

# Effizient Kühlen

**Technologien, Anforderungen, Einfluss von Kälteverteilung  
und Kaltwassertemperatur**

**Clusterteam Neue Energiesysteme –  
Leipzig, 1. Februar 2022**

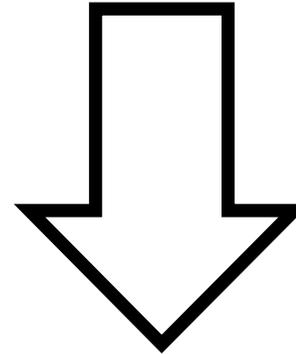
Thomas Büttner  
Inhaber *green-engineers* –  
Planungsbüro für Thermische Kühlung

- Kältemarkt Deutschland: ~ **144.000.000** gewerblich genutzte Kälte- / Klimaanlageanlagen, Tendenz stetig steigend!
- Endenergiebedarf dafür ~**87 TWh/a** (84% davon Elektroenergie)
- **14%** des deutschen Stromverbrauchs (**71 TWh/a**) entfallen auf kältetechnische Anwendungen (=5,6% des dt. Primärenergieverbrauchs)
- Das entspricht: **26 Mio t\_CO2/a** + **min. 1 Mio t\_CO2äq./a** aus Kältemittelleckagen

- Welchen Beitrag muss die Kältetechnik leisten, um unsere energiepolitischen Ziele zu erreichen?
- Mit welchen Technologien können wir bereits jetzt messbare Effekte erzielen?
- Kommen wir mit den bisherigen Konzepten / Planungsansätzen weiter?
- Reicht ein Austausch des Kälteerzeugers bereits aus? („Kesseltausch“)

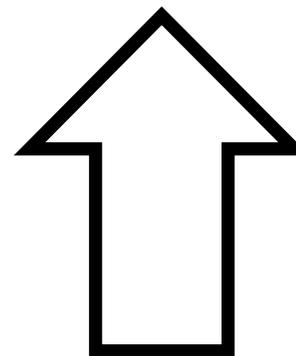


- **Steigende Außentemperaturen**
- **Zunehmende Komfortansprüche**
- **Digitalisierung /Elektrifizierung**



*Kompressionskältemaschine  
Strom als Antriebsenergie  
EER=2,5...4*

*Flourierte Kältemittel GWP>1300  
Meist erheblich überdimensioniert  
Einfache (Start/Stopp-) Regelung  
Mäßige Dichtigkeit / F-Gase-VO!  
Verbräuche?  
Betriebskosten?*



- **Notwendigkeit Energieeffizienz**
- **Senkung Treibhausgasemissionen**
- **Gesetzl. Rahmenbedingungen**
- **Kostendruck**

**zentral**



**...und dezentral:**



## Kompressionskältemaschine (mechanische Verdichtung)



Antriebsenergie:

Strom

Typ. EER:

3,0...4,0

COP<sub>therm.</sub>:

-

Typ. Kältemittel-GWP:

675...2088 (R32/R410A)

Rückkühlung, i.d.R.:

trocken

Techn. Nutzungsdauer

bis zu 12a

Investitionskosten

moderat

Energiekosten

hoch

Wartungskosten

steigend

## Sorptionskälteaggregat (thermische Verdichtung)



(Ab-)Wärme (ab ~70°C)

*Strom als Hilfsenergie*

8...15

0,5...0,8

0 (Wasser)

verdunstungsbasiert

15...20a

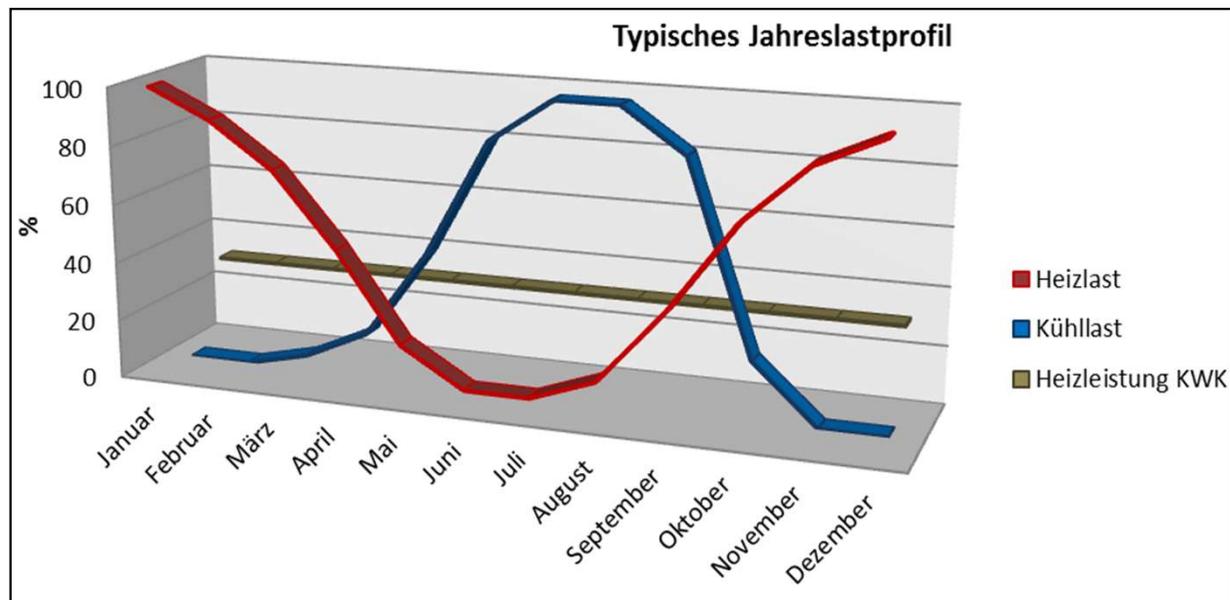
höher (Faktor 1,5...3)

sehr gering

moderat, konstant

## Sorptionskältetechnik - Vorteile

- Ungenutzte, Überschüssige, Preiswerte (Ab)Wärme ersetzt (teuren) Strom als Antriebsenergie für die Kälteerzeugung.
- Wärme kann i.d.R. nur temporär und limitiert gespeichert werden; zeitgleiche Nutzung der Wärme mit der Entstehung ist notwendig! (vgl. Solarthermie)
- Oft korreliert Kühllast eines Objektes direkt mit Solarertrag (Solare Kühlung) oder überschüssiger Restwärme aus Energieumwandlungsprozessen. (KWKK)



- Nutzung vorhandener Wärmeströme ist elementar für Energiewende!  
Derzeit 125 TWh gebundener, industrieller, Abwärme ungenutzt! (=37Mio t CO<sub>2</sub>)
- Verwendung von umweltfreundlichem Kältemittel, statt hochflüchtigen Kohlenwasserstoffen mit erheblichem Treibhauseffekt (GWP). Leckage spielt keine wesentliche Rolle mehr.
- Signifikante Einsparungen an Elektroenergie von ca. 70-90% und damit von CO<sub>2</sub>.
- Dauerhaft, kalkulierbar reduzierte Betriebskosten.
- Attraktive Amortisationszeiten der höheren Investition, auch durch Bezuschussung durch Förderprogramme von Bund und Ländern.

→ **Voraussetzung: Sorgfältige Planung und konsequent energieeffiziente Systemgestaltung (Rückkühlung, Kälteerzeuger UND Kälteverteilung)**

## Flexibilität entsprechend spezif. Randbedingungen

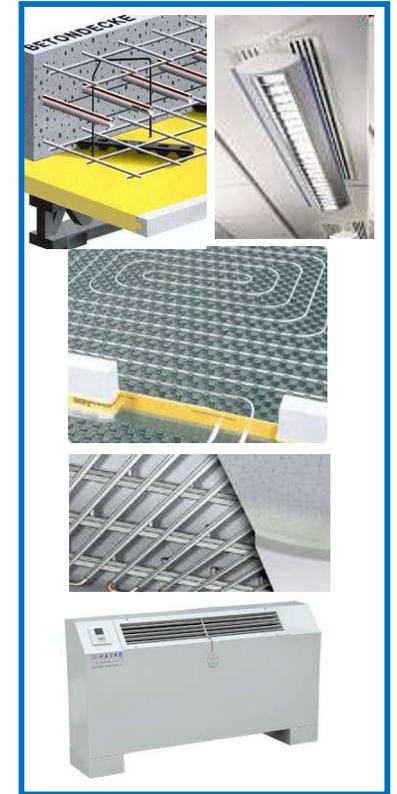


Antriebswärme  
55-95°C



Kaltwasser  
6-20°C

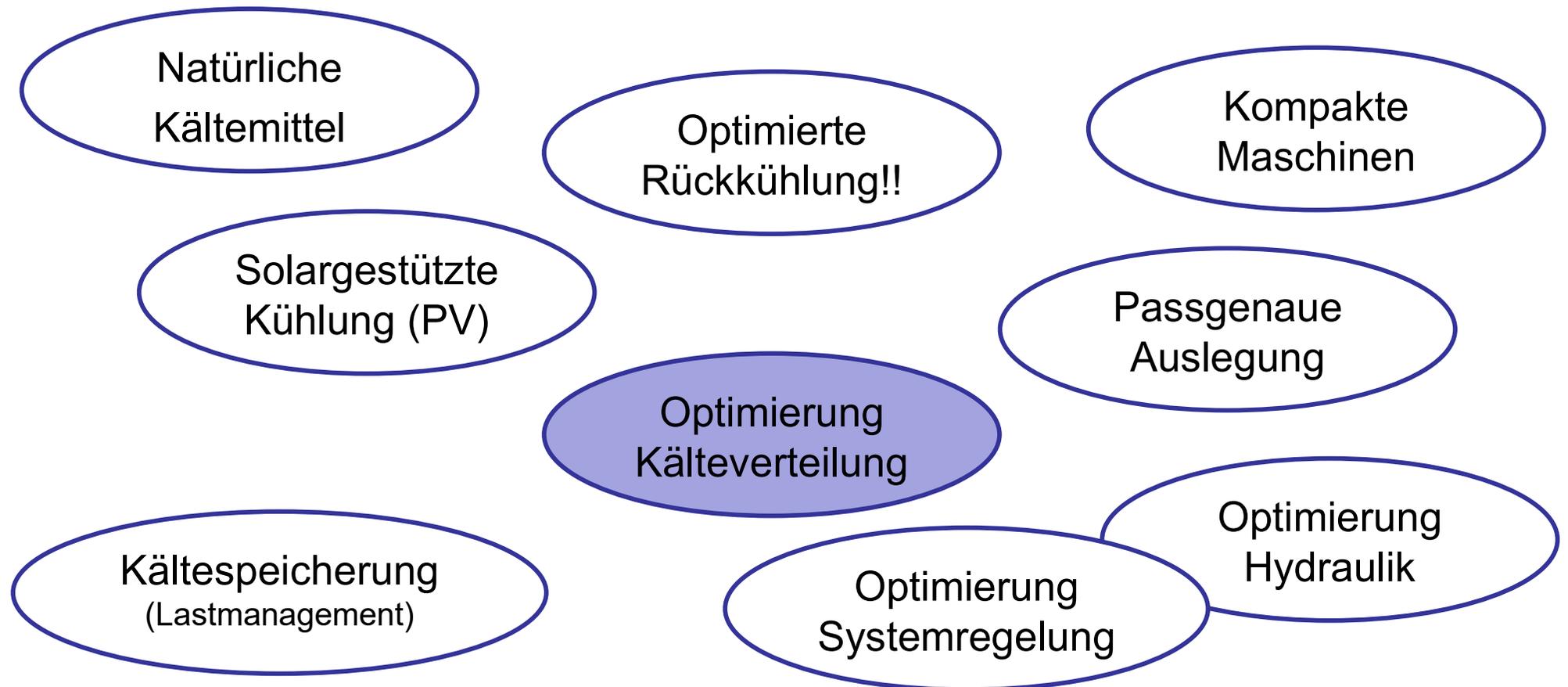
Rück-  
kühlung  
22-37°C



Nicht jede Anwendung ist für die Integration von thermischer Kühlung geeignet! ...objektive Analyse der Kühlaufgabe und Randbedingungen!



**Intelligente Lösungen mit Kompressionskältetechnik!**



## Aufgaben / Anforderungen:

- Zuverlässige Abfuhr der Kühllasten durch Wärmeübertragung
- Thermische Behaglichkeit
- Akustische Behaglichkeit
- Ggf. Entfeuchtung (Abfuhr latenter Lasten)
- Hygienische Unbedenklichkeit (im Einklang zur Bauphysik)

UND:

- **Bauart und Dimensionierung definieren wesentlich die Effizienz der Kälteerzeugung!**

## Unterteilung der Kälteverteilung

### Aktive Kühlung:

Kühlung der Luft  
überwiegend durch  
erzwungene Konvektion  
(Ventilatoren)

→ Entfeuchtung möglich!



### Passive (stille) Kühlung:

Kühlung der Luft durch  
Strahlung und/oder freie  
Konvektion

Kühlung des Baukörpers bzw.  
der Wandflächen

→ Keine Entfeuchtung mgl.!  
(Taupunktüberwachung)

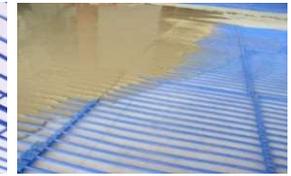
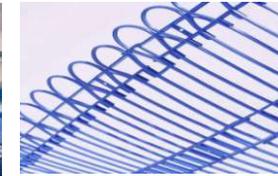


- Hohe Kaltwassertemperaturen ermöglichen effizientere Kälteerzeugung, bedingen aber auch größere WÜ-Flächen (geringeres  $\Delta T$  zur Raumluft)
- Wenn immer bauseitig möglich, bietet Stille Kühlung physiologisch die bessere Voraussetzung für Thermische Behaglichkeit!
- Doppelnutzen: Kühldecken, Wandkühl-Elemente, Betonkernaktivierung sind auch potenzielle Wärmeübertragerflächen.
- Neu- oder Bestandsbau bedingt auch Komponentenauswahl.
- Standard-Klimakälte (7/12°C) ist vor allem für Sorptionskältemaschinen nicht zu bevorzugen.
- Raumluft-Entfeuchtung auch bei moderaten KW-Temp. (z.B. 10°C) mgl.!

E-Effizienz & Behaglichkeit



Betonkernaktivierung



Kühldecke, Wand-/ Bodenkühlung



Decken-  
kassette



Deckenkühl-  
konvektoren

6/12

10/15

12/16

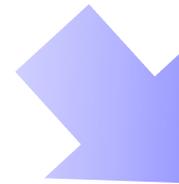
16/19

19/22

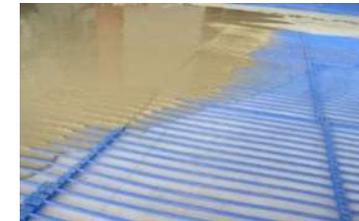
Kaltwasser-Temperaturniveau[°C]

Und wie bedingt die Kälteverteilung die Arbeitsweise des Kälteerzeugers?

**6/12°C**

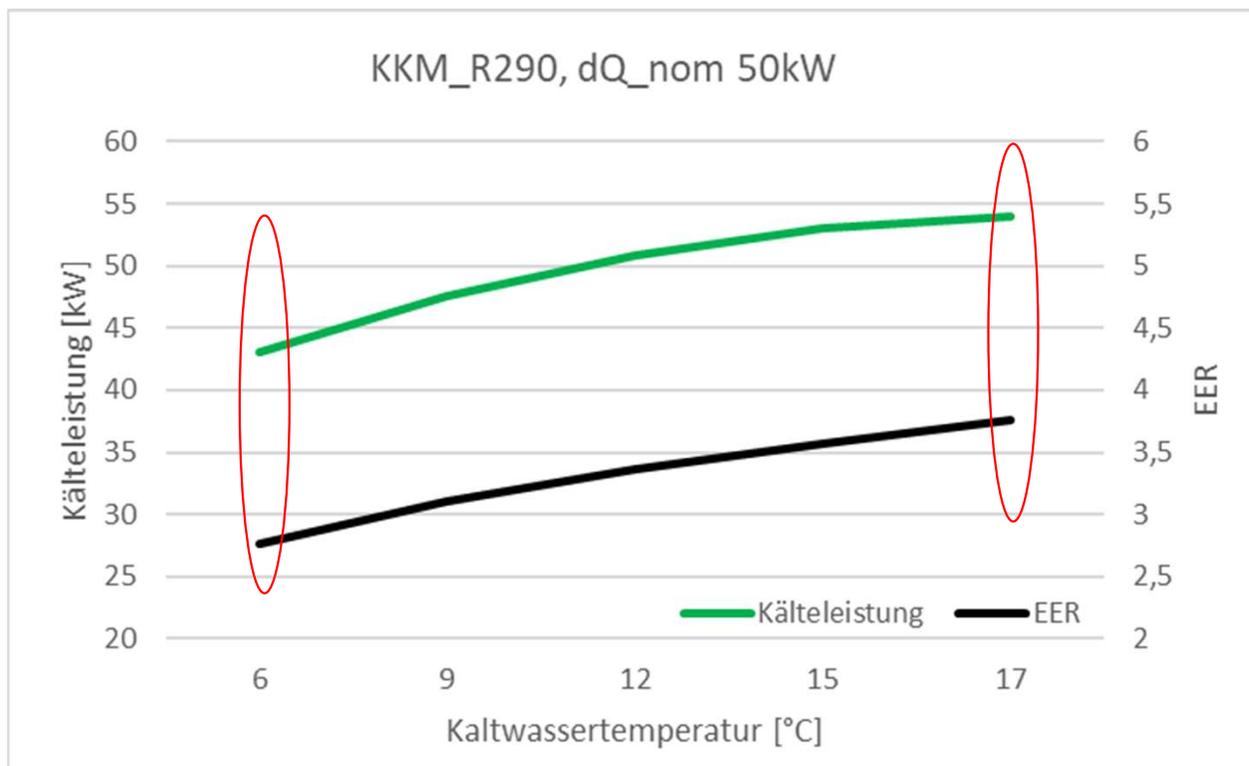


**17/20°C**



## Performance eines typischen Kaltwassersatzes (Beispiel)

Abhängigkeit von Kälteleistung und EER von der Kaltwassertemperatur



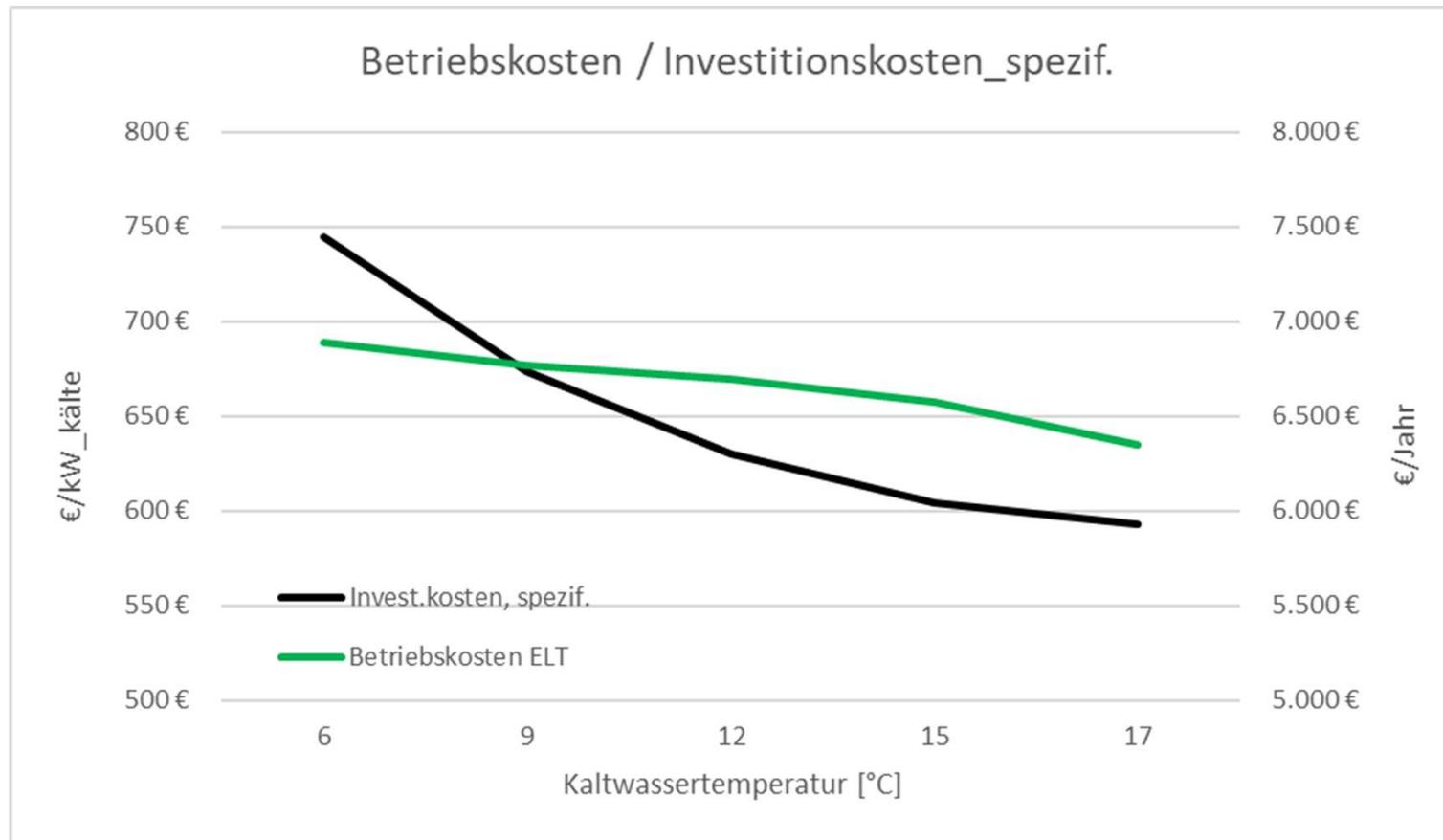
Annahmen:

- Wassergekühlte KKM
- Rückkühlung 35°C
- Kältemittel R290

→ **Delta Kälteleistung: 26%**

→ **Delta EER: 36%**

## Ökonomische Auswirkungen



*Annahmen:*  
2.000 VBh/a  
0,25€/kWh\_elt

→ **Betriebskosten: - 8% (-540 €/a)**

→ **Investitionskosten Kälteerzeuger: -20%**

## Konkrete Effekte:

- Kleineres Gerät zur adäquaten Kühlung einsetzbar (Invest ↓ )
- Geringere Betriebskosten durch höhere elektr. Effizienz
- Einsparungen von Elektroenergie UND CO<sub>2</sub> (Bsp.: ~ -1 t\_CO<sub>2</sub>)
- (keine Ventilatoren für Umluftkühlgeräte / Deckenkassetten)
- Verbesserte Physiologie / thermische Behaglichkeit
- Geringerer Verschleiß des Verdichters (reduzierte Druckstufe)

## Aber:

- Kälteverteilung ist entsprechend zu dimensionieren
- Anpassung der Volumenströme und WÜ-Flächen
- Im Bestand aufwändiger als bei Neubau

- ✓ Bedeutung und Anforderungen an die Kältetechnik steigen erheblich
- ✓ Thermische Kühlung als wesentlicher Baustein zukunftsfester Lösungen zur Senkung von Strombedarf, CO<sub>2</sub> und Betriebskosten!
- ✓ Unterschiedlichste Einflussfaktoren bedingen die Effizienz der Kälteerzeugung, Je nach konkreten Anforderungen eignen sich Ab-/Adsorptions- oder Kompressions-KM unterschiedlich gut für bestimmte Kühlaufgaben.
- ✓ Kältetechnik kann und muss heute schon nach den Anforderungen von morgen geplant und ausgeführt werden. Hierzu zählt insbesondere die Kälteverteilung!
- ✓ Sorgfältige Auswahl von Kälteerzeuger / Kälteverteilung / Rückkühlung / Hydraulik und Regelung definieren Systemeffizienz und Performance.
- ✓ Energieeffizienz ist mit alleinigen Fokus auf die Erzeugung nicht möglich!
- ✓ Ohne die passende Kälteverteilung können entsprechende Einspareffekte nicht erzielt werden.

**Vielen Dank!**

**Kontakt:**

green-engineers  
Planungsbüro für thermische Kühlung  
04229 Leipzig | Erich-Zeigner-Allee 64a  
0341 – 1257 1277  
[info@green-engineers.de](mailto:info@green-engineers.de)