



**RLT-Zentralgeräte  
mit integrierter Kältetechnik**

## Inhalt:

- ▶ Gründe für integrierte Kältetechnik
- ▶ Kompressionskältemaschine
- ▶ Anwendungsfälle
- ▶ Anforderungen an RLT-Kälteanlagen
- ▶ Normen und Richtlinien
- ▶ Verdichter und energetische Bewertung
- ▶ Regelung der Kälteleistung
- ▶ Wärmeaustauscher
- ▶ Kältemittel
- ▶ Sicherheitseinrichtungen
- ▶ Anwendungsbeispiele

## RLT-Gerät als kompakte Einheit lieferbar:

- ▶ „steckerfertig“ und betriebsbereit
- ▶ Probelauf im Werk möglich
- ▶ wesentlich geringerer Aufwand bei Montage und Inbetriebnahme
- ▶ gemeinsame DDC für RLT-Zentralgerät und integrierte Kältetechnik
- ▶ keine externe Kältemaschine benötigt



## **RLT-Hersteller als Ansprechpartner:**

- ▶ weniger Schnittstellen für den Kunden während der Planungsphase, Errichtung und in der Wartung
- ▶ geringere Investitionskosten
- ▶ Liefergrenzen sind klar definiert
- ▶ Gewährleistung aus einer Hand



## **Kälte-Wärme-Verbundanlage:**

- ▶ die Kältemaschine kann sowohl auf der Verdampfungs- als auch auf der Kondensationsseite energetisch abgestimmt und optimal in das RLT-Zentralgerät integriert werden

## Vielseitige Anwendungsmöglichkeiten:

- ▶ Kältemittel haben ein breiteres nutzbares Temperaturspektrum als Wasser

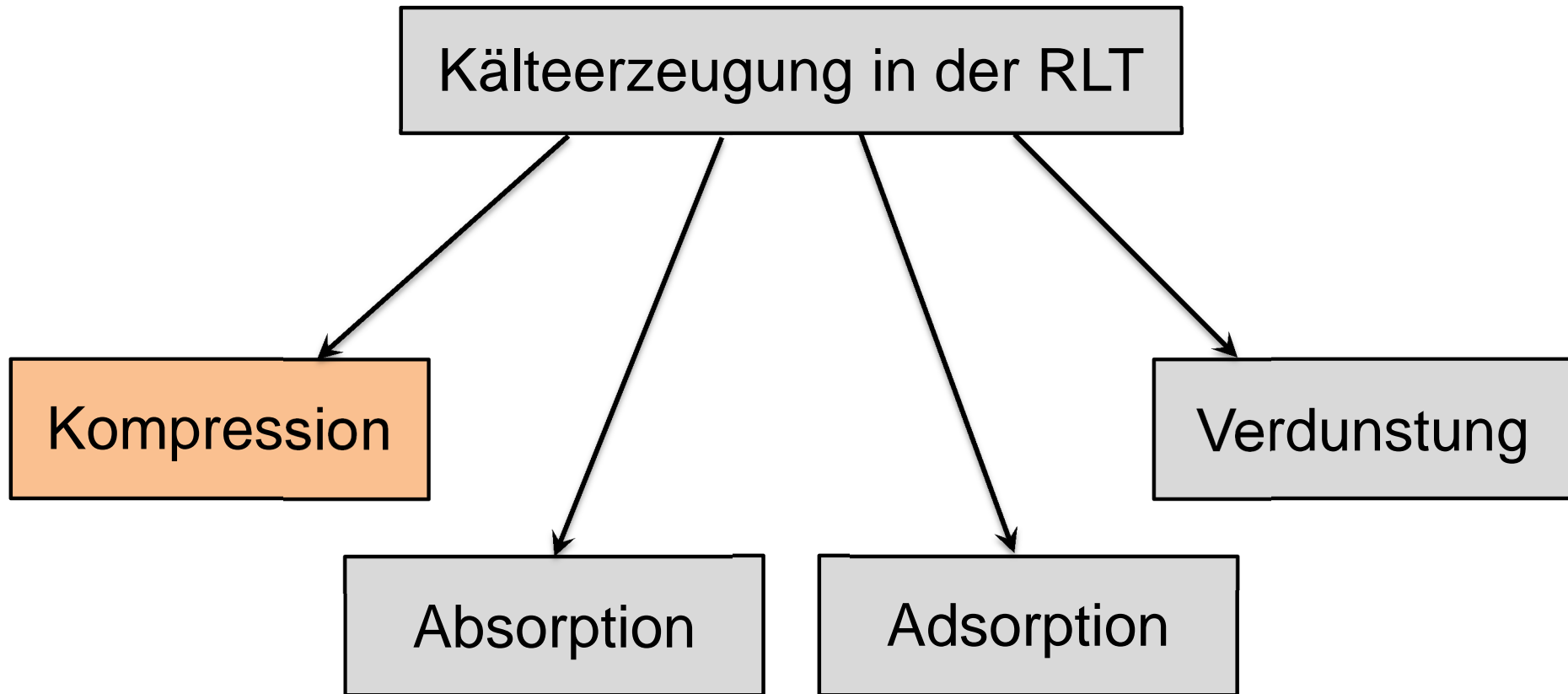
## Vergleichsweise geringer Platzbedarf:

- ▶ durch Wegfall der externen Kältemaschine und -verteilung
- ▶ Kälteanlagen haben kleinere Leitungsquerschnitte als Wasser führende Systeme

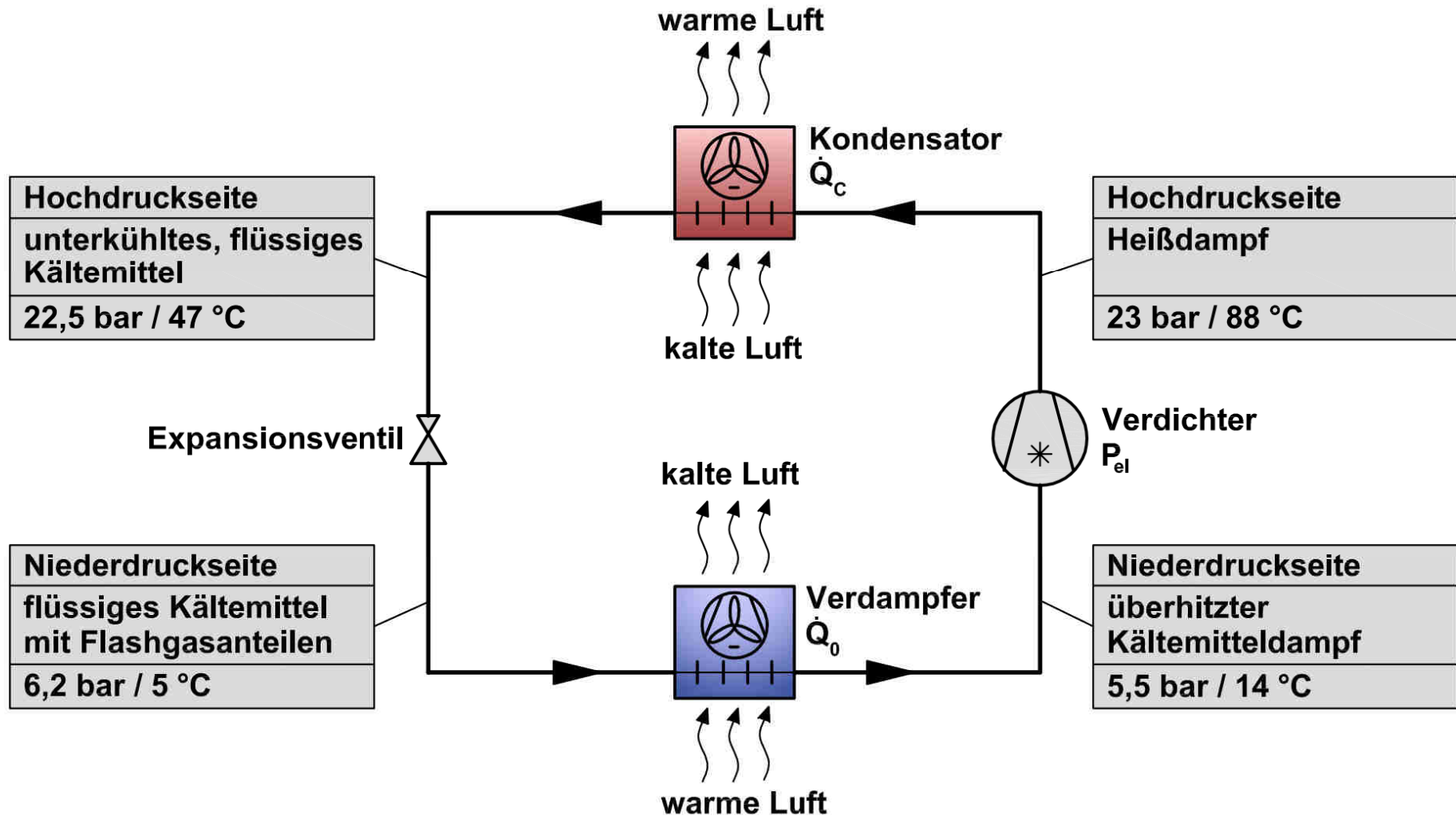


Kältemittelverdichter

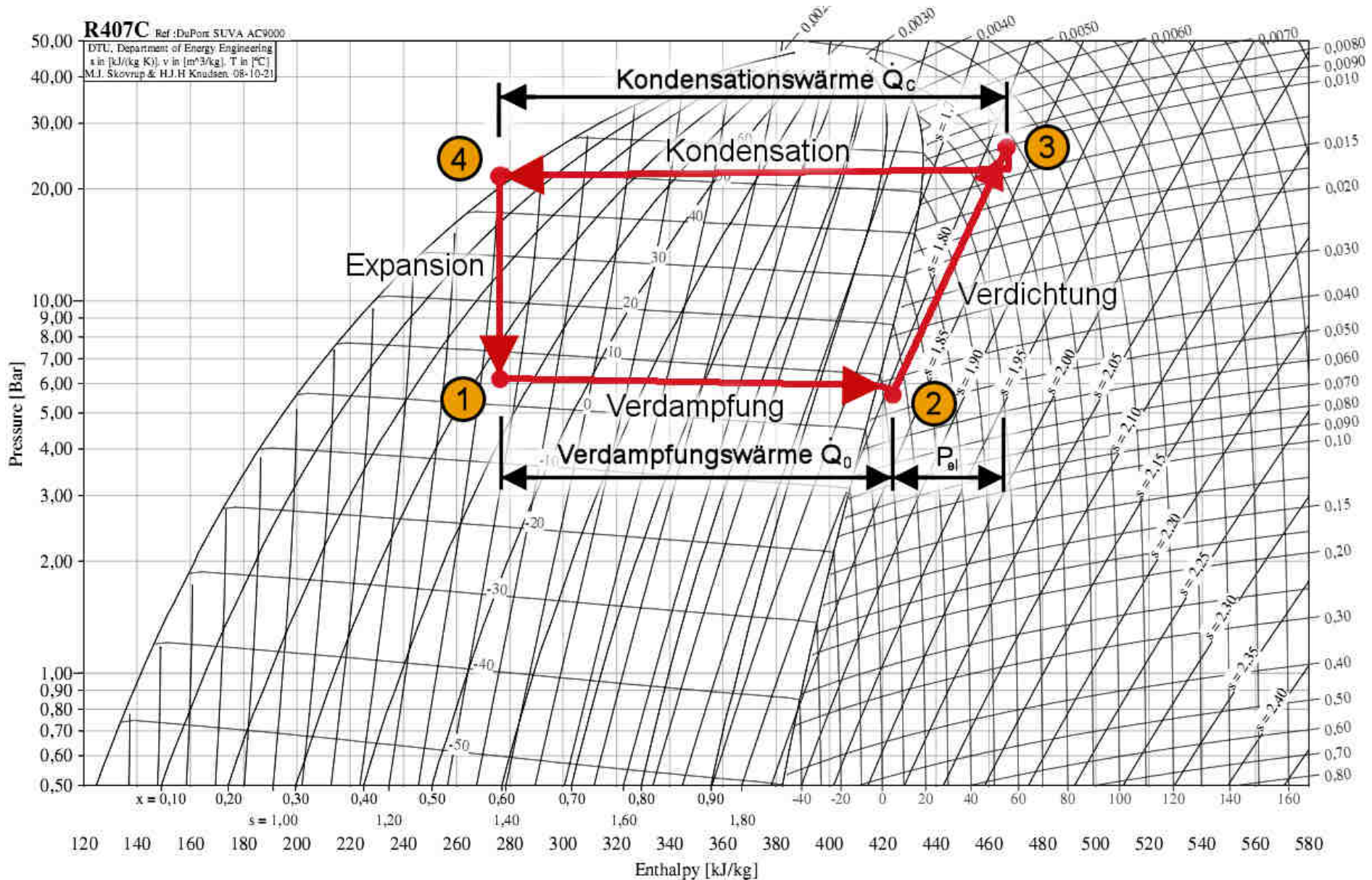
**Arten der Kälteerzeugung:**



## Klassischer Aufbau der Kompressionskältemaschine:

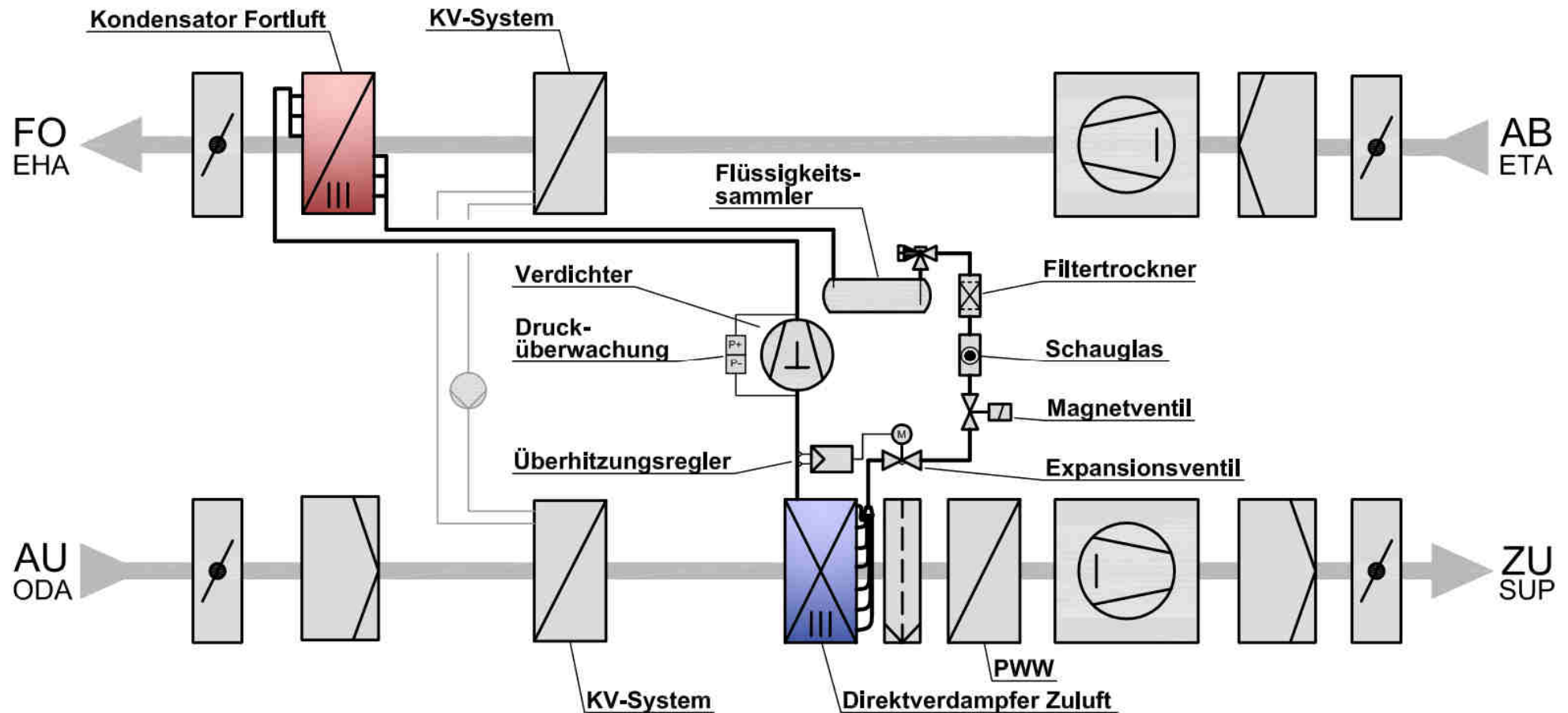


## Kaltdampf-Kreisprozess:

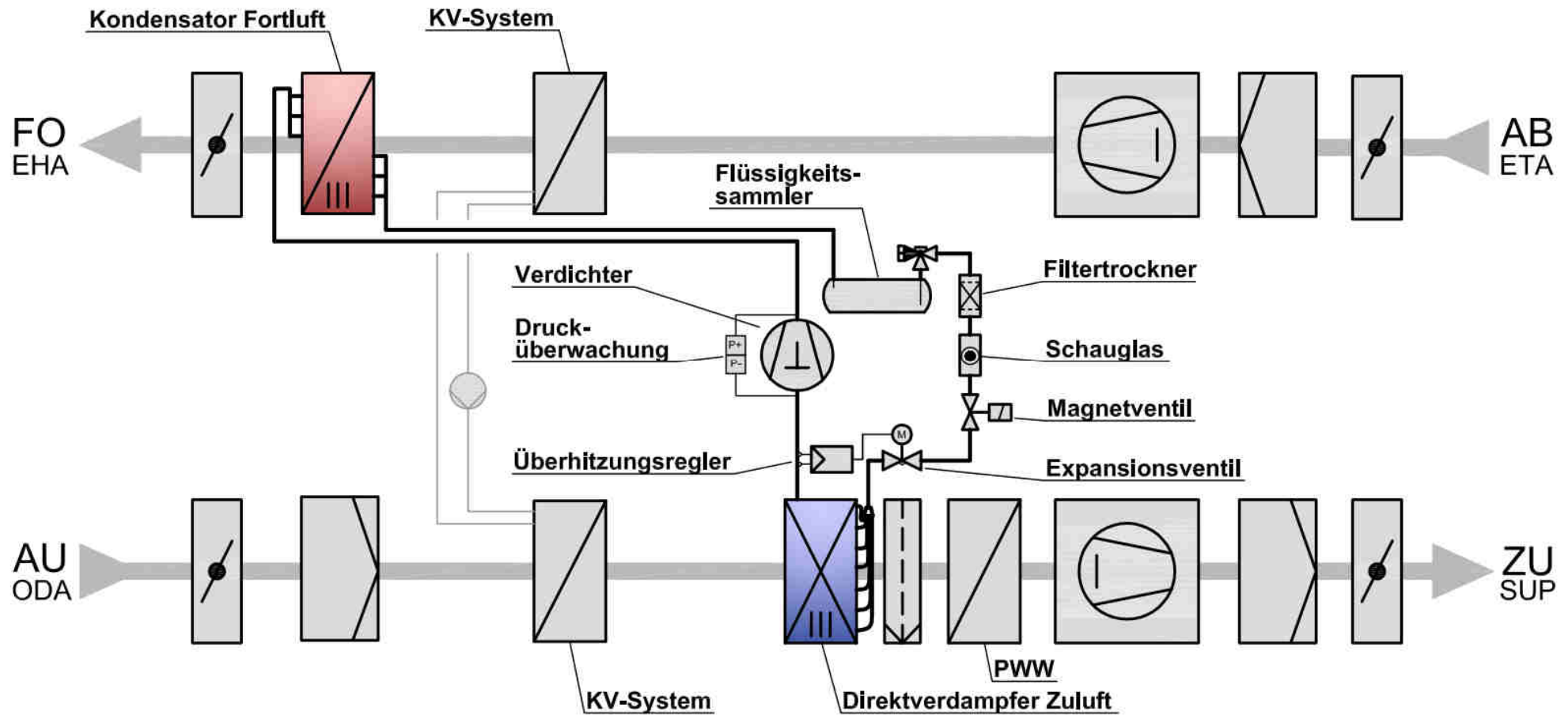


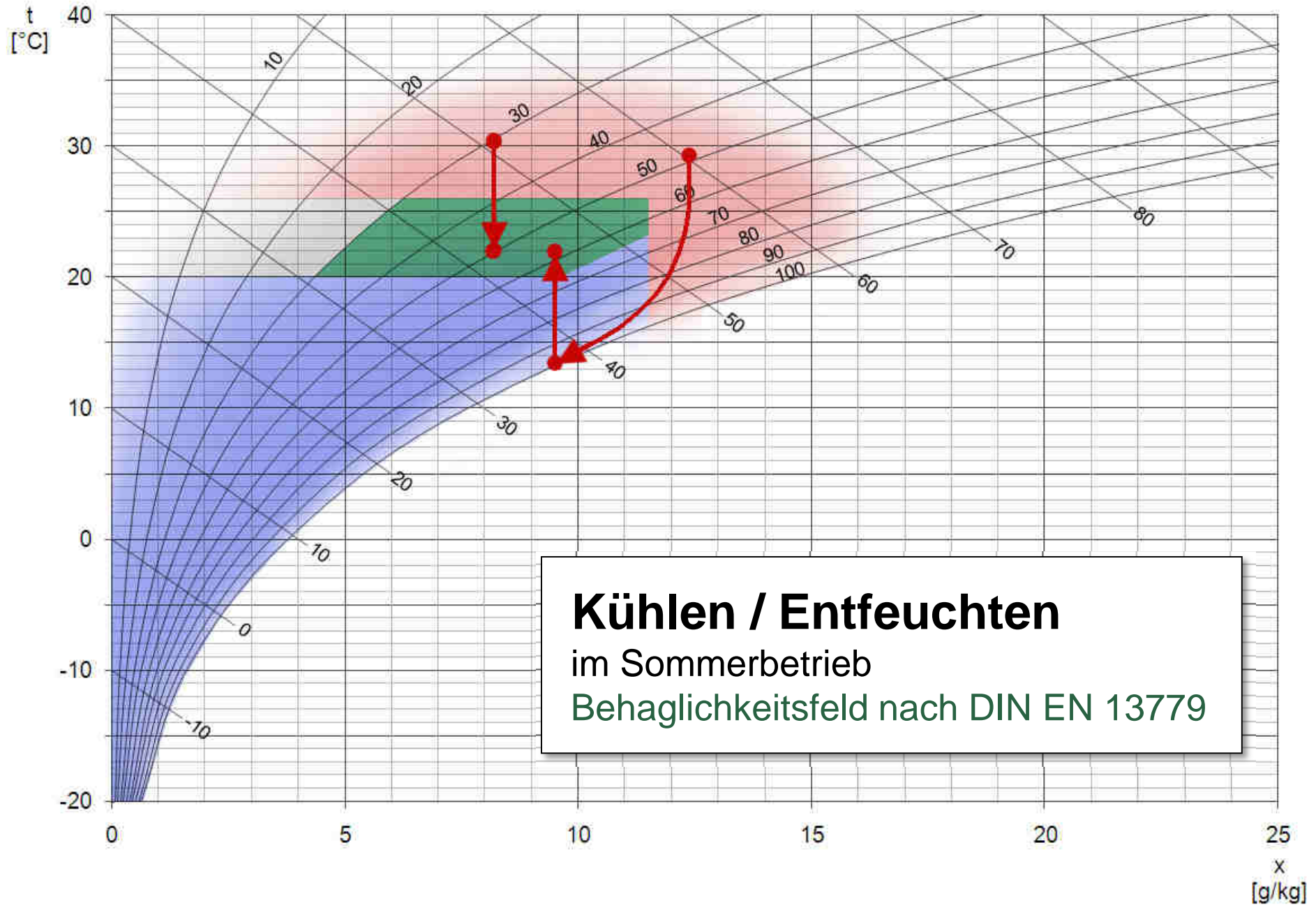


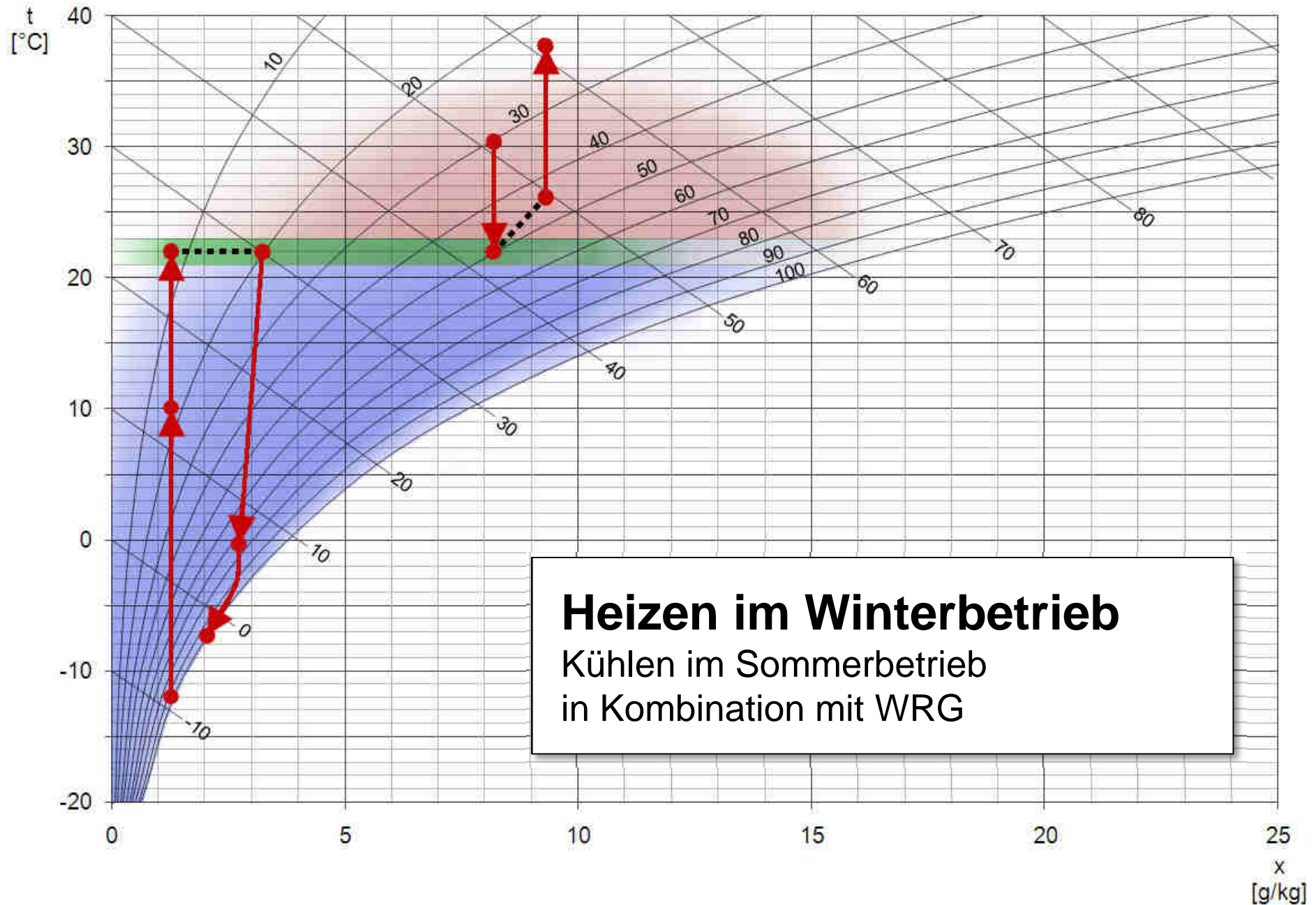
# Kühlung/Entfeuchtung der Zuluft mit Direktverdampfer:

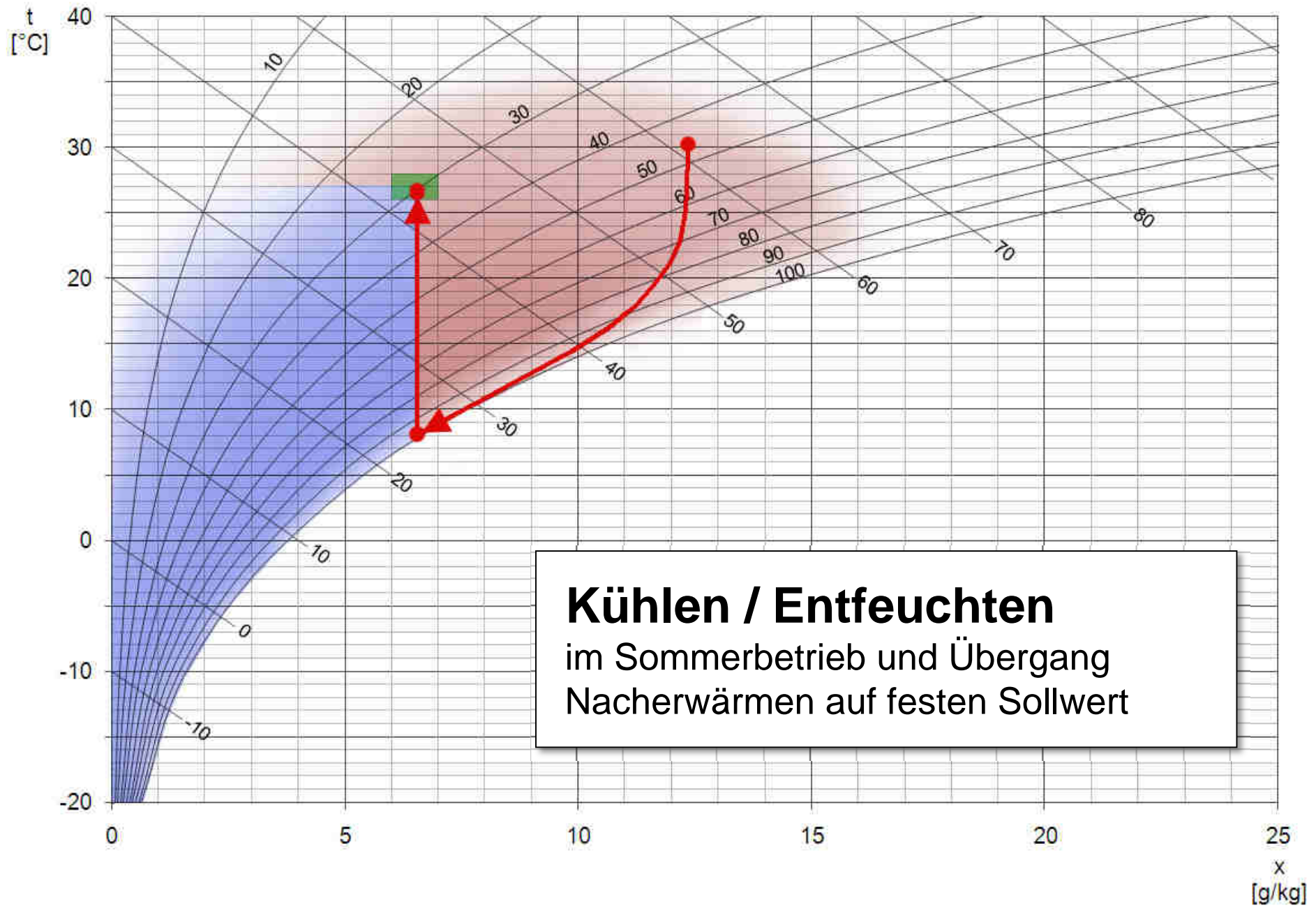


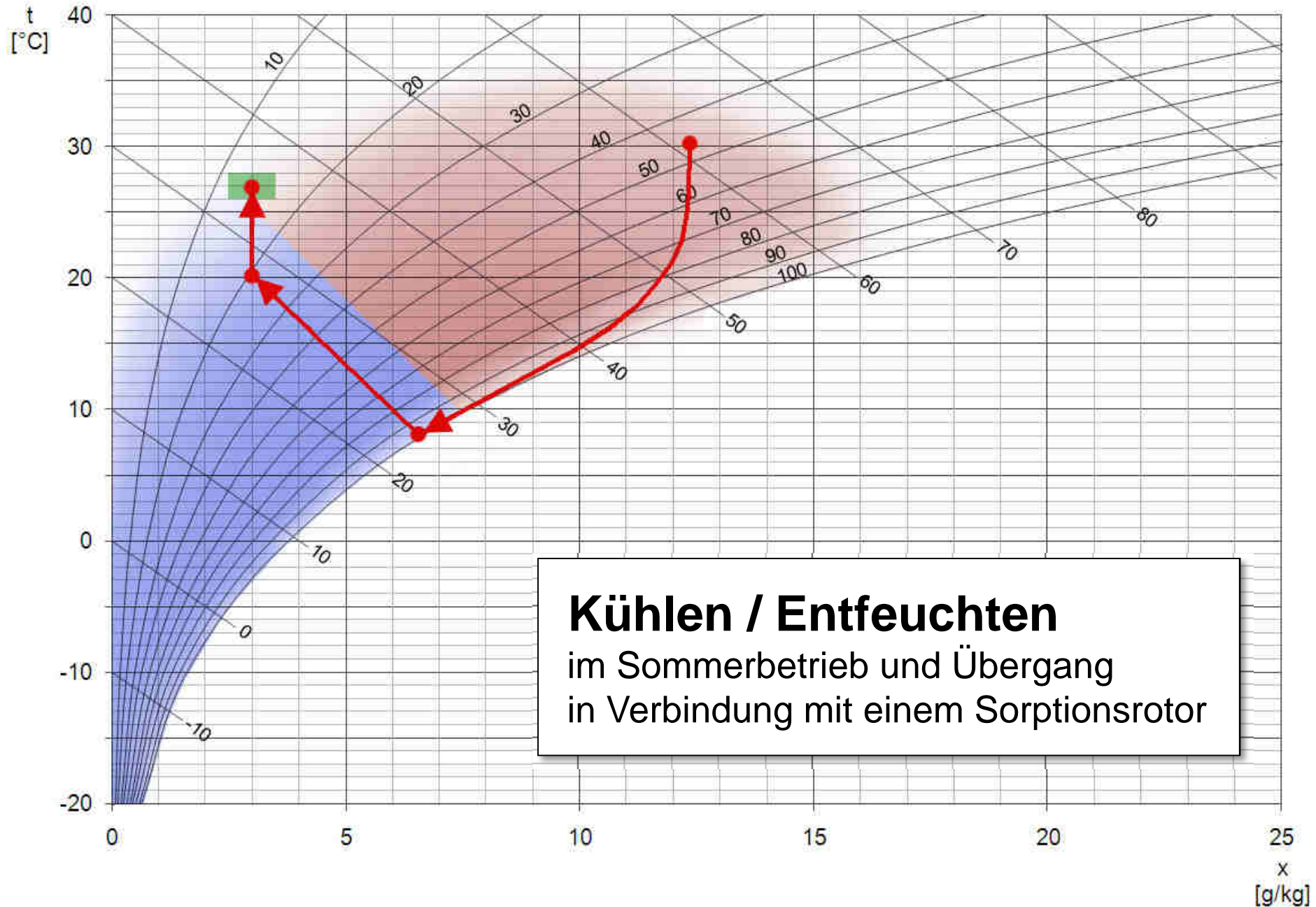
# Kühlung/Entfeuchtung der Zuluft mit Direktverdampfer:



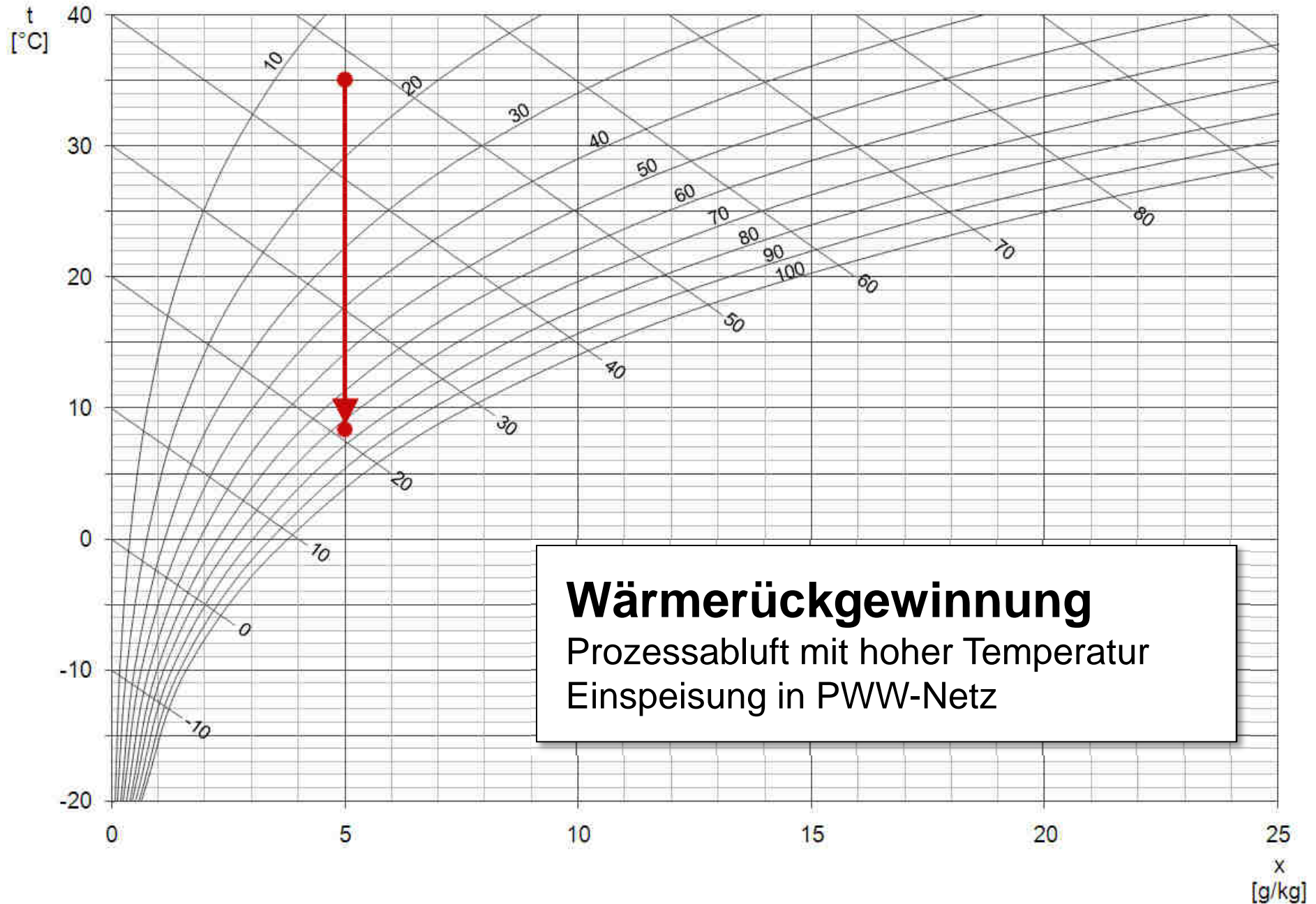








# Anwendungsfall Prozessabluft WRG



## **Wechselnde Betriebsbedingungen:**

- ▶ variable Luftvolumenströme
- ▶ verschiedene Lufteintrittszustände (Temperaturen und Feuchten)

## **Regelungstechnik:**

- ▶ je nach Anwendungsfall unterschiedliche Toleranzen
- ▶ durch an den Anwendungsfall angepasste und optimierte Regelungsstrategie in Verbindung lassen sich Energiekosten einsparen



## **Kombination mit WRG-Systemen:**

- ▶ Kälteanlagen zur Raumklimatisierung bieten in Verbindung mit effizienten WRG-Systemen die Möglichkeit mit geringeren Kälteleistungen als bisher auszukommen

## **Nutzung der Kondensationswärme:**

- ▶ Nacherwärmung der Zuluft bei Entfeuchtung
- ▶ Einspeisung in PWW- oder Prozesswassernetze

### **DIN EN 378 Teil 1-4:**

Kälteanlagen und Wärmepumpen – Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen:

- ▶ Klassifikation von Kältemitteln
- ▶ Konstruktion und Herstellung
- ▶ Sicherheitseinrichtungen
- ▶ Prüfung vor Inbetriebnahme
- ▶ Kennzeichnung und Dokumentation

### **„F-Gase-Verordnung“:**

EG-Verordnung Nr. 842/2006 über bestimmte fluorierte Treibhausgase:

- ▶ Regelmäßige Dichtigkeitsprüfungen von Kälteanlagen
- ▶ betrifft nur den Anlagenbetreiber

### **Druckgeräteverordnung:**

- ▶ Umsetzung der EG-Richtlinie Nr. 97/23
- ▶ Anwendung der Druckgeräterichtlinie ist im Einzelfall zu prüfen, ggf. CE-Konformitätsbewertungsverfahren

### **Chemikalien-Ozonschichtverordnung:**

(ChemOzonSchichtV, ehem. FCKW-Halon-Verbotsverordnung)  
nach EG-Verordnung Nr. 2037/2000:

- ▶ Verbot von FCKW-Kältemitteln und Umgang mit R22

### **Chemikalien-Klimaschutzverordnung:**

(ChemKlimaschutzV) nach EG-Verordnung Nr. 303/2008:

- ▶ Zertifizierung von Unternehmen und Personal in Bezug auf bestimmte fluorierte Treibhausgase enthaltende ortsfeste Kälteanlagen, Klimaanlageanlagen und Wärmepumpen

In RLT-Zentralgeräten werden i.d.R. vollhermetische Verdichter in Hubkolben- oder Scroll-Bauweise eingesetzt:

- Vorteil:
- ▶ günstig in der Anschaffung
  - ▶ durch Verbundschaltung auch große Kälteleistungen erreichbar
- Nachteil:
- ▶ bei Schäden nicht reparierbar



Quelle: Fa. Copeland

## Leistungszahl (COP-Wert):

Kältemaschine: 
$$\varepsilon_k = \frac{\dot{Q}_0}{P_{el}}$$

Wärmepumpe: 
$$\varepsilon_w = \frac{\dot{Q}_C}{a \cdot P_{el}}$$

$$a \approx 0,9$$

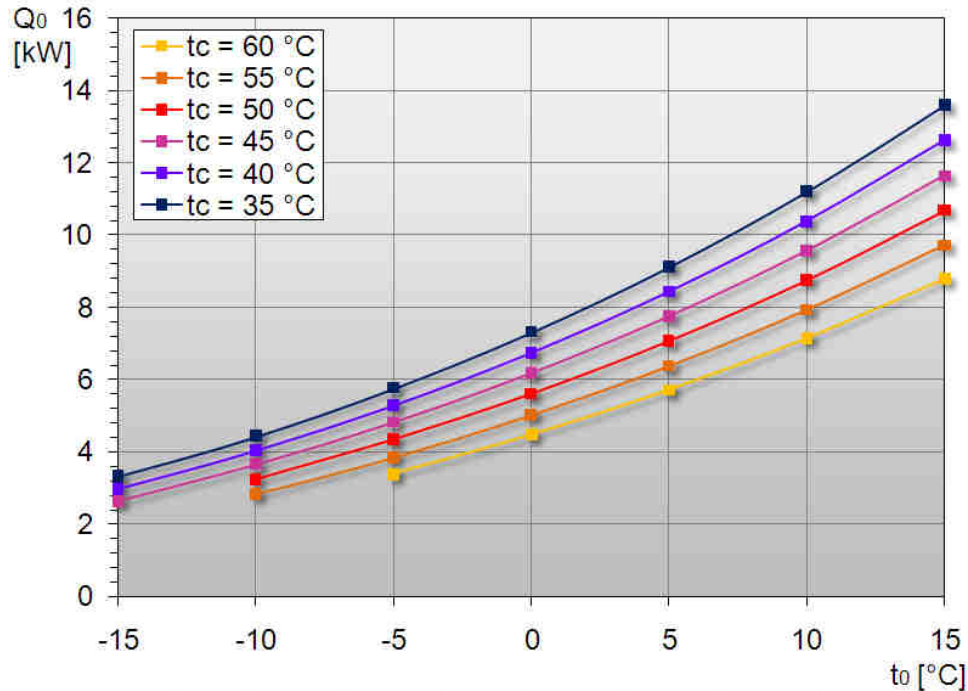
bei hermetischen Verdichtern

$$\varepsilon_w = \varepsilon_k + a$$

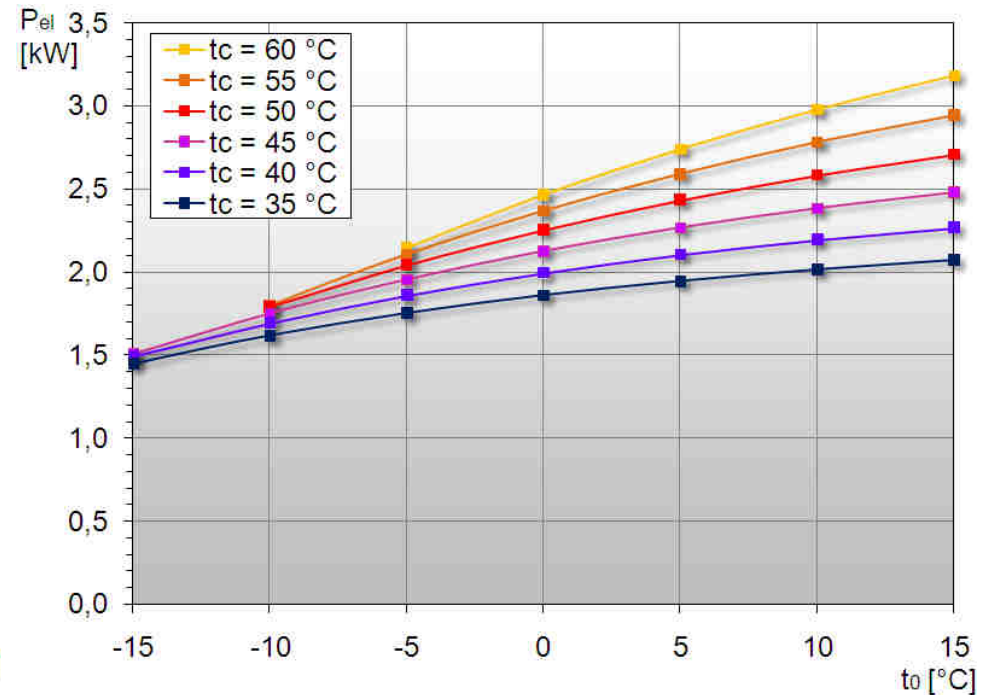
$\varepsilon$	Leistungszahl (COP)	[ - ]
$\dot{Q}_0$	Verdampfungsleistung	[kW]
$\dot{Q}_C$	Kondensationsleistung	[kW]
$P_{el}$	elektr. Leistungsaufnahme	[kW]
$a$	Faktor für Verdichterverluste	[ - ]

## Beispiel: vollhermetischer Scrollverdichter

Kälteleistung:

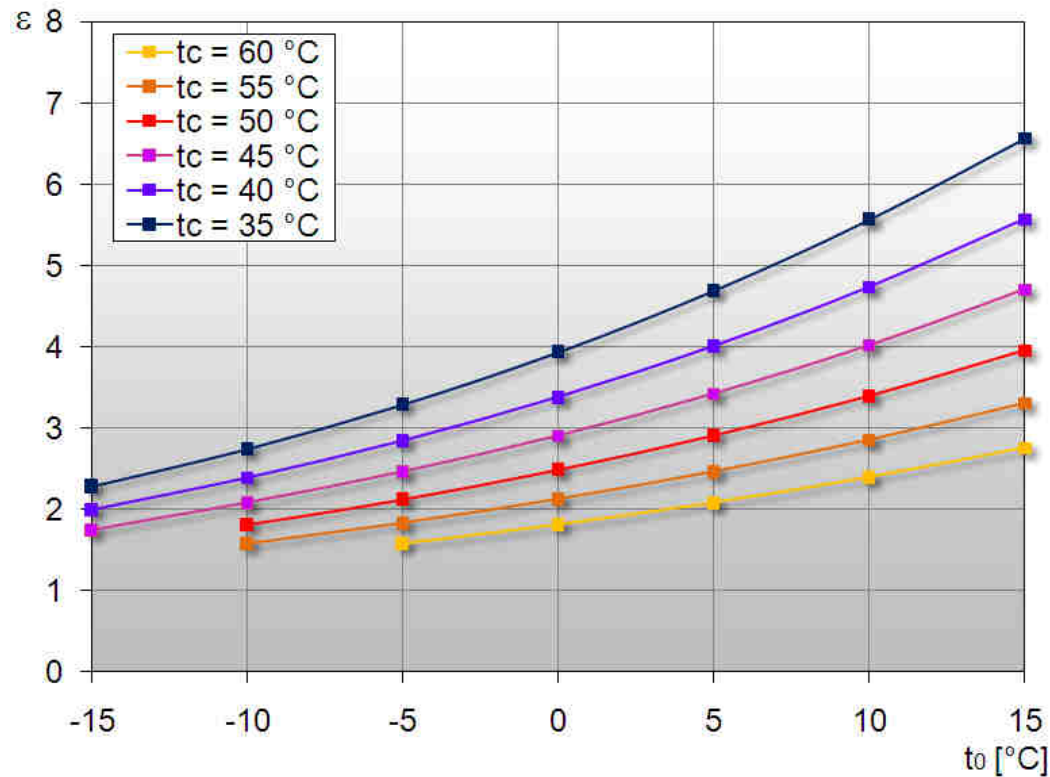


elektrische Leistungsaufnahme:



- Je geringer die Temperaturdifferenz zwischen Verdampfungs- und Kondensationsseite (= innerer Temperaturhub), desto höher ist die Kälteleistung und desto geringer ist die elektrische Leistungsaufnahme.

## Leistungszahl der Kältemaschine

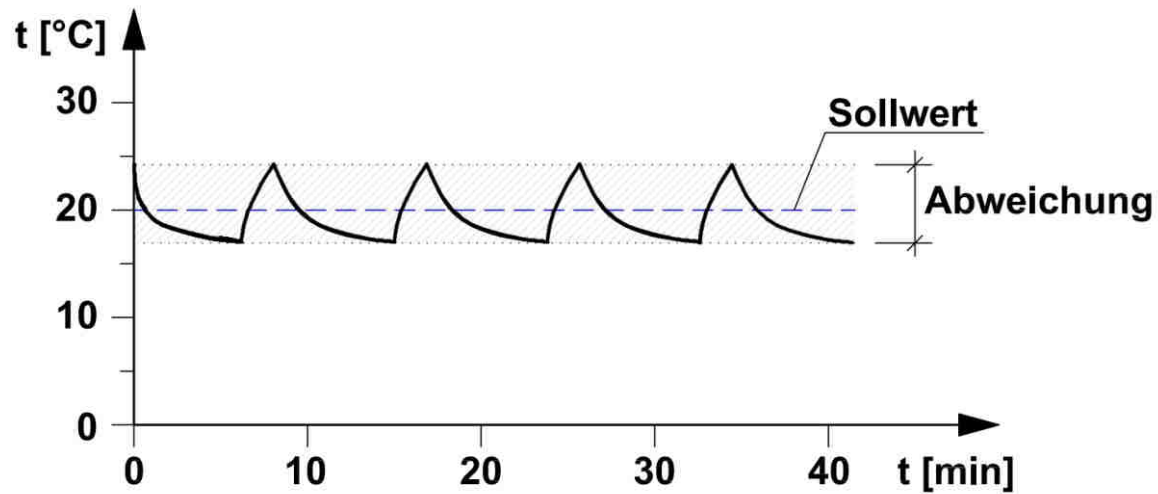


- Der innere Temperaturhub ist bei der Auslegung zu berücksichtigen und hat einen erheblichen Einfluss auf den späteren Energieverbrauch.

- ▶ Die Wahl der Regelstrategie hat erheblichen Einfluss auf die Regelgenauigkeit und auf den Energieverbrauch der Kälteanlage.
- ▶ Der Idealfall ist eine stufenlose Leistungsregelung, diese ist jedoch aus wirtschaftlichen Gründen nicht immer sinnvoll.
- ▶ Die „optimale“ Regelungsstrategie hängt stets vom Anwendungsfall ab .
- ▶ Nachfolgend werden unterschiedliche Möglichkeiten zur Regelung der Kälteleistung aufgezeigt.



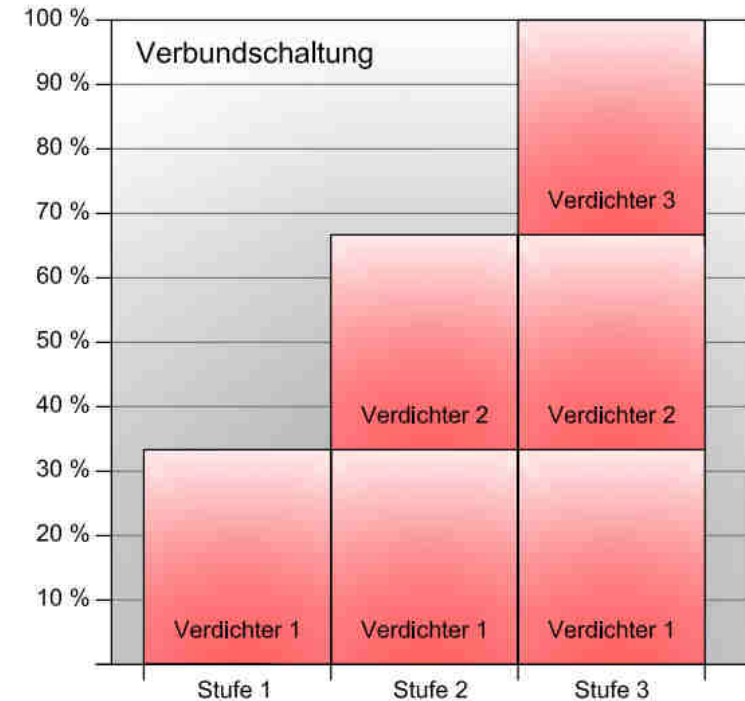
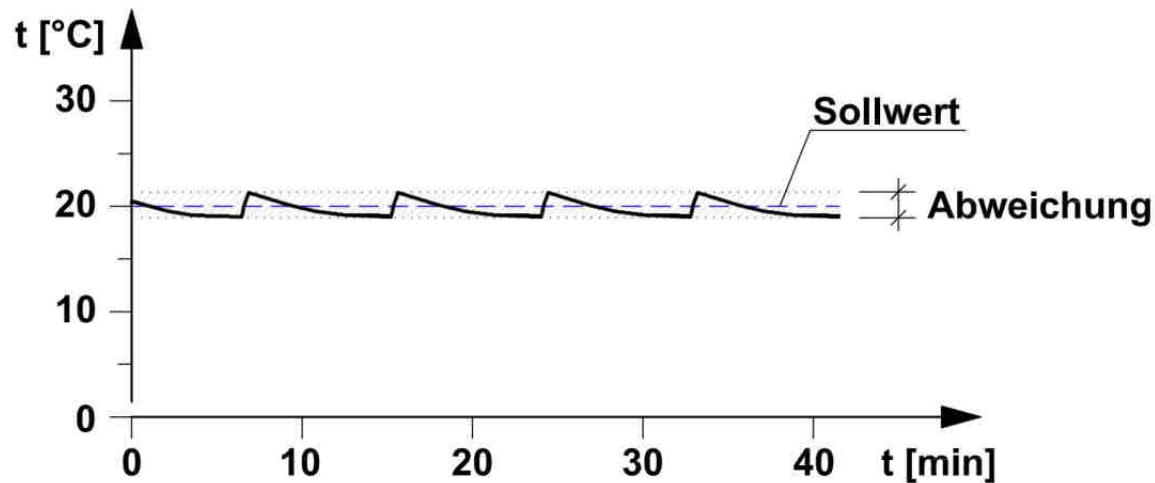
## Möglichkeit 1: Zweipunktregelung durch Ein-/Ausschalten der Verdichter („Takten“)



Vorteil: ► einfach in der Herstellung

Nachteil: ► Schaltzyklen müssen beachtet werden

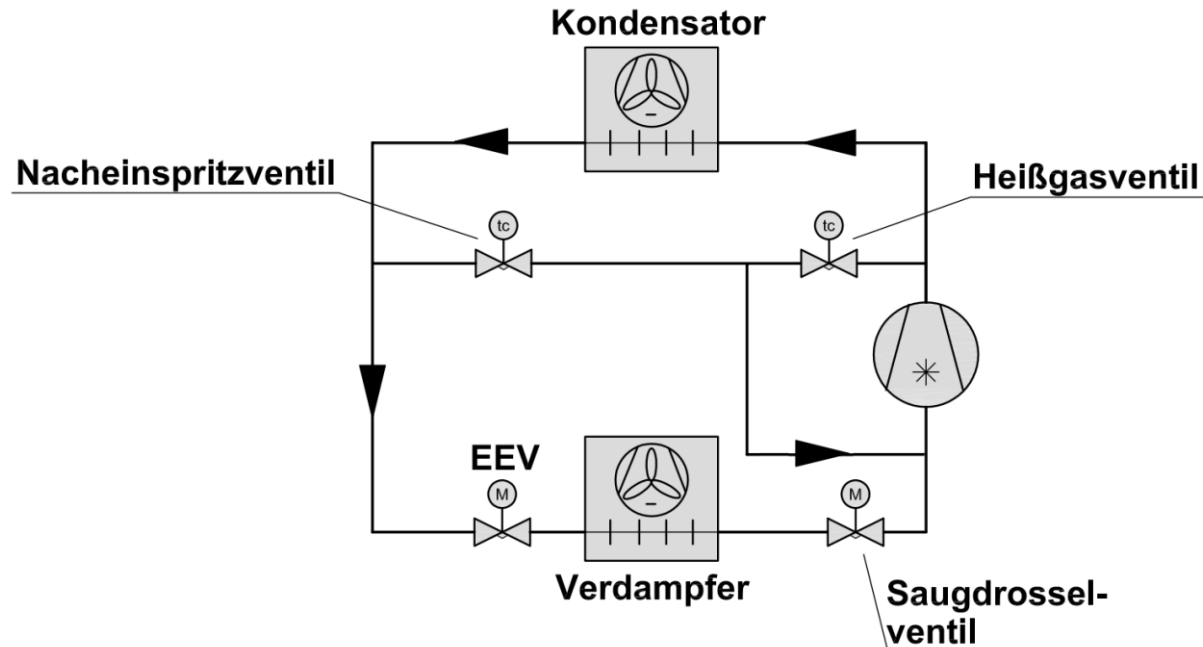
## Möglichkeit 2: Verbundschaltung



- Vorteile:
- ▶ Abstufung der Kälteleistung
  - ▶ einfach in der Herstellung
  - ▶ niedriger Energieverbrauch

Die Sollwertabweichungen der Zulufttemperatur haben meist nur einen geringen Einfluss auf die Raumtemperatur.

## Möglichkeit 3: Heißgasbypass mit Saugdrosselung und Nacheinspritzung

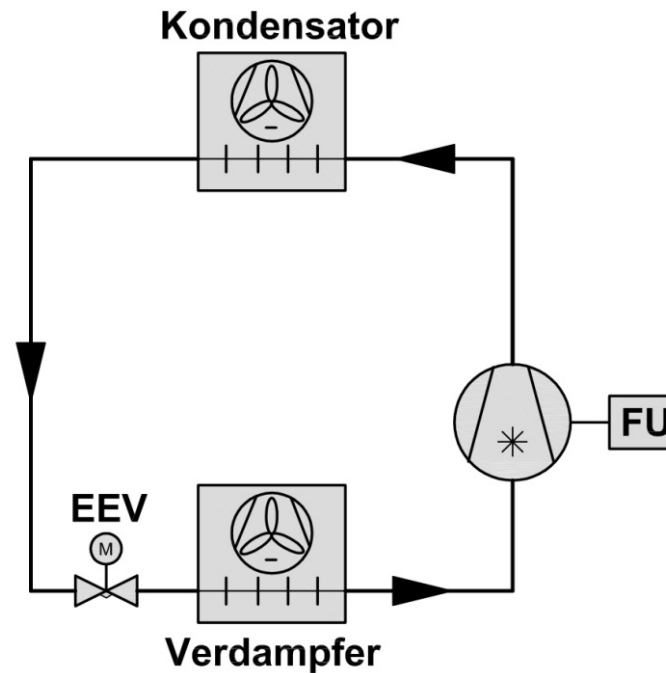


Vorteil: ▶ stetiger Regelbereich von 0-100%

Nachteil: ▶ hoher Energieverbrauch im Teillastbereich, i.d.R. unwirtschaftlich



Quelle: Fa. Danfoss



Vorteil:

- ▶ stetiger Regelbereich von 40-110%

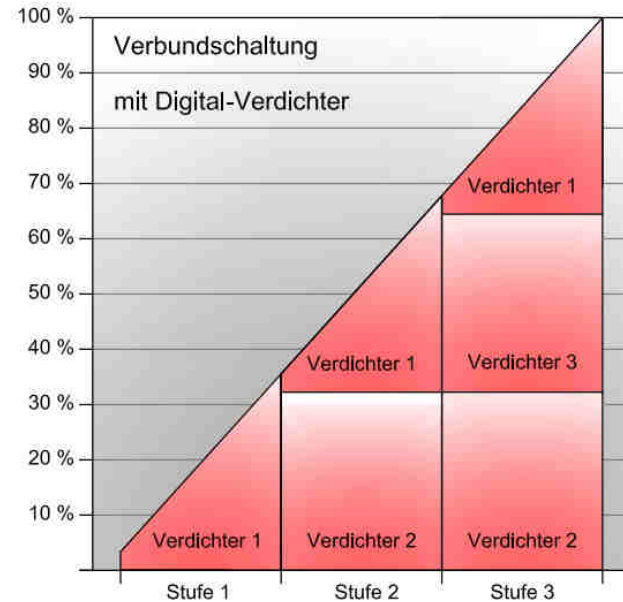
Nachteile:

- ▶ Drehzahlreduzierung nur bis etwa 40% der Auslegungsdrehzahl (Motorkühlung)
- ▶ Ölrückführung muss gesichert werden

## Möglichkeit 5: Pulsweiten modulierende Scroll-Verdichter Copeland „Digital Scroll“



Quelle: Fa. Copeland



Vorteile:

- ▶ quasi stetiger Regelbereich von 10-100%
- ▶ niedriger Energieverbrauch im Teillastbereich
- ▶ bauartbedingt hohe Robustheit

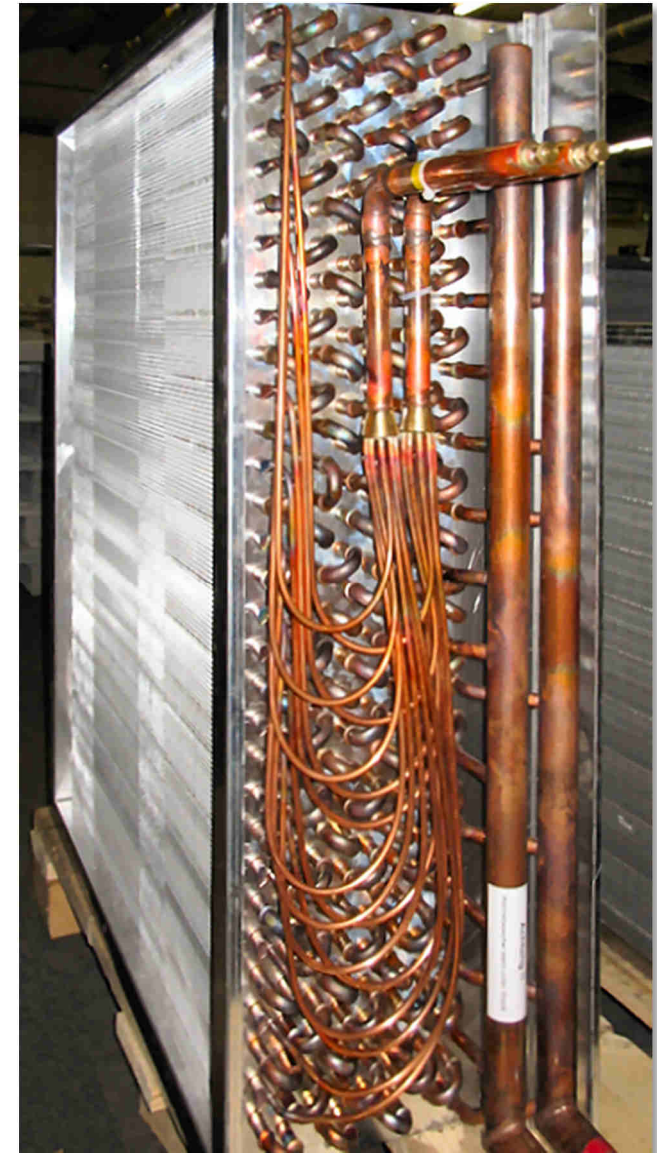
Nachteil:

- ▶ teurer als Verbundschaltung



## Auslegungskriterien:

- ▶ bei der Auslegung ist ein Kompromiss zwischen hoher Wärmeübertragung und niedrigem Luftwiderstand (=Antriebsleistung des Ventilators) zu finden
- ▶ einer optimalen Wärmeübertragung folgen hohe Verdampfungs- und niedrige Kondensationstemperaturen, daraus resultiert eine hohe Leistungszahl der Kältemaschine
- ▶ ein hoher luftseitiger Druckverlust ist den Betriebsstunden der Kältemaschine gegenüberzustellen



## Eisbildung an Verdampfern:

- ▶ bei Taupunkten unterhalb 0 °C in Verbindung mit niedrigen Verdampfungstemperaturen entsteht die Gefahr der Reif- und anschließenden Eisbildung an den Lamellen.
- ▶ möglich bei Entfeuchtungs- oder Wärmepumpenbetrieb

## Es sind zu unterscheiden:

- ▶ kontrollierte Bereifung
- ▶ unkontrollierte Vereisung



unkontrollierte Vereisung

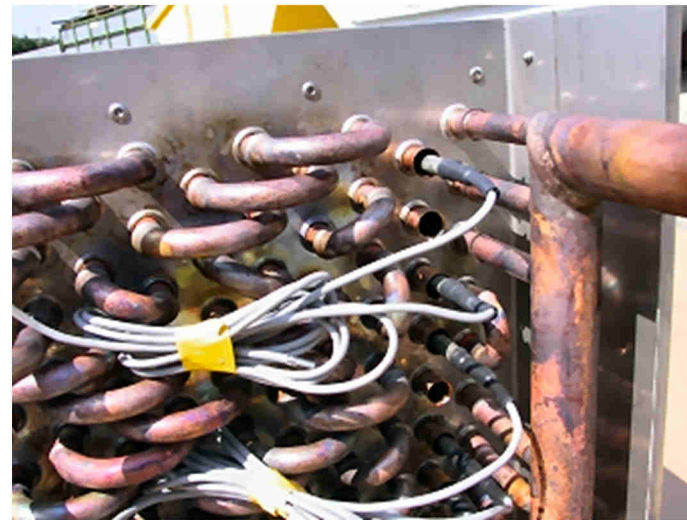


## Möglichkeiten zur Vermeidung von Eisbildung:

- ▶ Verringerung der Kälteleistung (Regelung)
- ▶ künstliche Erhöhung der Lufteintrittstemperatur (z.B. durch Klappensteuerung)

## Verschiedene Abtausysteme bei kontrollierter Bereifung:

- ▶ elektrische Heizstäbe
- ▶ Prozessumkehr der Kältemaschine von Kühl- in Heizbetrieb



Quelle: Hombach Wärmetechnik GmbH

## **Allgemeine Anforderungen an Kältemittel:**

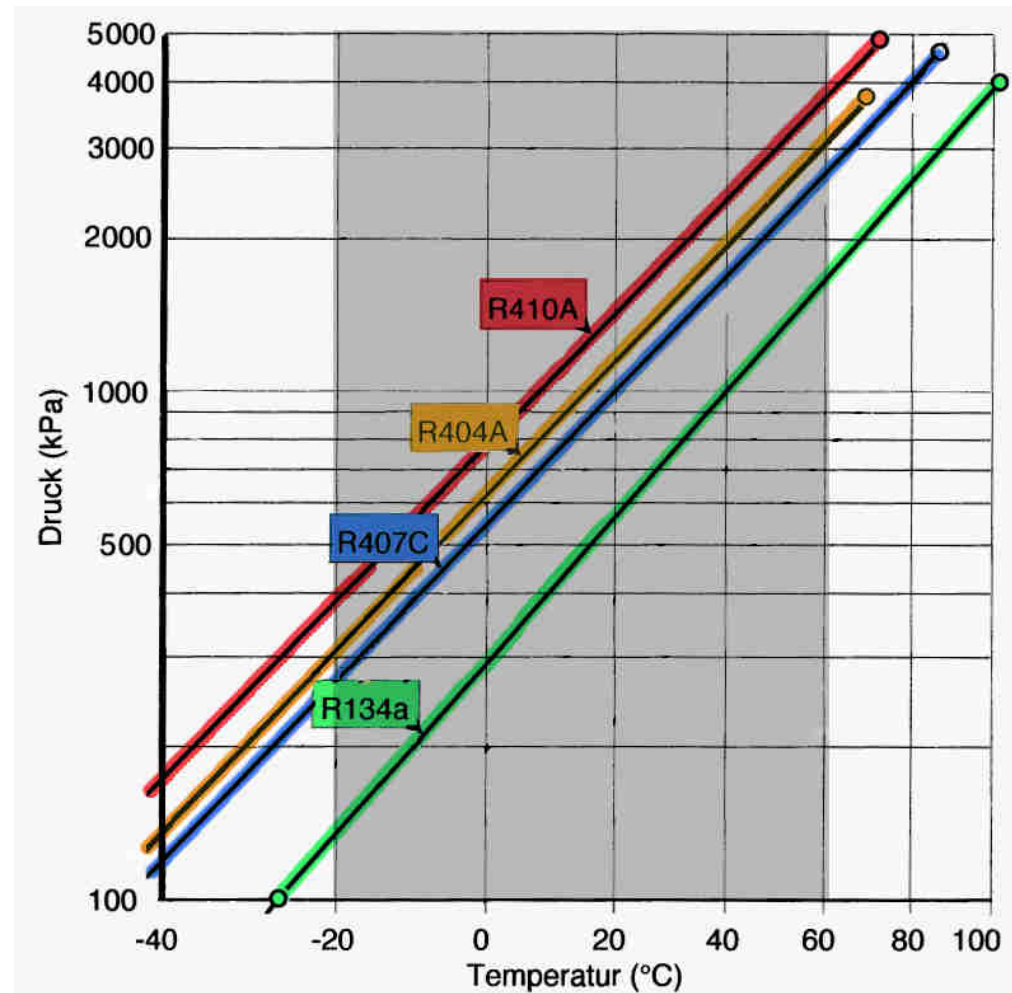
- ▶ abhängig von den Druckbereichen der Kälteanlage
- ▶ günstiger Verlauf der Dampfdruckkurve → mögl. hoher Überdruck auf der Niederdruckseite und möglichst geringer Druck auf der Hochdruckseite)
- ▶ hohe Verdampfungsenthalpie
- ▶ große volumetrische Kälteleistung
- ▶ chemische Stabilität
- ▶ nicht brennbar, nicht toxisch, nicht explosiv
- ▶ niedriges GWP (Global Warming Potential) und ODP (Ozone Depletion Potential)

## **In der Klimatechnik:**

- ▶ R407C, R404A und R134A haben sich etabliert
- ▶ R410A bei tieferen Verdampfungstemperaturen

## Vergleich unterschiedlicher Kältemittel:

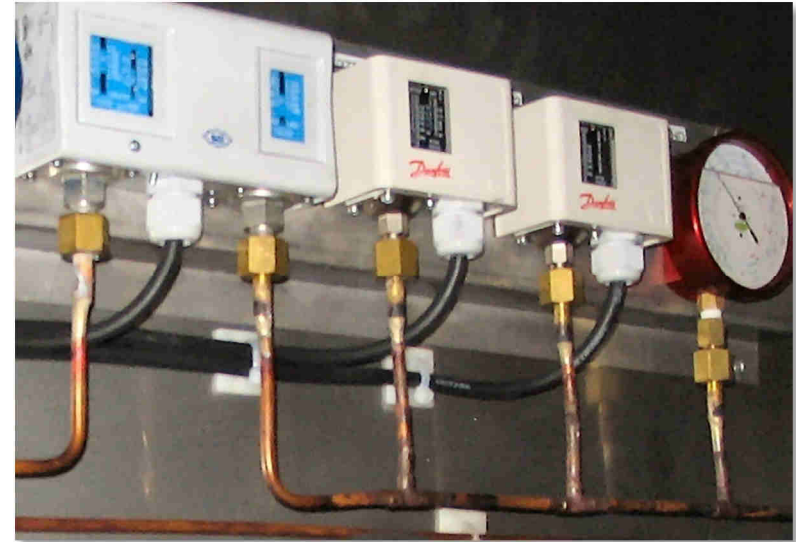
- ▶ Die Dampfdruckkurven der genannten Klimakältemittel liegen optimal innerhalb des Temperaturspektrums für Klimakälte-Anwendungen.



Quelle: Recknagel, Sprenger, Schramek: Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik, Ausgabe 2007/2008

## Schutz der Anlage vor unzulässigen Drücken:

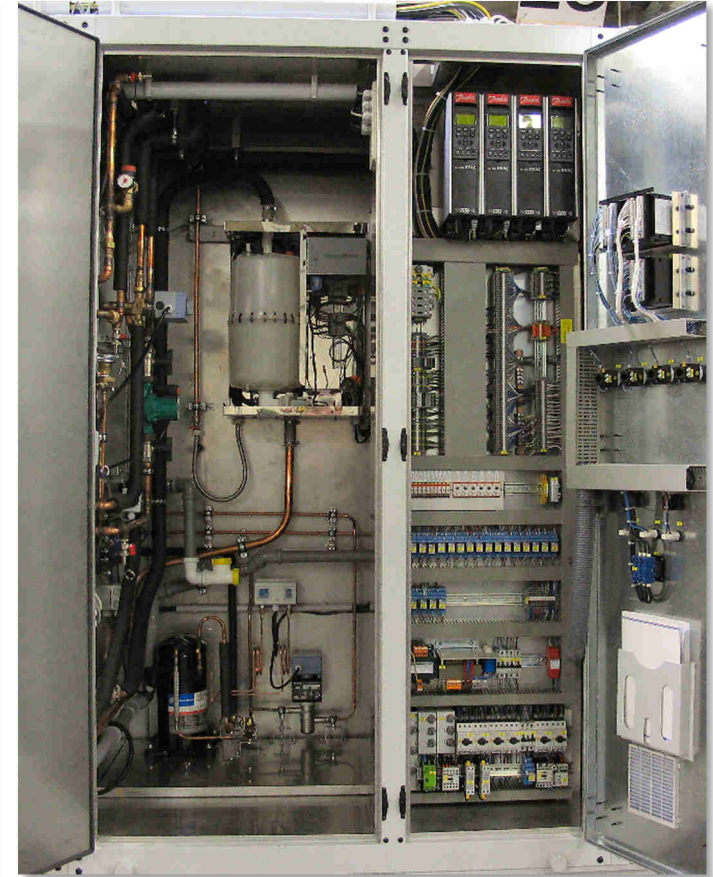
- ▶ Pressostate auf der Hoch- und Niederdruckseite (Abschalten des Verdichters)
- ▶ Druckentlastungsventile zwischen Hoch- und Niederdruckseite



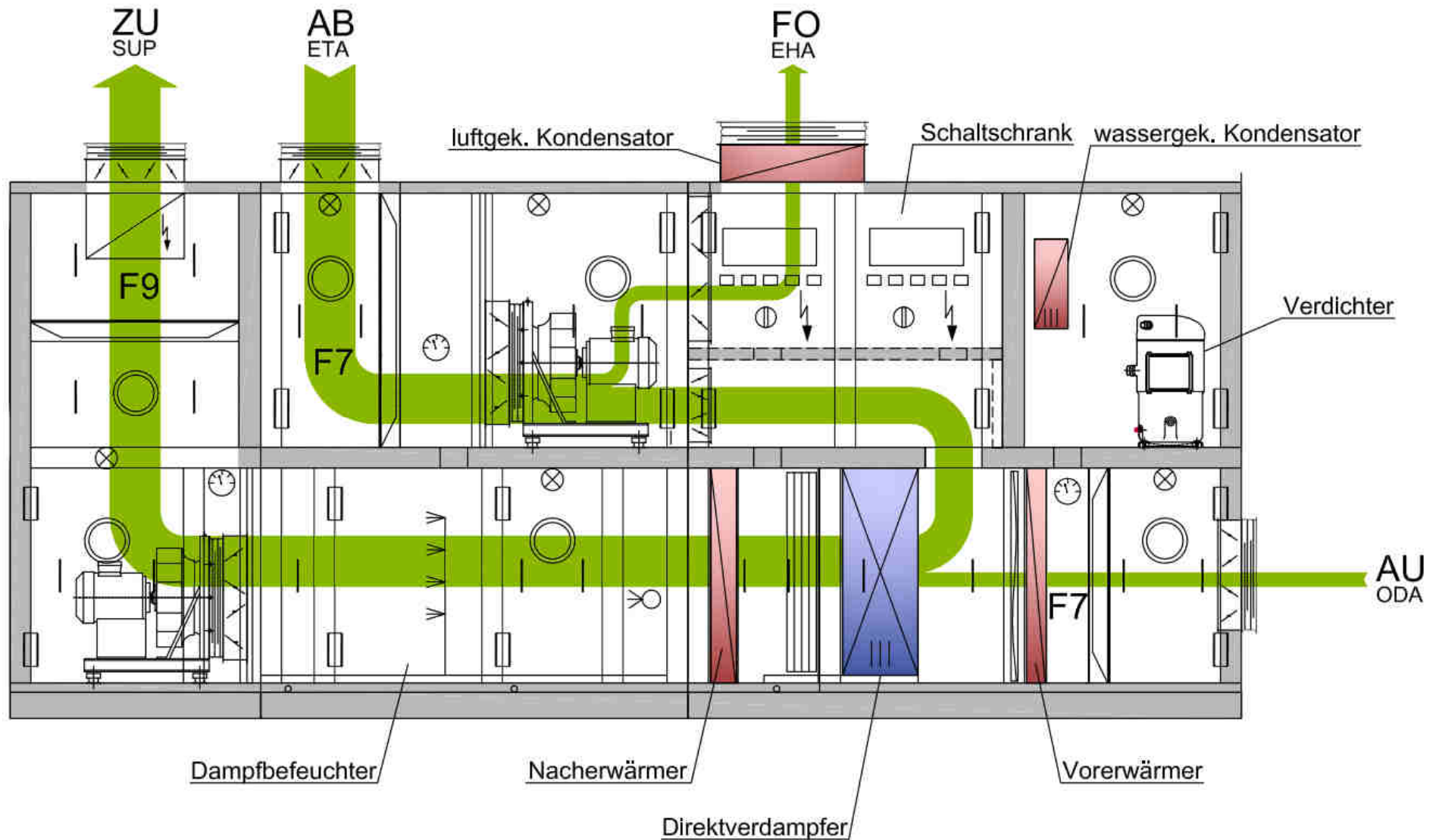
## Schutz der Verdichter vor Flüssigkeitsschlägen und zu hohen Temperaturen:

- ▶ Thermistoren an der Motorwicklung (Sauggaskühlung)
- ▶ Magnetventil vor Expansionsventil zur Pump-Down-Schaltung

# Hygienekompaktgerät zur OP-Klimatisierung



# OP-Klimatisierung mit Anbindung an externen Rückkühler



# Luftentfeuchtungsgerät, Kühlung vor Sorptionsrotor



# OP-Klimatisierung mit Anbindung an externen Rückkühler





