schritten

1. Studie zur Ermittlung des (realen) quantitativen und qualitativen Bestands kühl- und kältetechnischer Anlagen in Deutschland (Aufbau einer Datenbasis)
2. Identifikation allgemeingültiger, effizienter Systemkonfigurationen in Abhängigkeit unterschiedlicher Randbedingungen (Referenzsysteme)
3. Quantifizierung der Effizienzpotenziale<sup>3</sup> durch systematische Analyse des Anlagenbestands (aus Datenbasis) gegenüber effizienter Referenzsysteme
4. Entwicklung von Lösungsansätzen zur Überwindung des herrschenden Knowhow-Gefälles sowie Darstellung von Hemmnissen der Technologieanwendungen

<sup>3</sup> Potenzialebenen (theoretisch, technisch, wirtschaftlich, praktisch, realisierbar) analog zu VDI 5207 Blatt 1

Die Zielsetzung besteht darin, der realen energetischen Bedeutung der Kühl- und Kältetechnik gerecht zu werden, indem über eine systematische Analyse des (realen) Anlagenbestands auch eine Aussage über dessen Effizienzgrad und Optimierungspotenzial abgeleitet werden soll. Unter Berücksichtigung unterschiedlicher (brancheninterner) Einsatzbedingungen (z.B. Versorgungstemperaturniveau) sollen (branchenübergreifende) Analogien beim Einsatz von Kühl- und Kältetechnik identifiziert und effiziente Referenzkonfigurationen und Betriebsweisen abgeleitet werden. Anhand dieser effizienten Systemkonfigurationen kann über einen gezielten Ist-/Soll-Abgleich im Feld eine systematische Analyse des Anlagenbestands erfolgen und durch das Aufzeigen geeigneter Technologielösungen (verfügbare und perspektivische Lösungen) eine breite Steigerung des Effizienzgrades im Bestand (sowie Neubau) erreicht werden. Somit kann gleichzeitig der Endenergiebedarf kühl- und kältetechnischer Anwendungen reduziert werden. Die Information effizienter Referenzkonfigurationen kann neben der Senkung des Endenergiebedarfs zudem einen großen Beitrag dazu leisten, um das bestehende Knowhow-Gefälle und Defizit zu reduzieren.

### **3.2. Technologieentwicklung bzw. Vorhabenbereiche**

Das zuvor dargestellte Einsparpotenzial soll durch die Verringerung des existierenden Knowhow-Gefälles erreicht werden. Es wird erwartet, dass es parallel zur Steigerung des Knowhows zu einem verstärkten Einsatz vorhandener und identifizierter Technologien (im Rahmen der Ableitung optimaler Referenzkonfigurationen) kommt und wodurch sich eine Optimierung in der Breite ergibt. Hierbei sollen alle (Teil-)Systeme und Kreisläufe berücksichtigt werden (siehe Abbildung Kapitel 2).

---

## **4. Struktur eines möglichen Konsortiums & Kompetenzträger**

---

Die Auswertung jüngster Forschungsprojekte der EnArgus-Datenbank deutet im Bereich der Kühl- und Kältetechnik auf einen Schwerpunkt der Projekte im Kontext thermisch angetriebener Kälteerzeugung sowie solare Kühlung hin. Hingegen weisen Stichworte wie z. B. Betriebsanalyse oder Energiemanagement nur eine geringere Häufigkeit auf, sodass hierbei auf eine geringe aktuelle/zurückliegende Forschungsaktivität geschlossen wird.

Ein mögliches Konsortium aus Kompetenzträgern sollte aufgrund der unterschiedlich zu berücksichtigenden Perspektiven und Themenschwerpunkte grundsätzlich und mindestens die folgenden Akteursgruppen enthalten:

- Forschungseinrichtung/-verbände
- Anlagenhersteller/-betreiber
- Planer und Berater

Als Adressaten der Bestandsanalysen und der zu entwickelnden Lösungen sind weiterhin Betreiber von Bestandsanlagen wichtiger Bestandteil eines Konsortiums. Bisher werden diese nur kaum in das Innovationssystem Kühl- und Kältetechnik eingebunden.

Im Rahmen des Fachgesprächs waren folgende Akteure bzw. Hintergründe vertreten und stellen potenzielle Ansprechpartner hinsichtlich eines Konsortiums dar: Fa. Rittal (Industrie), Fa. BKW Kälte-Wärme-Versorgungstechnik (Industrie), Fa. Kälte Klima Peters (Industrie), Fa. Güntner (Industrie), TU Dresden (Forschung), TU Berlin (Forschung), Fraunhofer ISE (Forschung), Fraunhofer IPM (Forschung), Green Chiller Verband (Forschung), PTW TU Darmstadt (Forschung), Fa. ETA-Solutions (Forschung & Energieberatung).