

## **BMUB-Fachtagung**

*Klimaschutz durch Abwärmenutzung -  
Potenziale, Hemmnisse, Strategien*

*Mittwoch, 04.03.2015  
Neue Mälzerei, Berlin*

# **Potenziale der Kälte-, Klima- und Wärmepumpentechnik für die (Ab)Wärmeerzeugung**

Prof. Dr.-Ing. Michael Arnemann

Deutscher Kälte- und Klimatechnischer Verein e. V. (DKV)

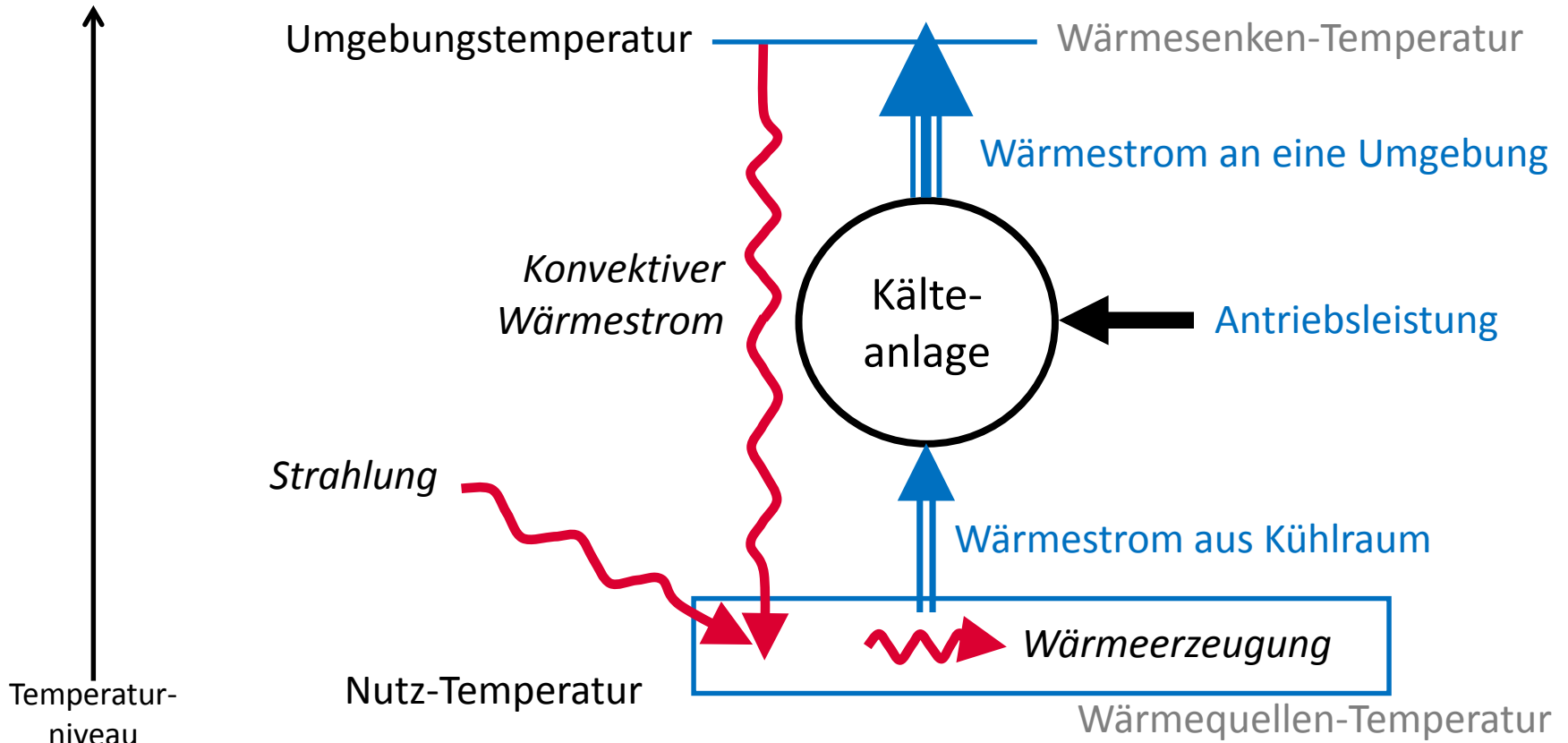


Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz,  
Bau und Reaktorsicherheit

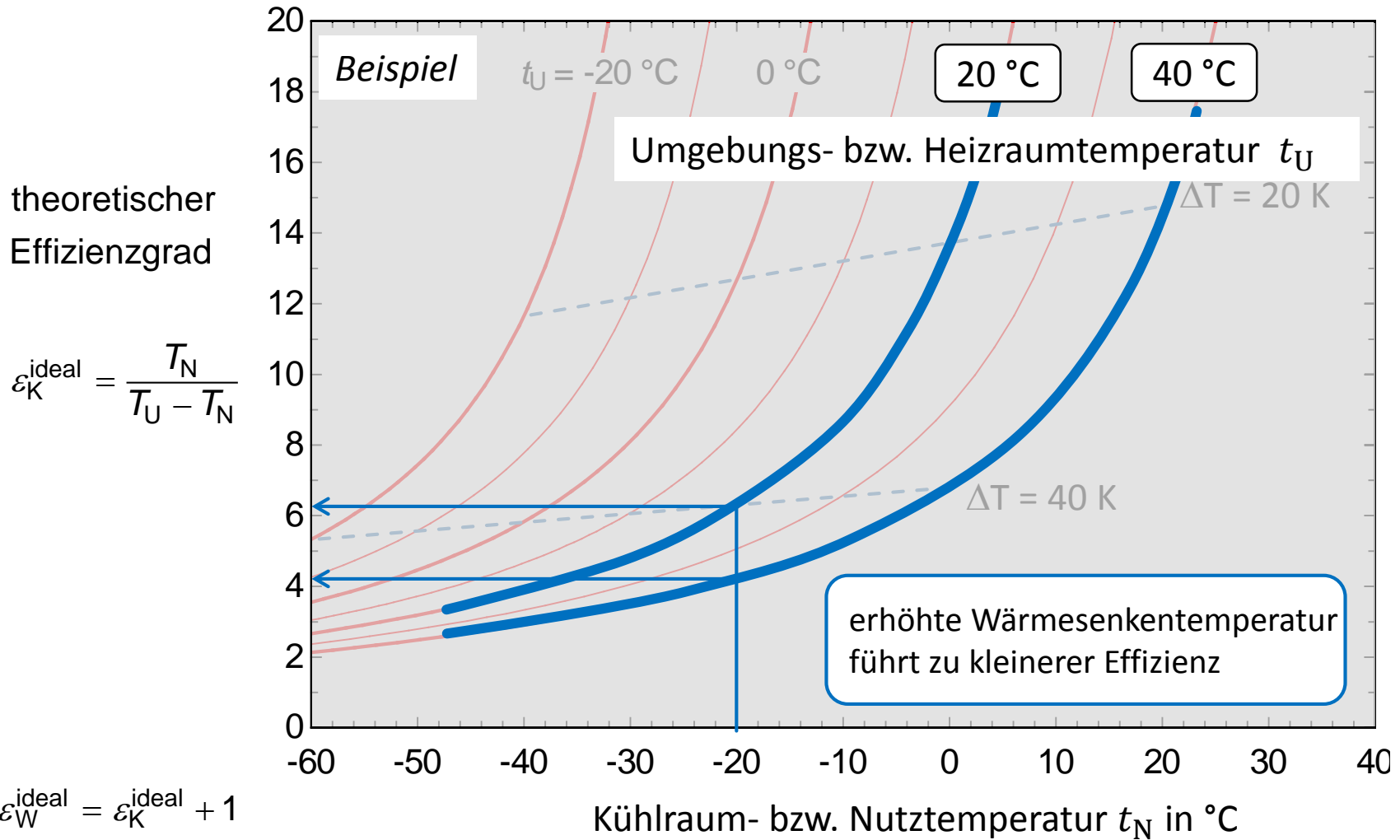
# Gliederung

- Funktion einer Wärme pumpende Anlage
- Bedeutung der Kälte-, Klima- und Wärmepumpentechnik
- Potenziale
- Fazit

# Wirkungsweise einer Kälteanlage

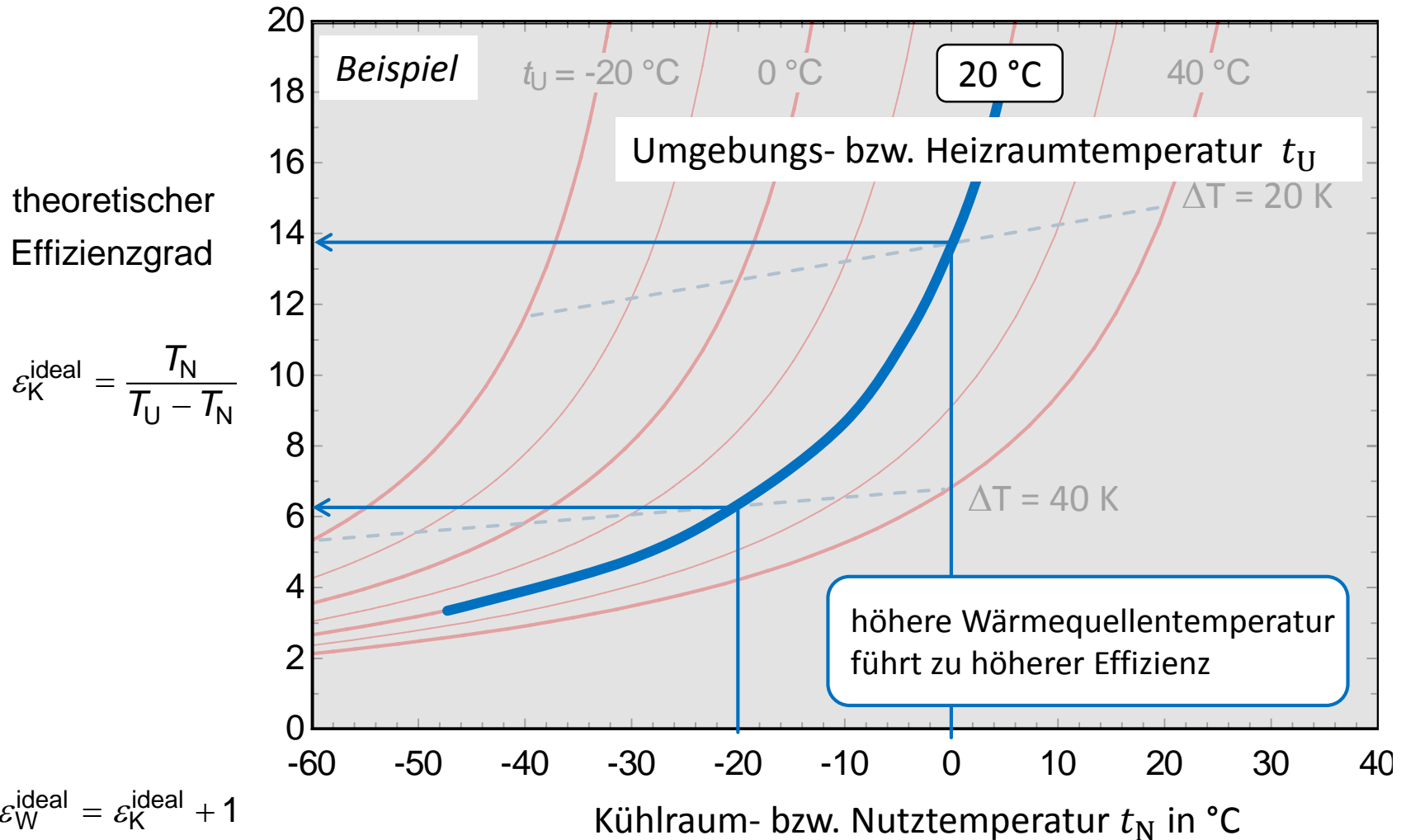


# Effizienz eines idealen Kälteerzeugungsprozesses



$$\varepsilon_W^{\text{ideal}} = \varepsilon_K^{\text{ideal}} + 1$$

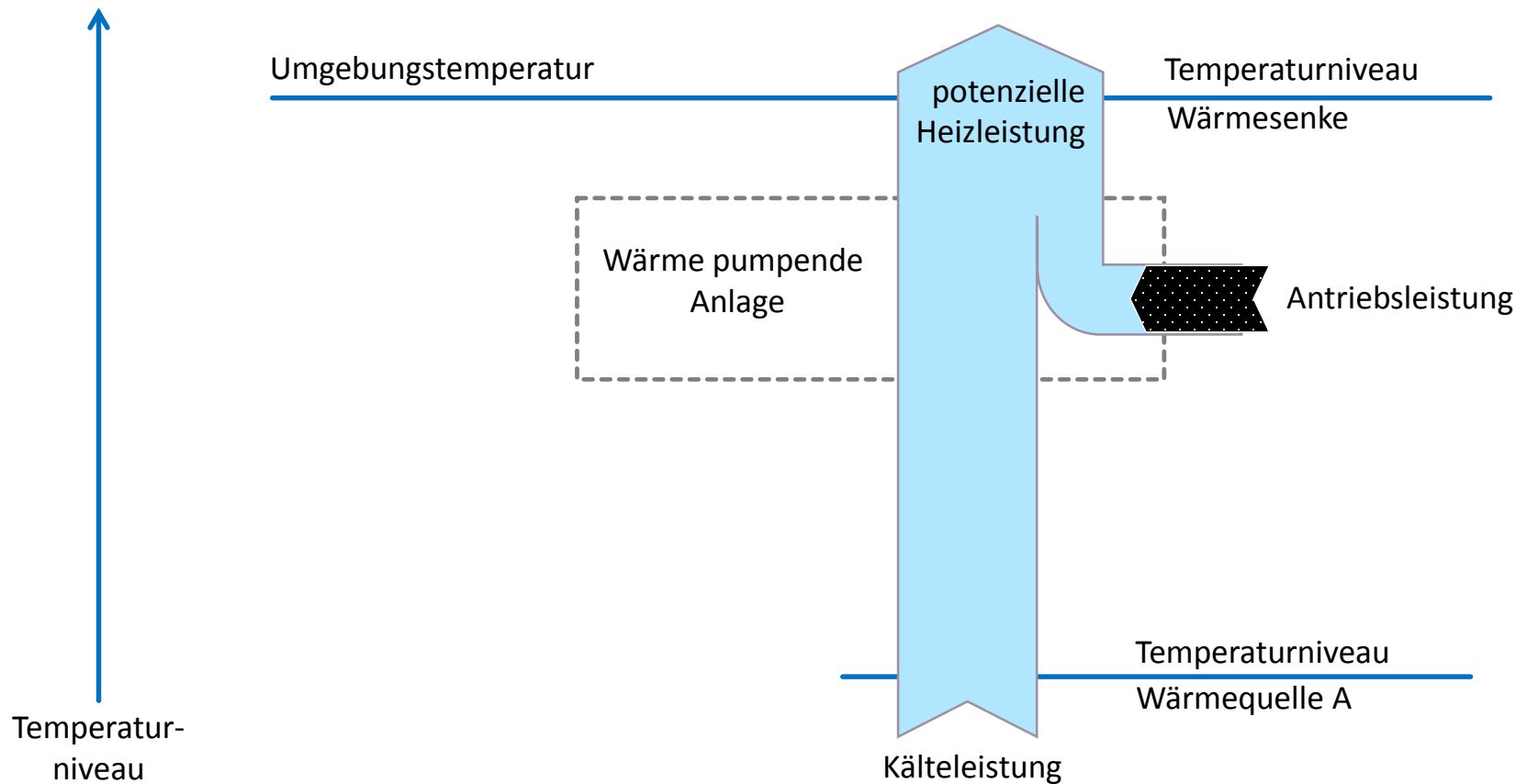
# Effizienz eines idealen Kälteerzeugungsprozesses



$$\varepsilon_W^{\text{ideal}} = \varepsilon_K^{\text{ideal}} + 1$$

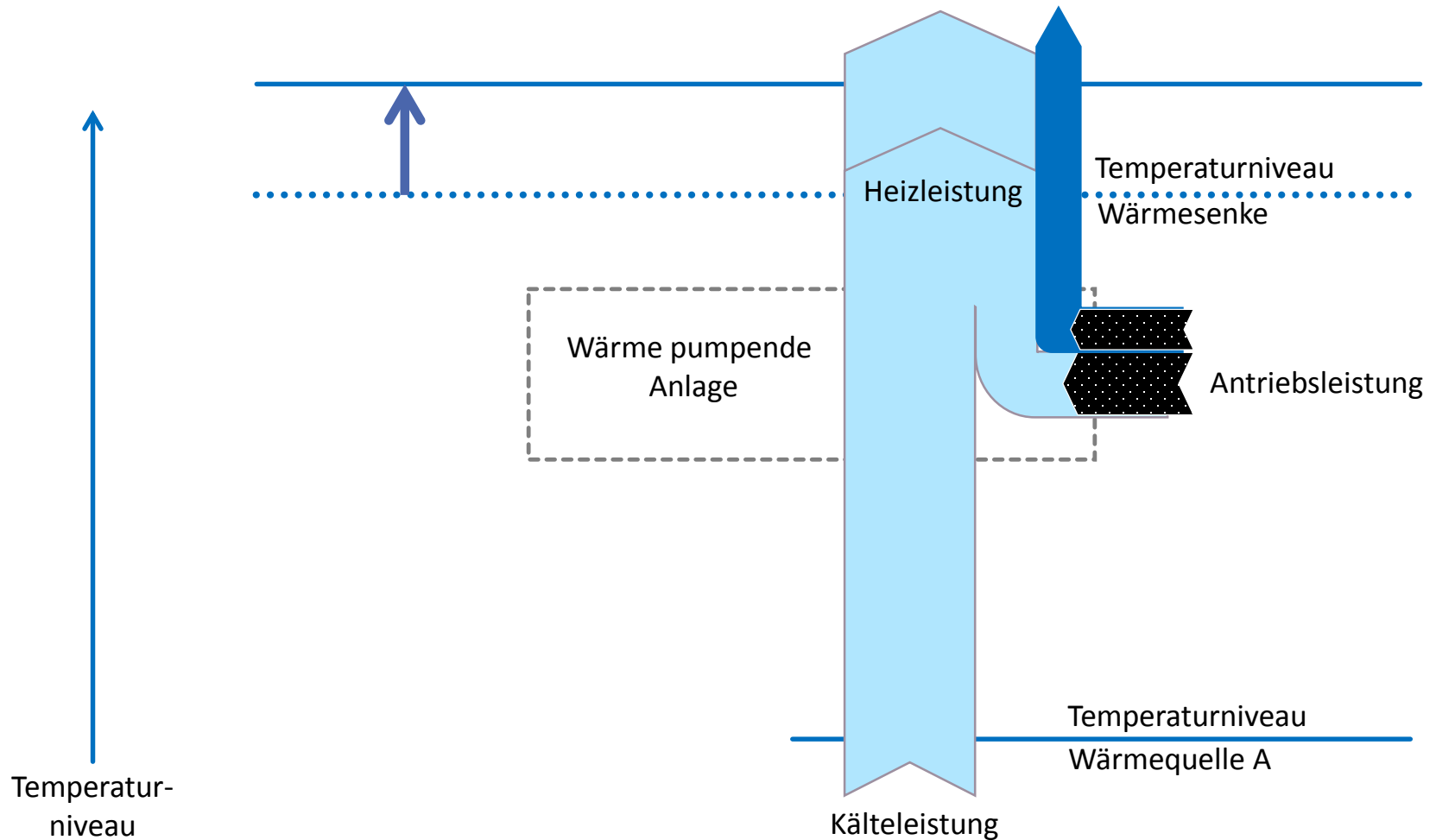
# Funktion einer Wärme pumpenden Anlage

## Energieströme Kälteanlage



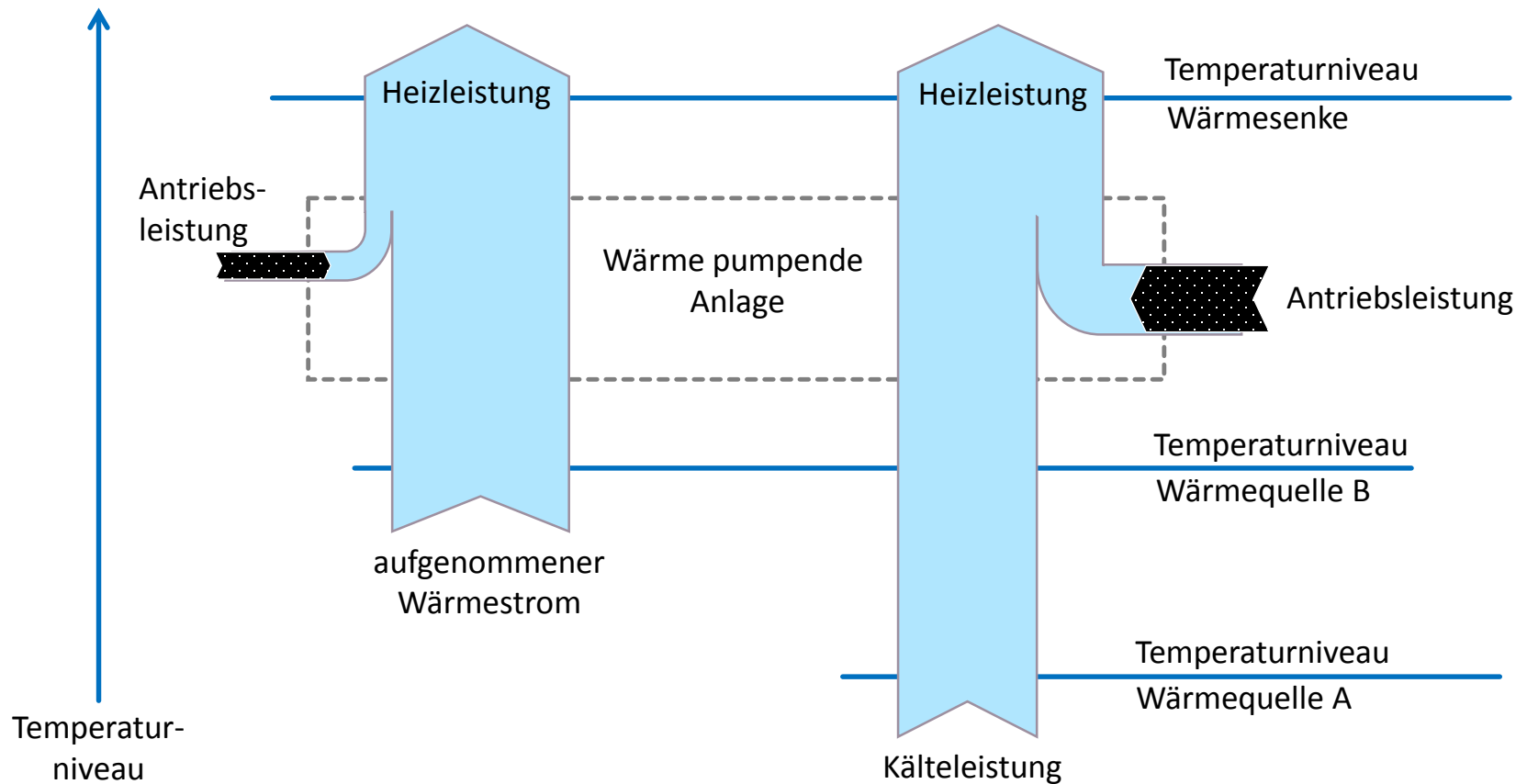
# Funktion einer Wärme pumpenden Anlage

## Erhöhung der Temperatur



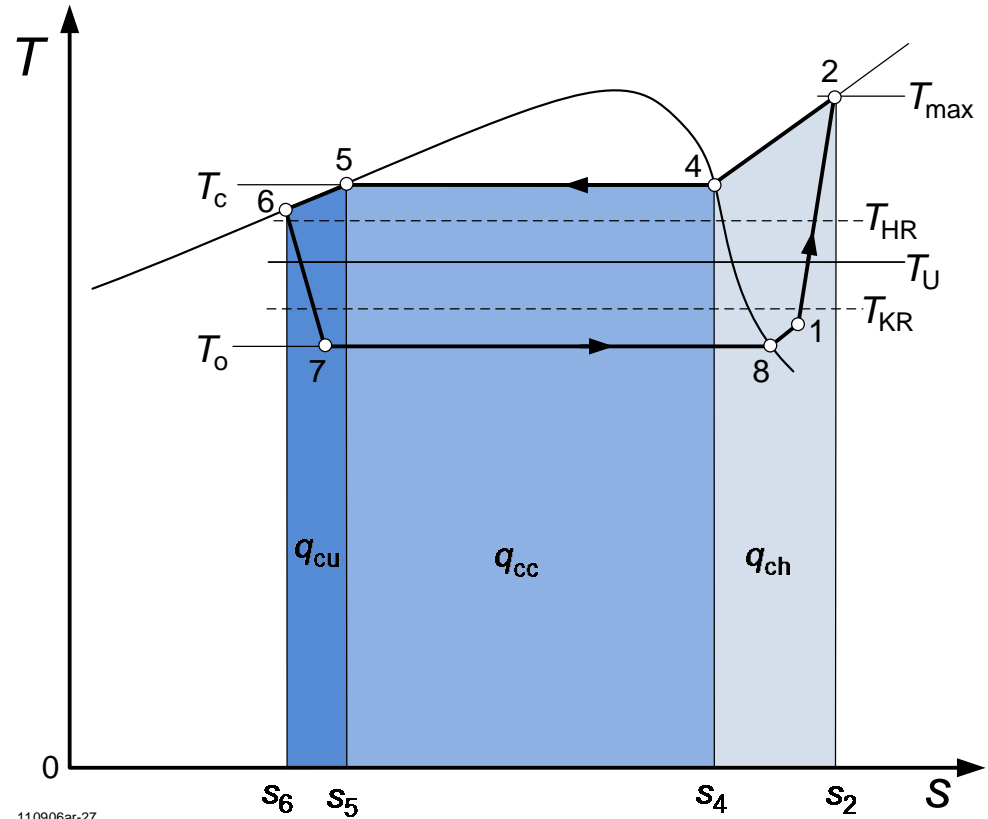
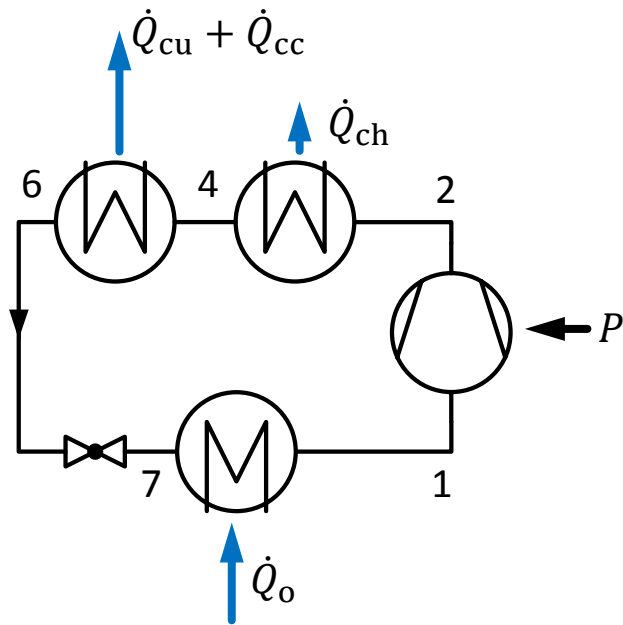
# Funktion einer Wärme pumpenden Anlage

## Erhöhung der Heizleistung

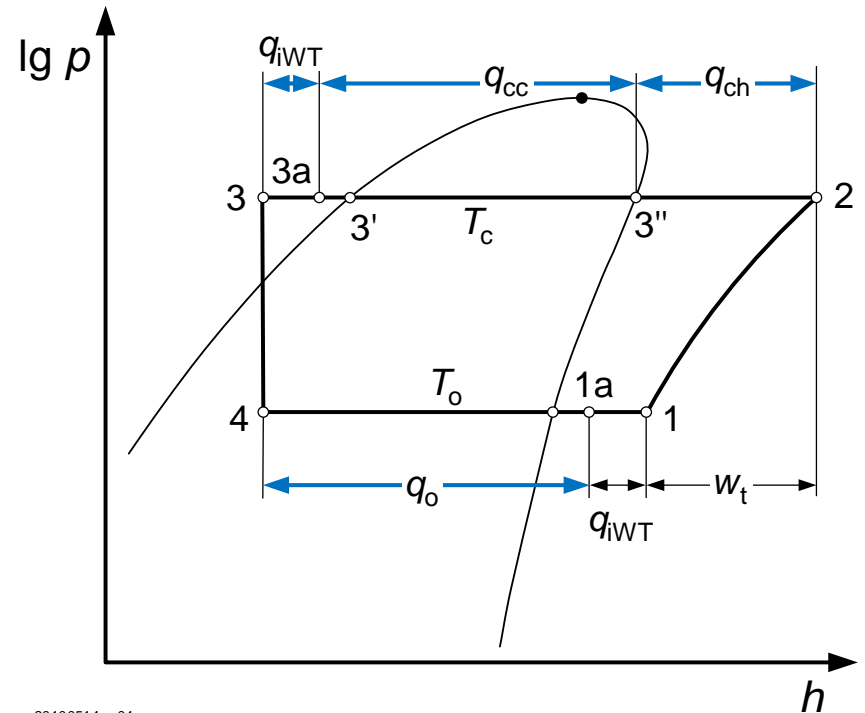
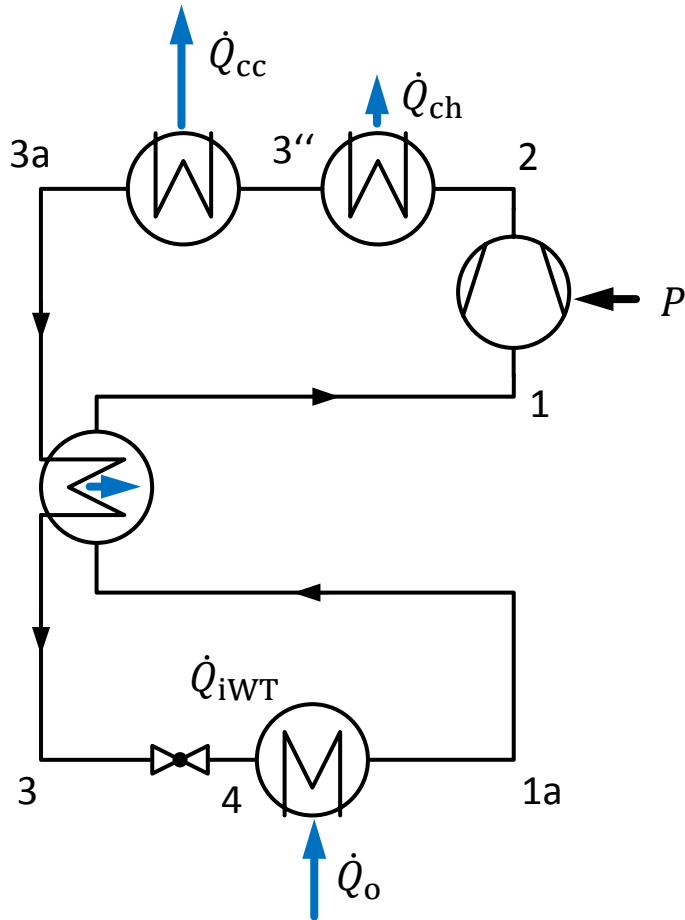




# Leistungen und Temperatur-Niveaus



# Leistungen und Temperatur-Niveaus



20100514ar-04c

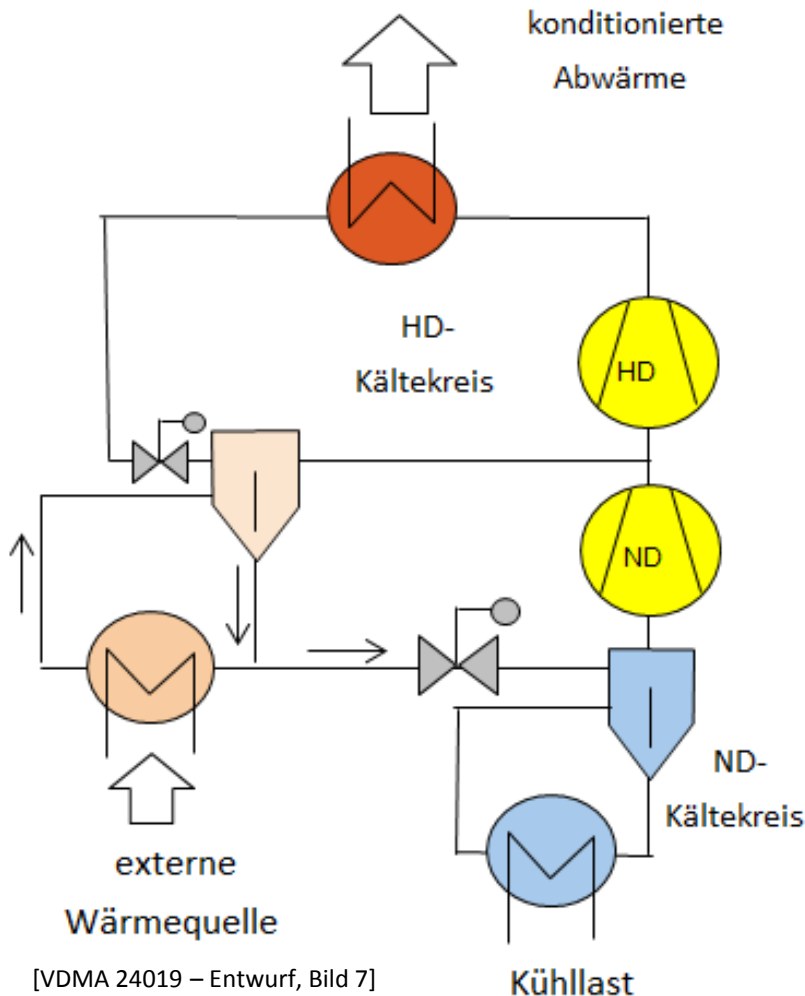
# VDMA 24019 - Entwurf

## Abwärmenutzung von Kälteanlagen

- 1 Anwendungsbereich
- 2 Normative Verweisungen
- 3 Begriffe
- 4 Ziele und Motivation
- 5 Einführung
  
- 6 Abwärmenutzung
  
- 7 Möglichkeiten der Abwärmenutzung**
  - 7.1 Passive Abwärmenutzung
  - 7.2 Konditionierte Abwärmenutzung
  - 7.3 Konditionierte Abwärme mit externer Wärmequelle
  
- 8 Wärmeträger-Kreislauf**
  - 8.1 Enthitzungswärme und konditionierte Abwärme für eine Nutztemperatur
  - 8.2 Enthitzungswärme und konditionierte Abwärme für zwei Nutztemperaturen
  
- 9 Abwärmenutzung mit „aufgesetzter Wärmepumpe“**
  - 9.1 Vergrößerung Abwärmestrom
  - 9.2 Reduzierung Abwärmestrom
  
- 10 Zusammenfassung**
  
- Anhang A Formelverzeichnis
- Anhang B Beispiele für konditionierte Abwärme

# Beispiel aus VDMA 24019 - Entwurf

## Abwärmenutzung von Kälteanlagen



[VDMA 24019 – Entwurf, Bild 7]

Zweistufige Kälteanlage, durch eine externe Wärmequelle erweitert, um die Abwärmeleistung zu vergrößern.

- Der Zwischendruck wird durch die Saugvolumen-ströme der ND- und HD-Verdichter beeinflusst.
- Die Verdichtergrößen sind so auszuwählen, dass der Zwischendruck zur Temperatur der externen Wärmequelle passt.

Anmerkung:

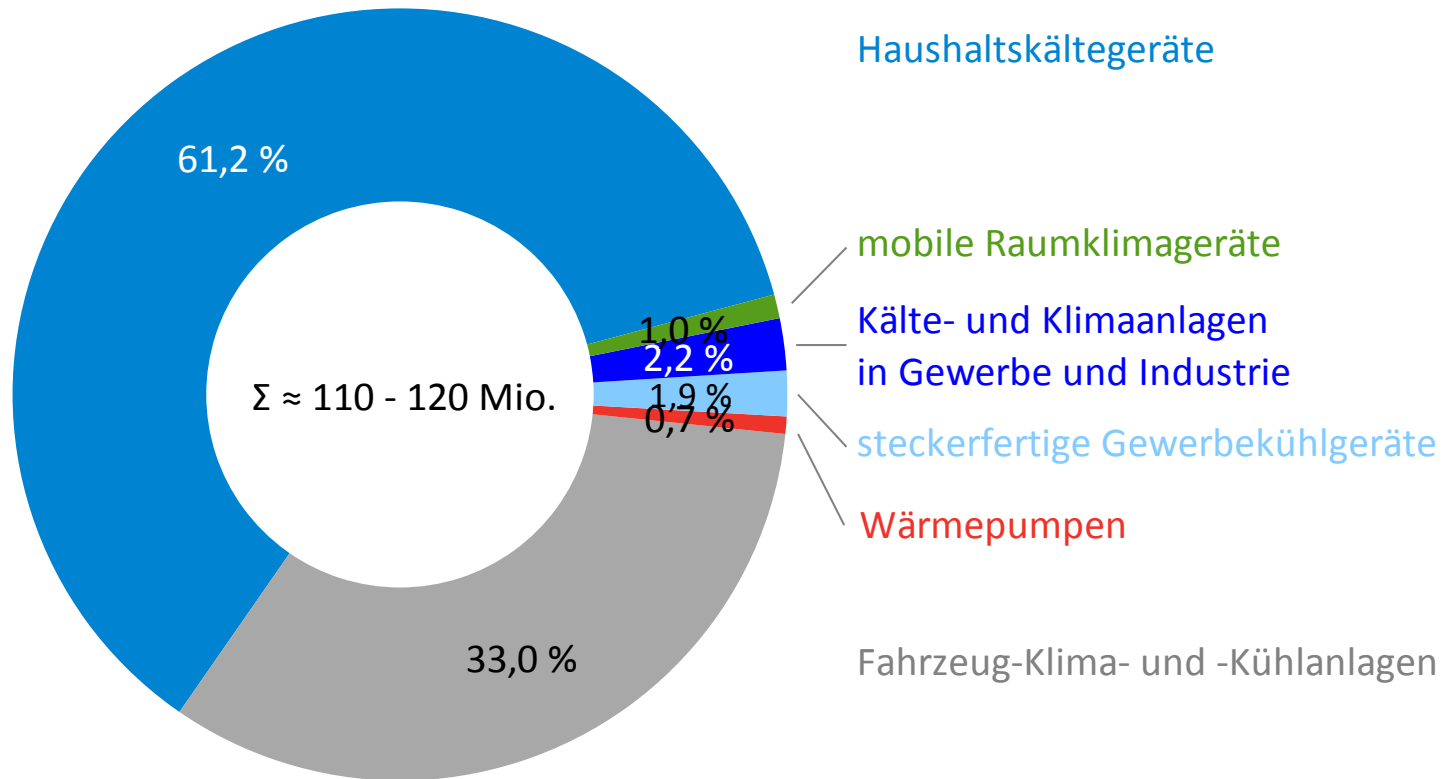
- Wenn die Verdichter keine Leistungsregelung haben, stehen aufgenommenener externer Wärmestrom, deren Temperatur und der Zwischendruck in einer Wechselwirkung. Der ND-Kältekreislauf wird davon beeinflusst.

# Gliederung

- Funktion einer Wärme pumpende Anlage
- Bedeutung der Kälte-, Klima- und Wärmepumpentechnik
- Potentiale
- Fazit

# Anzahlen von Kälte-, Klima- und Wärmepumpenanlagen in Deutschland, 2010

Energiebedarf für die technische Erzeugung von Kälte, Statusbericht  
22, DKV 2002; Kältetechnologien Deutschland,  
Studie Hochschule Karlsruhe, 2013



# Anzahl nicht-steckerfertiger Anlagen

Zahlenquelle: VDMA: Branchenbericht. Deutscher Markt für Kältetechnik 2009, Bestand an Kältesystemen in Deutschland nach Einsatzgebieten  
 Marktvolumen für kältetechnische Anwendungen, Frankfurt am Main, 15.12.2009

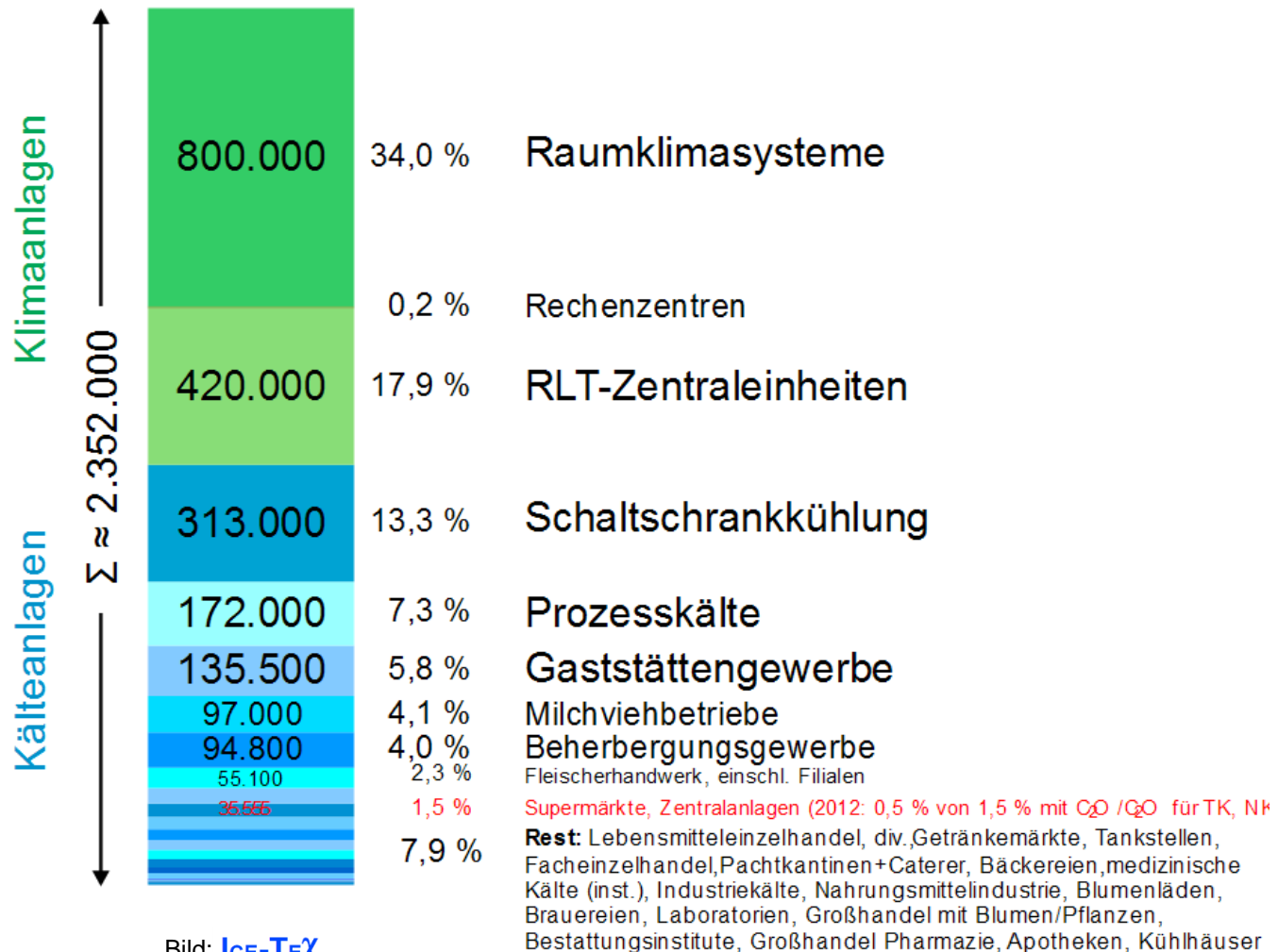
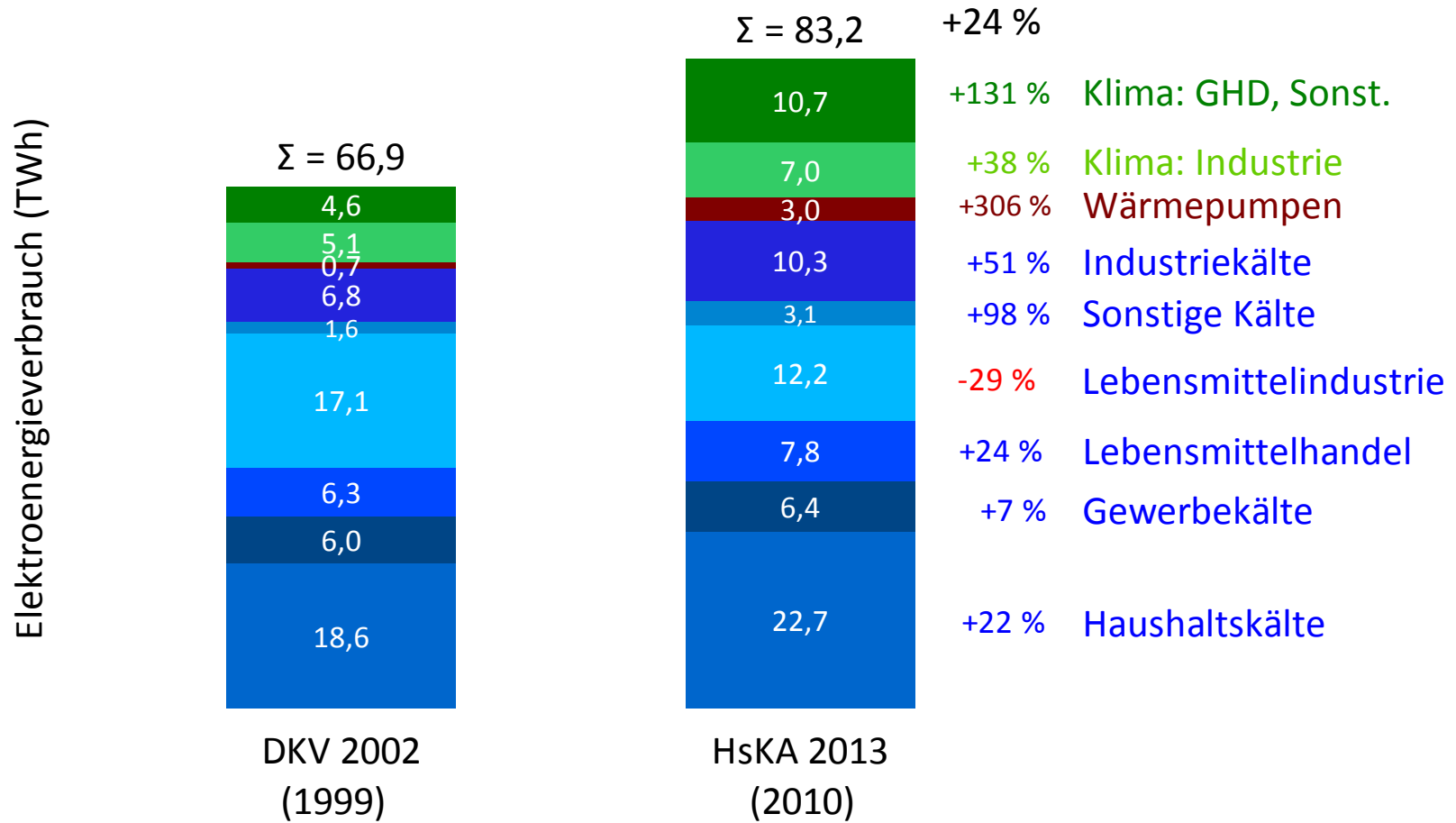


Bild: ICE-TeX  
 INGENIEURBÜRO

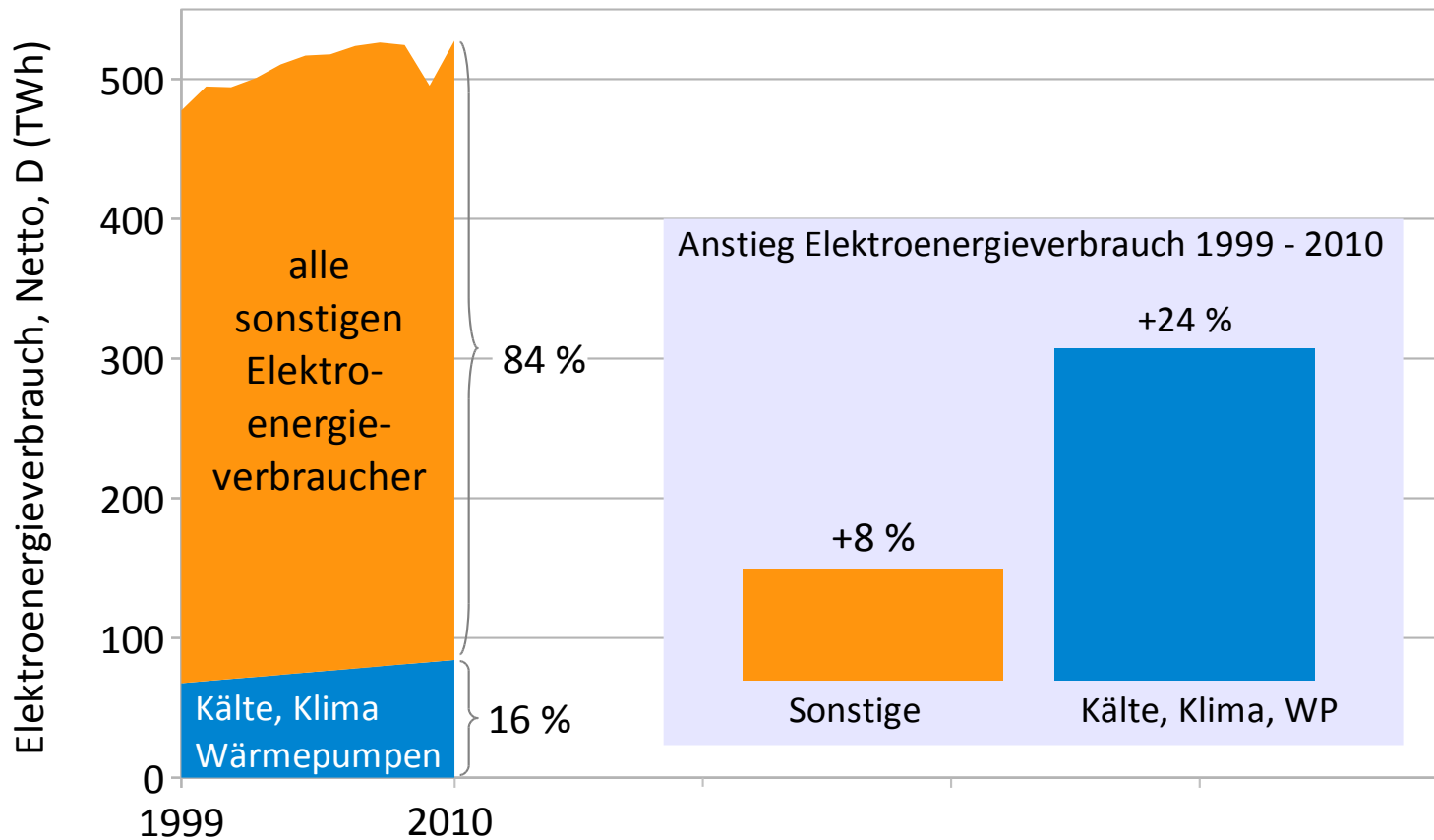
# Nationaler Elektroenergieverbrauch der Kälte-, Klima- und Wärmepumpentechnik



Daten aus: Arnemann et al. : Kältetechnologien in Deutschland, Studie, Hochschule Karlsruhe, gefördert im Rahmen der Klimaschutzinitiative der Bundesregierung durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Projektträger Jülich2013, Bild IceTeX



# Nationaler Elektroenergieverbrauch 1999 - 2010



Monitoring-Bericht "Energie der Zukunft", 4.4.2014, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie;  
Kältetechnologien Deutschland, Studie Hochschule Karlsruhe, 2013

# Entwicklung der nationalen Treibhausgas-Emissionen

Anteil der Kälte-, Klima- und Wärmepumpenanlagen im Jahr 2010  
[Studie der Hochschule Karlsruhe, 2013]

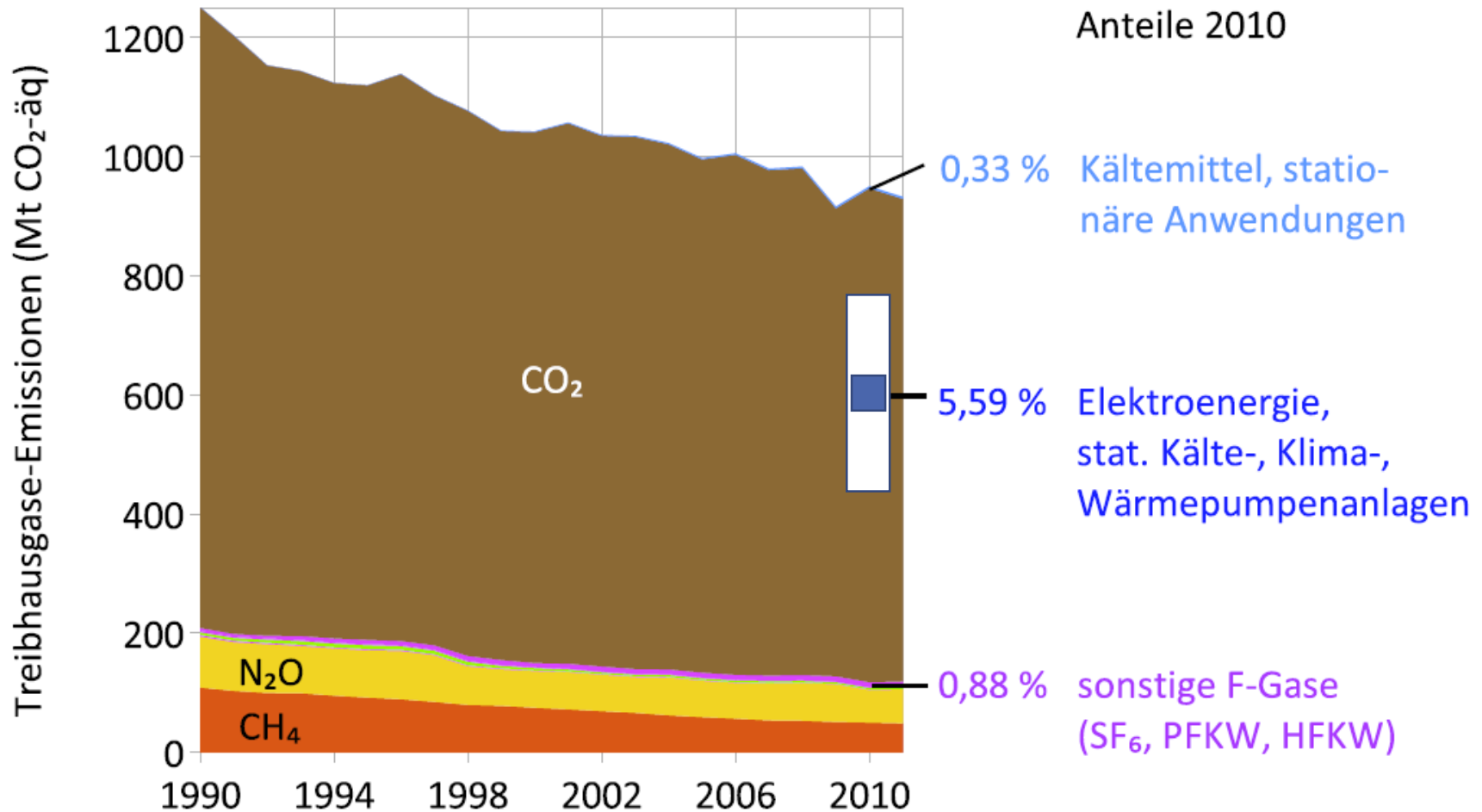


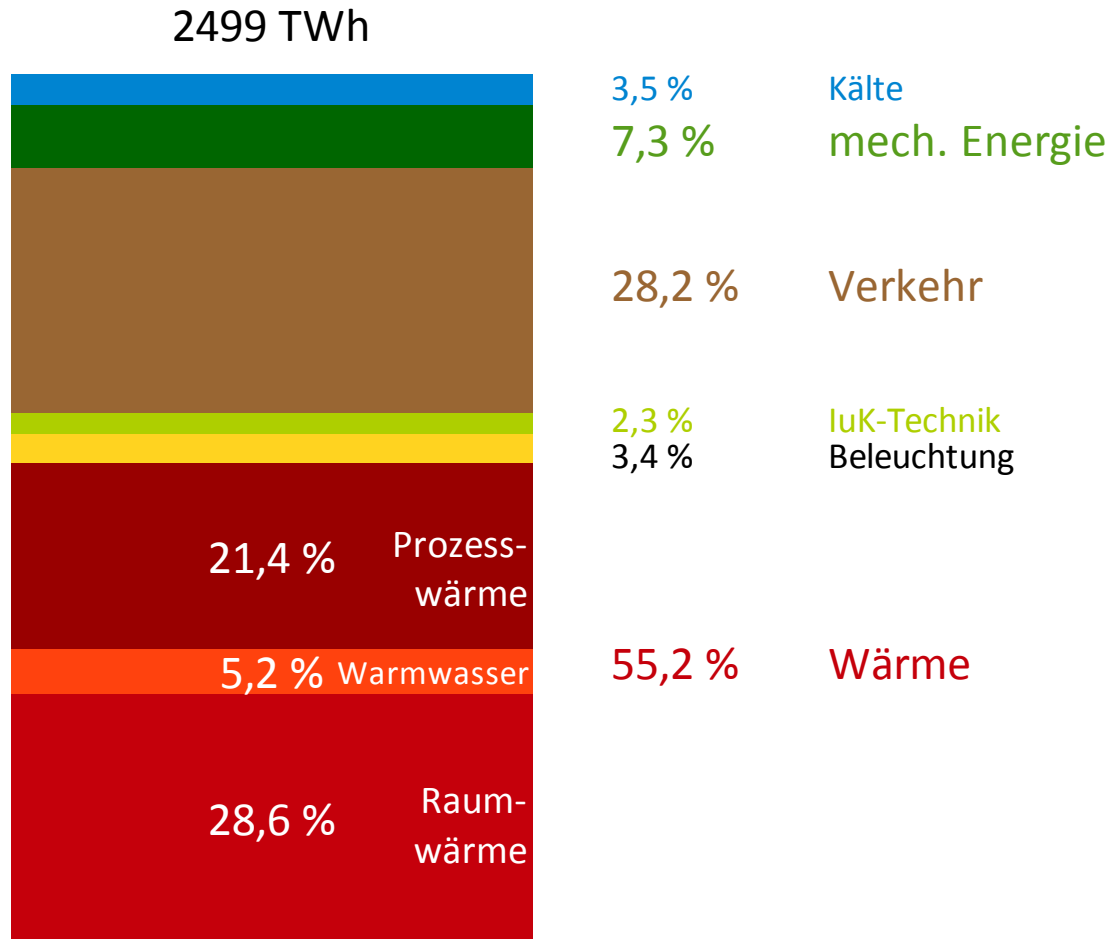
Bild: ICE-TEX  
INGENIEURBÜRO

# Gliederung

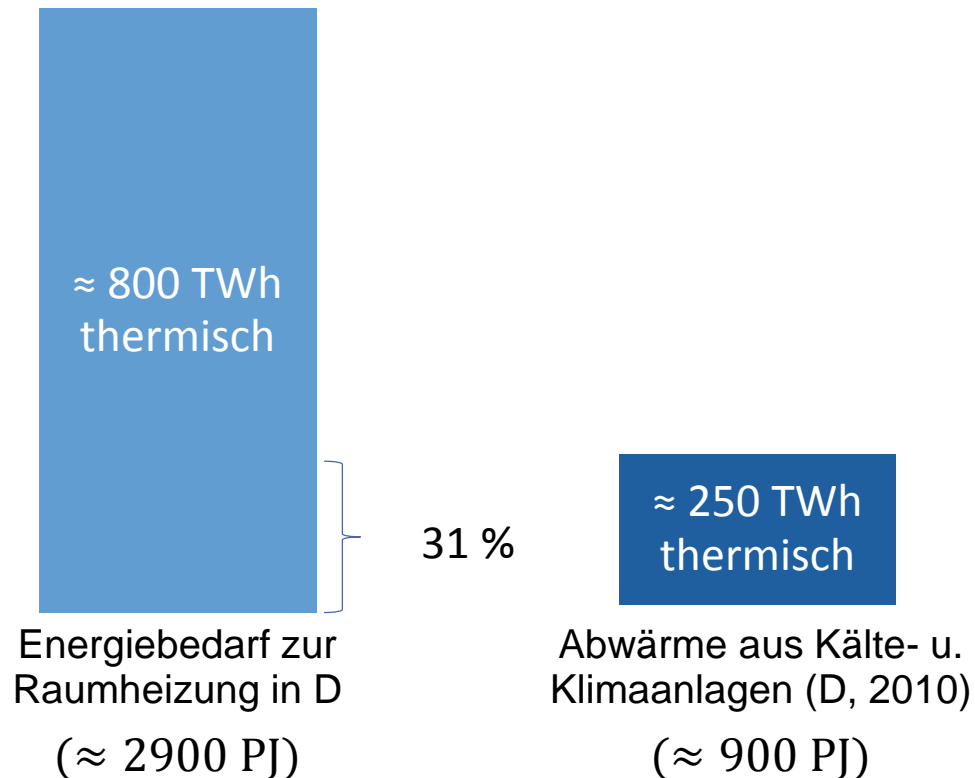
- Funktion einer Wärme pumpende Anlage
  - Bedeutung der Kälte-, Klima- und Wärmepumpentechnik
- 
- Potenziale
- 
- Fazit

# Endenergieverbrauch Deutschland 2012 nach Anwendungen

Endenergieverbrauch Deutschland, 2012  
Daten: BMWi 2014, DKV 2014 (Kälte)



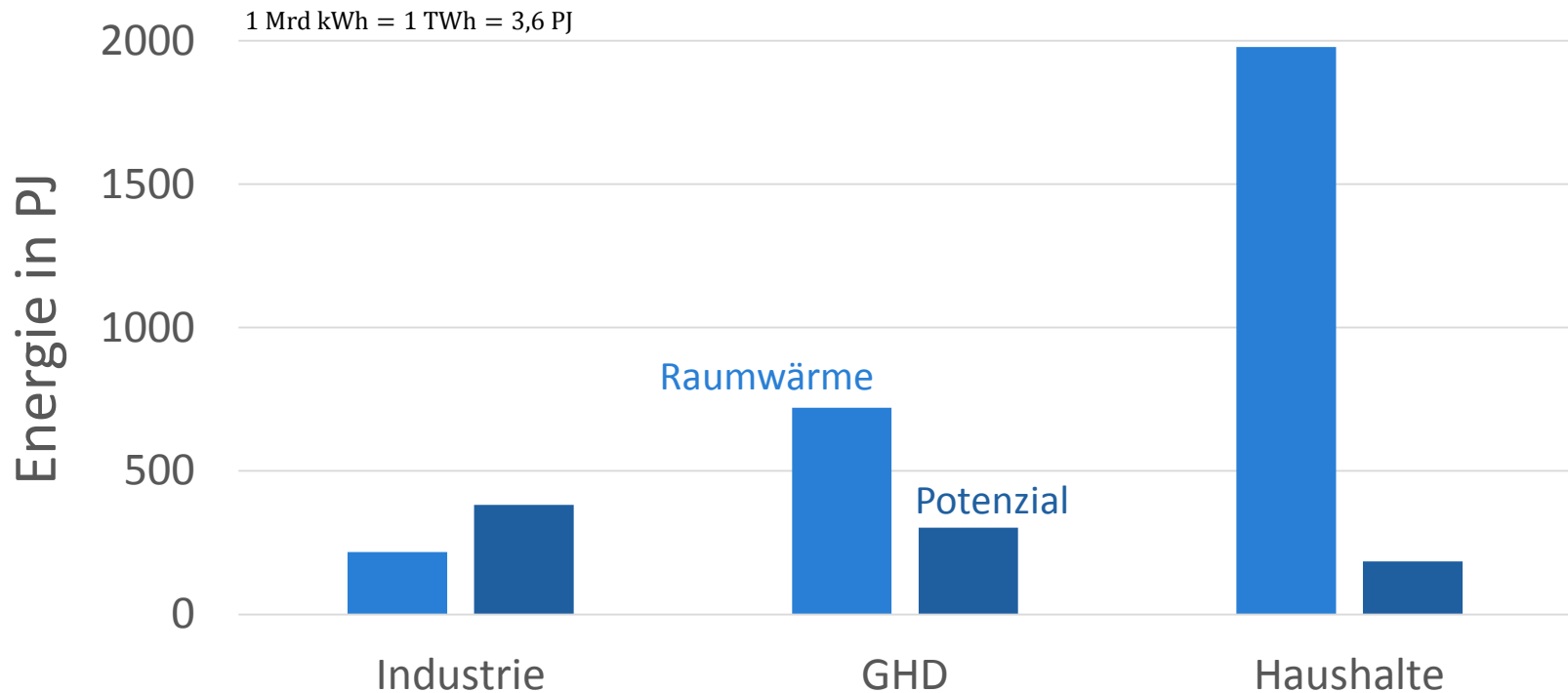
# Potenzial Abwärme Kälte/Klima



Vergleichende Betrachtung, zur Beurteilung der Größenordnungen.

In dieser einfachen Betrachtung fehlt jedoch die wichtige Bewertung des Temperaturniveaus.

# Raumwärmebedarf und Potenziale der Kälte-, Klimatechnik in 2010

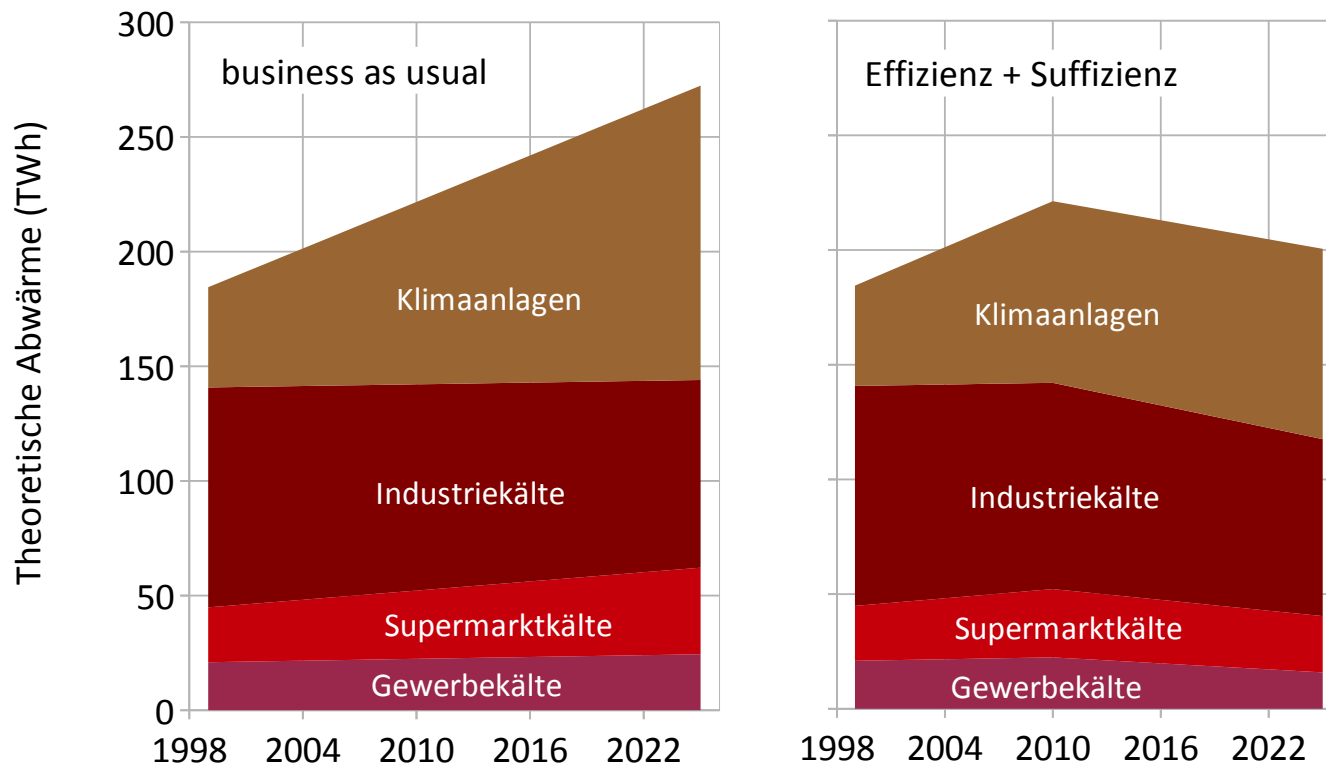


Quellen:

zu Raumwärme: AGEB : Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2011 und 2012 mit Zeitreihen von 2008 bis 2012, 2013-08

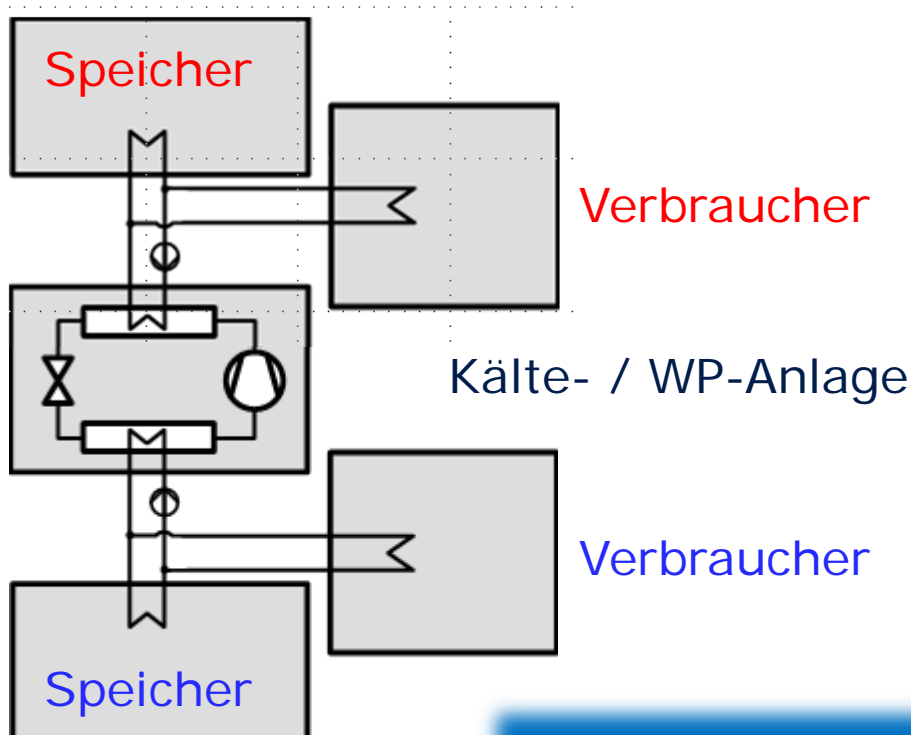
zu Potenzialen: M. Arnemann: KSI - Kältetechnologien in Deutschland, Hochschule Karlsruhe, 2013

# Theoretische Abwärmen der Kälte- und Klimatechnik



Energiebedarf für die technische Erzeugung von Kälte, Statusbericht 22, DKV 2002; Kältetechnologien  
Deutschland, Studie Hochschule Karlsruhe, 2013

## Energiespeicher – Kältetechnik / Wärmepumpe



### Motivation/Chancen:

- Einfacher Energiespeicher
- Bekannte Technologien
- Dezentralisierung möglich
- umweltfreundlich

### Technik:

- Kalt- / Warmwasserspeicher
- PCM (Eis, Paraffin, PE, ..)
- Feststoff
- Chemisch
- ...

2 Potentiale für thermische Energiespeicher



# Speicherung zur Unterstützung (der Netze)

bei Produktions- und Bedarfsspitzen

- Kühl- und Tiefkühlhäuser
  - Gebäudeklimatisierung
  - Kalte Nahwärmesysteme
  - WP → Gebäudeheizung
  - WP → Warmwasser
  - WP → Wäschetrockner
  - „SG Ready“ Produkte und Systeme
  - Eisspeicher
- Motivation für „**Energiespeicher**“ der Kälte-Klimatechnik:
    - Vorhanden - Einfacher Energiespeicher
    - Bekannte Technologien
    - Dezentralisierung möglich
    - Umweltfreundlichkeit

# Gliederung

- Funktion einer Wärme pumpende Anlage
  - Bedeutung der Kälte-, Klima- und Wärmepumpentechnik
  - Potenziale
- 
- Fazit

# Fazit

## Kälte-Klima-Wärmepumpen-Technik

- kann sinnvolle Abwärmenutzung anbieten
- kann im Gebäude Produktion und Verbrauch sinnvoll verbinden
- vorteilhafte Kombinationen thermisch und elektrisch angetriebener Systeme möglich
- installierte Systeme können als Speicher dienen
- Systeme müssen nur „smart“ ins Netz eingebunden werden
- kann „kalte“ Nahwärmenetze sinnvoll nutzen  
z. B. für dezentrale Wärmeversorgung
- ist ideale Ergänzung zur dezentralen Stromerzeugung (KWK)

➔ Weitere Forschung und Entwicklungen notwendig

# Gute Aussichten, für die Kälte-, Klima- und Wärmepumpentechnik!



Prof. Dr.-Ing. Michael Arnemann  
Deutscher Kälte- und Klimatechnischer Verein  
(DKV) e.V.  
Striehlstraße 11  
30159 Hannover

T: +49(0) 511 897 0814  
[info@dkv.org](mailto:info@dkv.org)  
[www.dkv.org](http://www.dkv.org)



Prof. Dr.-Ing. Michael Arnemann  
Institut für Kälte-, Klima- und Umwelttechnik  
Hochschule Karlsruhe - Technik und Wirtschaft  
Moltkestraße 30  
76133 Karlsruhe

T: +49(0) 721 925 1914  
[michael.arnemann@hs-karlsruhe.de](mailto:michael.arnemann@hs-karlsruhe.de)  
[www.hs-karlsruhe.de](http://www.hs-karlsruhe.de)