

Netzwerk Kälteeffizienz

Grundlagen zur Gewerbekälte



Energieeffizienz in der Gewerbekälte 20.02.2009

Dipl.-Ing. (FH) Olaf Henk, Ingenieurbüro Henk

Übersicht

- **Der Kälteprozess**
- **Leistungsregelung des Kälteprozesses**
- **Auslegungskriterien der Bauteile**

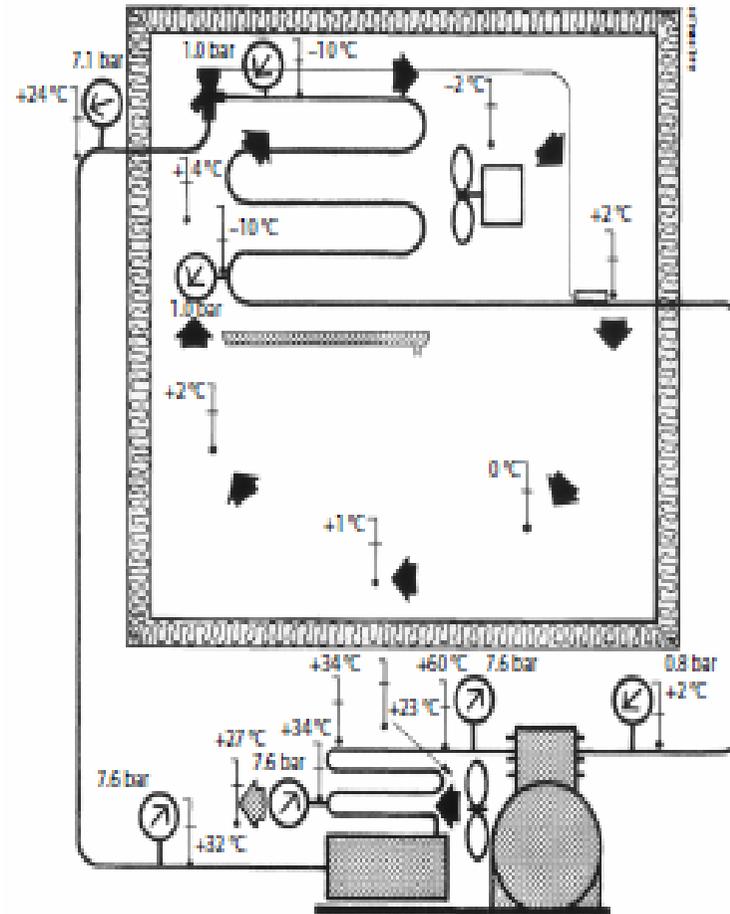
Was ist Kälte?

Physikalisch betrachtet gibt es keine Kälte, es gibt nur Wärme - und weniger Wärme.

=> **Kühlung** = **Wärmeentzug**

Der Kälteprozess

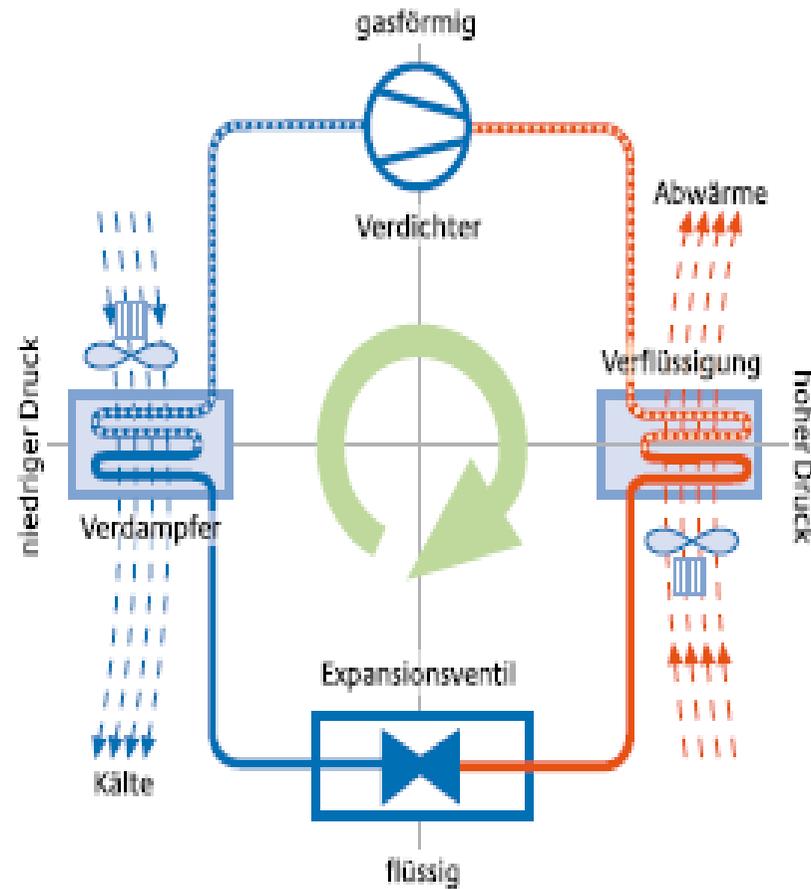
Kompressionskälteanlage

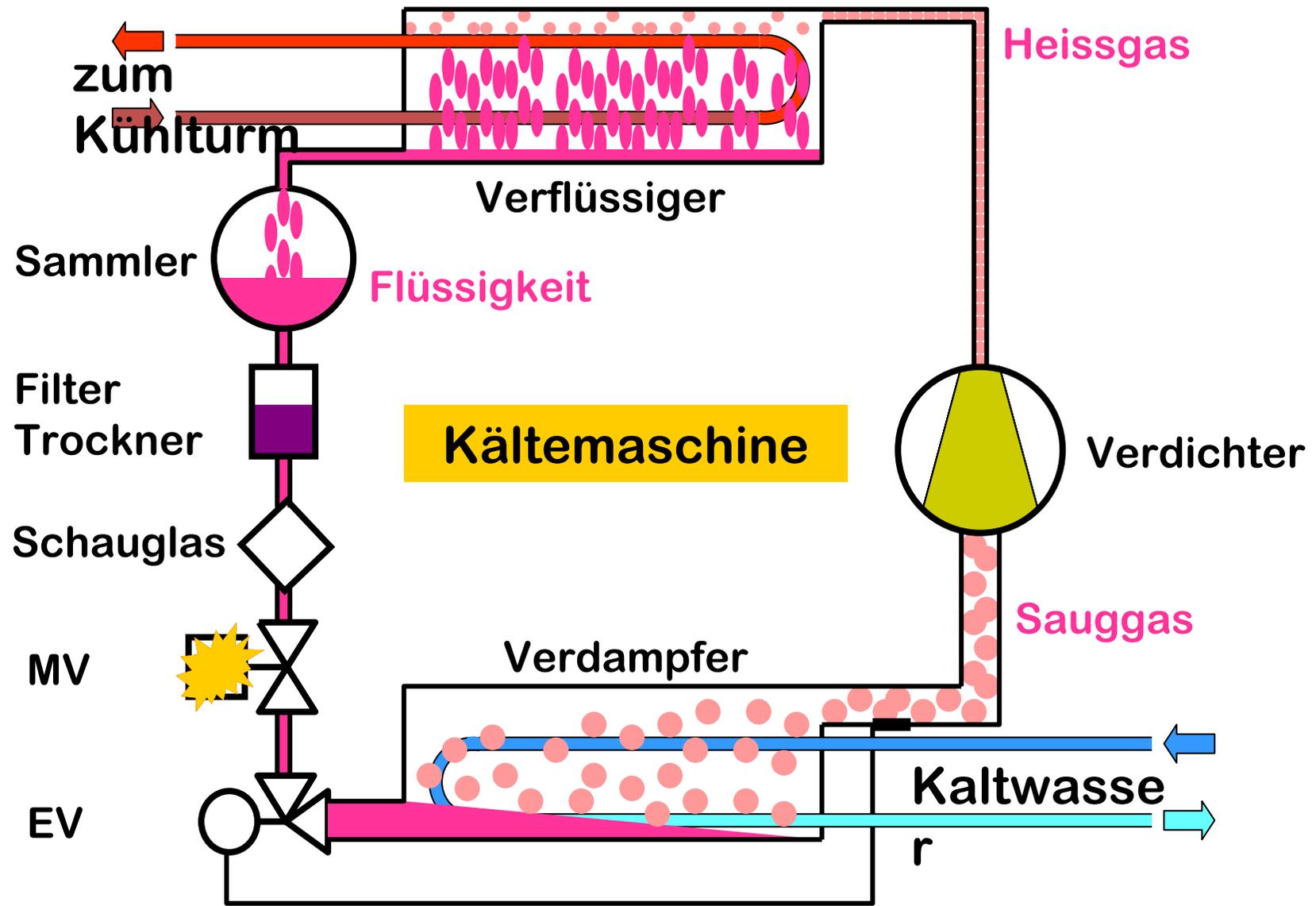


Quelle: Danfoss

Der Kälteprozess

Kompressionskälteanlage

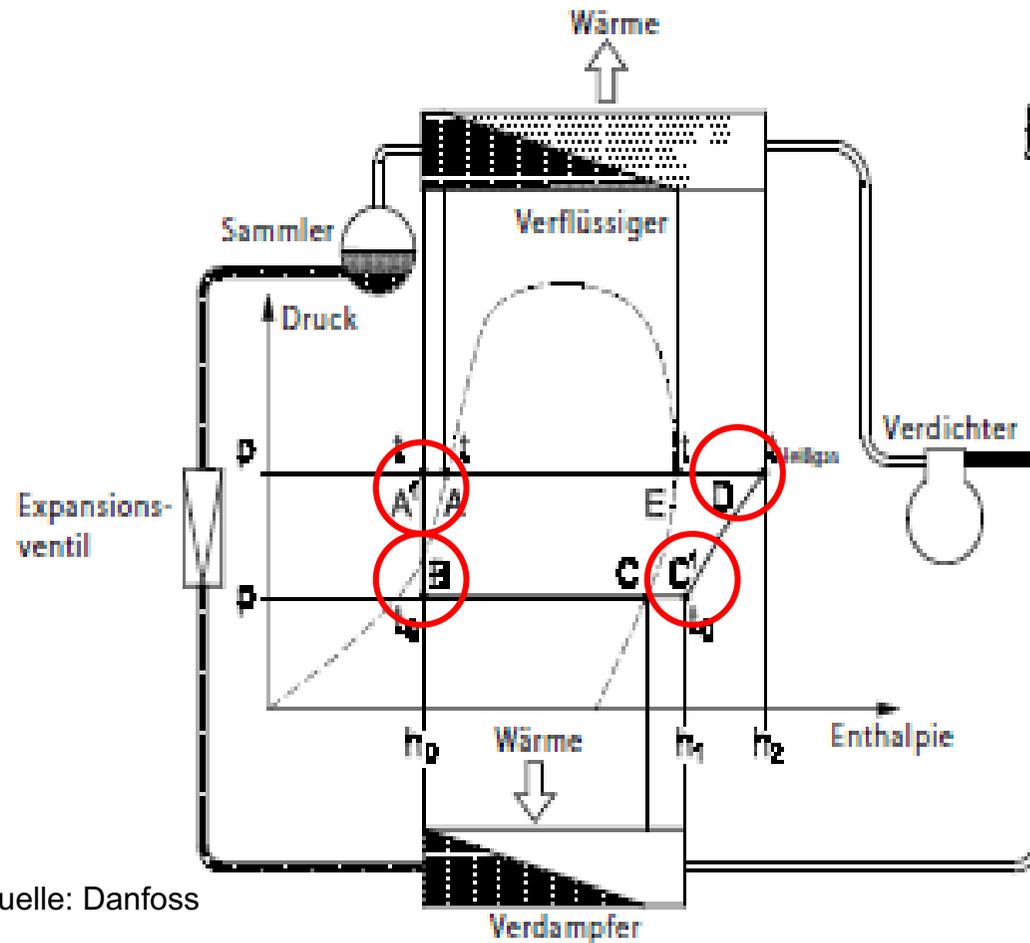




Quelle: Peter Kunz

Der Kälteprozess

im p,h-Diagramm

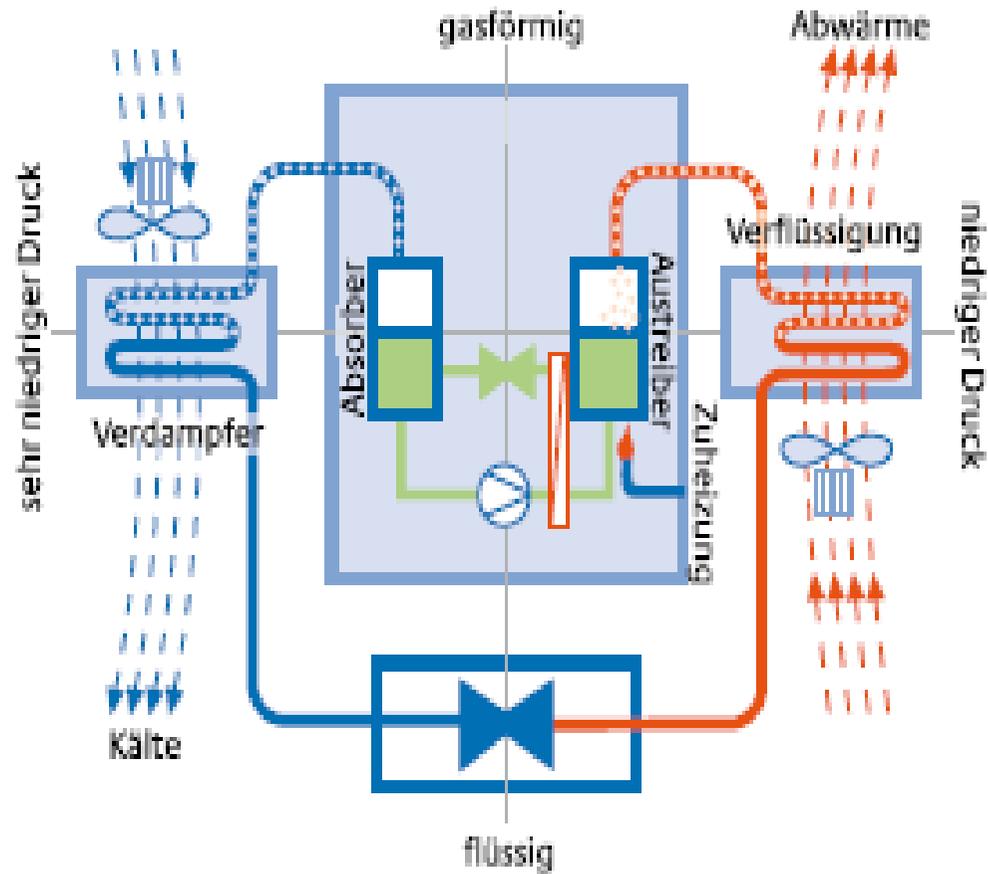


Quelle: Danfoss

- C' -> D Verdichtung**
- D -> A' Kondensation**
- A' -> B Drosselung**
- B -> C' Verdampfung**

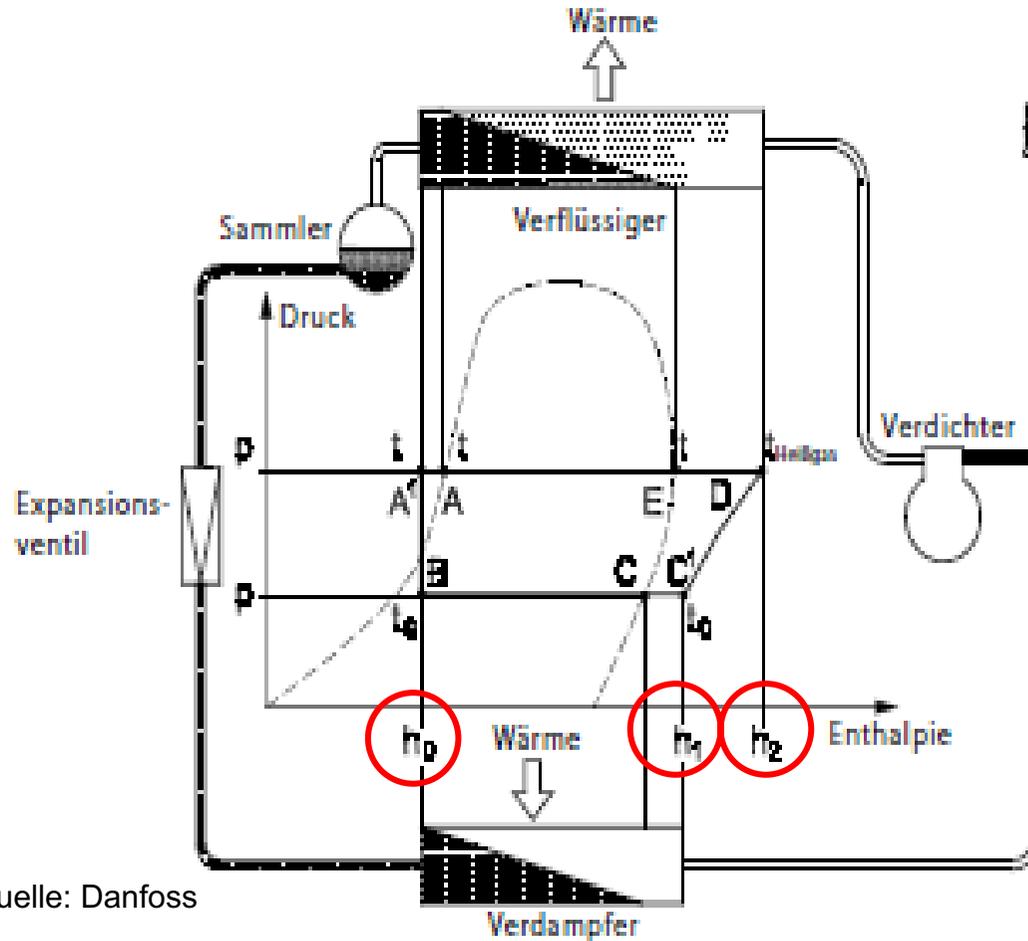
Der Kälteprozess

Absorptionskälteanlage



Leistungsregelung

Leistungszahl



$$\text{COP} = \frac{\text{Nutzleistung}}{\text{Leistungsaufnahme}}$$

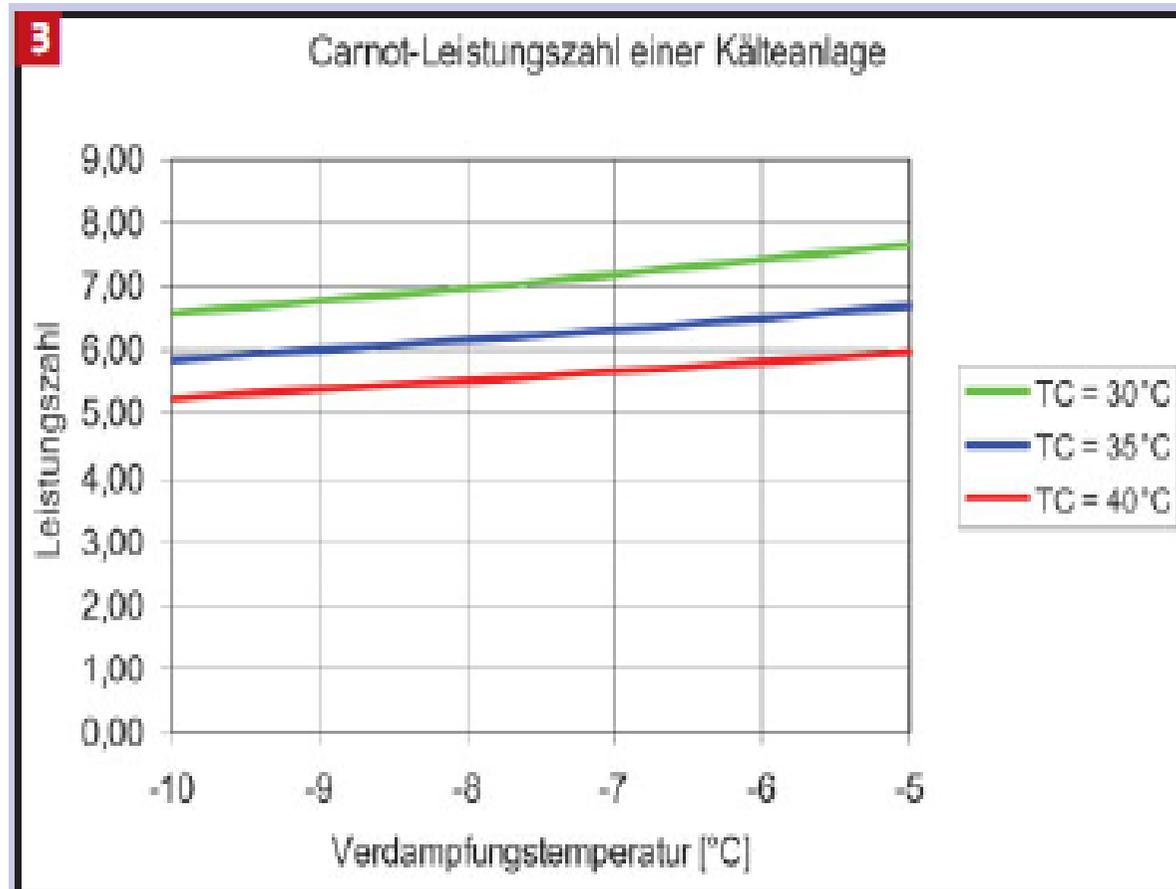
$$\text{COP} = \frac{\text{Theor. Kälteleistung}}{\text{Theor. Antriebsleist.}}$$

$$\text{COP} = \frac{h_1 - h_0}{h_2 - h_1}$$

Quelle: Danfoss

Leistungsregelung

Einfluss der Verdampfungstemperatur

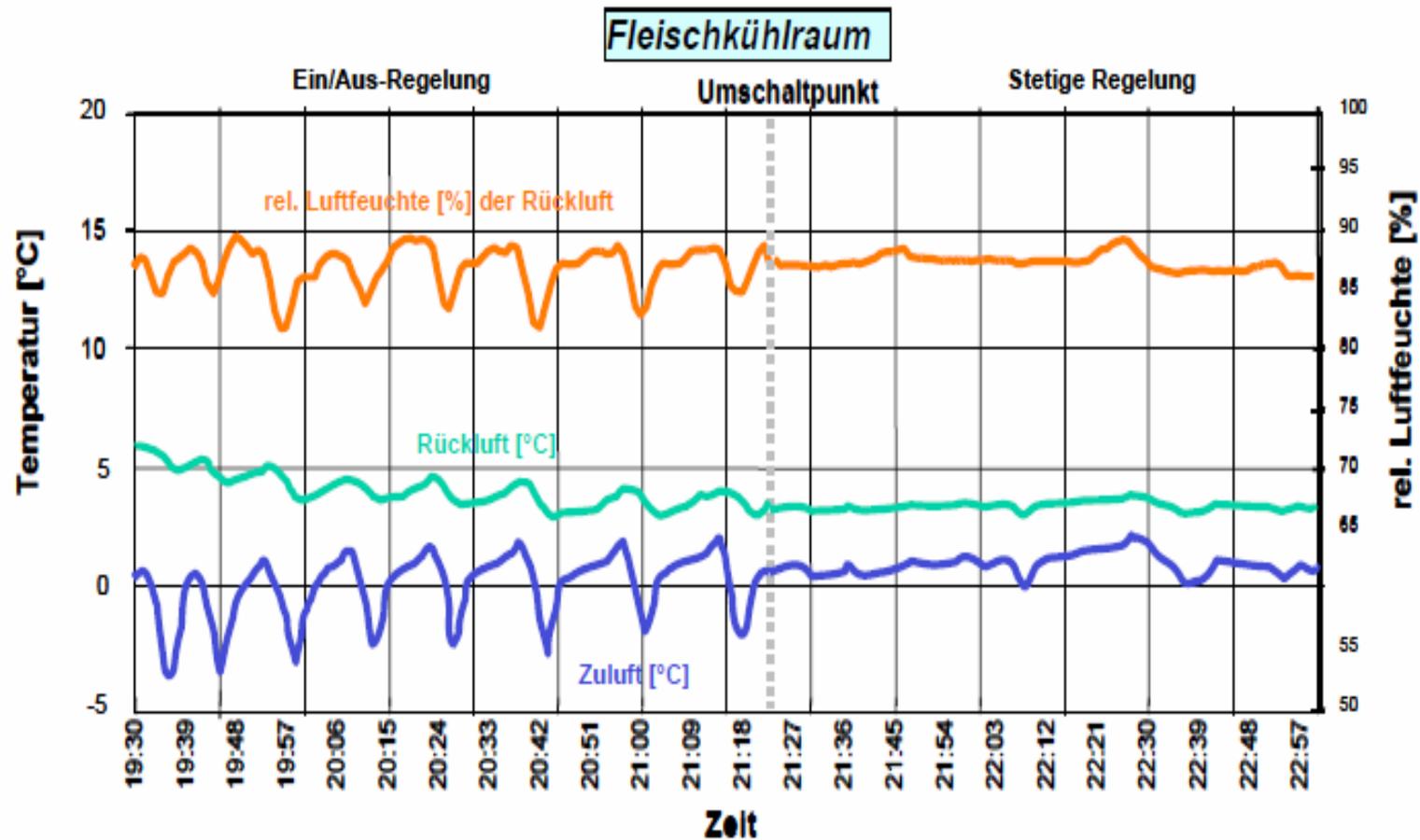


Leistungsregelung

- **An/Aus bzw. Zweipunkt-Regelung**
- **Stetige Regelung**

Leistungsregelung

Auswirkung auf den Temperaturverlauf



Leistungsregelung

Zweipunkt-Regelung – Vor-/Nachteile

Verdichter An/Aus

Vorteile: sehr einfach realisierbar

Nachteile: relativ hohe Temperaturabweichungen
übermäßige Motorerwärmung
ungünstige Lagerschmierung
hoher Energieaufwand

Leistungsregelung

stetige Regelung – Vor-/Nachteile

Leistung (Kältemittelfluss wird kontinuierlich angepasst)

Vorteile: gleich bleibende Temperatur
 geringer Energieaufwand

Nachteile: Installationskosten

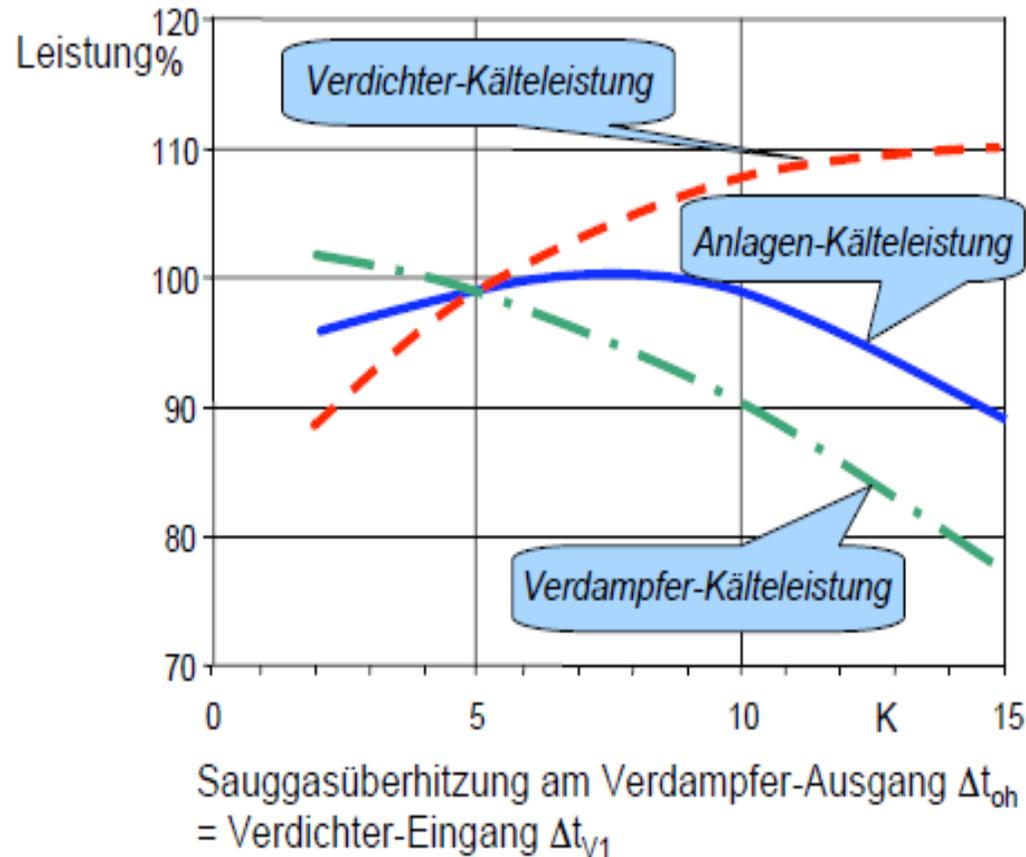
Leistungsregelung

stetige Regelung - Varianten

- Expansionsventil
- Saugdrossel-/ Verdampfungsdruck
- Heißgas-Bypass
- Verdichter (Zylinderabschaltung, Drehzahl)
- Kaskadenschaltung / Verbundanlage

Leistungsregelung

E-Ventil - Einfluss der Sauggasüberhitzung



Quelle: info-Tour, Prof. Reichelt

Leistungsregelung

Saugdrosselregelung

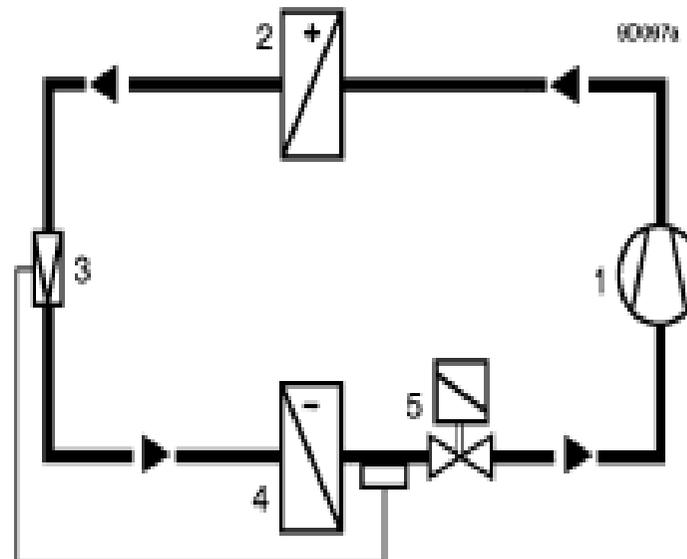


Fig. 4-1 Das Sauggas-Drosselventil im Kältemittel – Kreislauf (einfache Sauggasregelung)

- 1 Verdichter
- 2 Verflüssiger
- 3 Expansionsventil
- 4 Verdampfer
- 5 Saugdrosselventil

Quelle: Siemens

Leistungsregelung

Heißgas-Bypass-Regelung

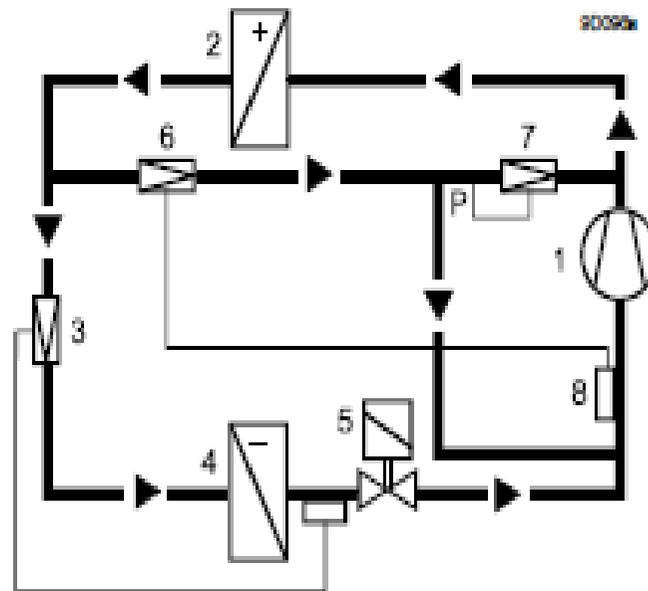


Fig. 4-2 Sauggasregelung mit Heißgas-Leistungsregler und Nach-Einspritzventil (Prinzip)

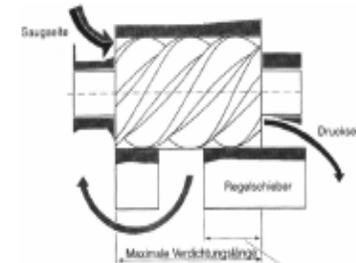
- | | |
|--------------------|--------------------------------------|
| 1 Verdichter | 5 Saugdrosselventil |
| 2 Verflüssiger | 6 Nach-Einspritzventil |
| 3 Expansionsventil | 7 Automatisches Heißgas-Bypassventil |
| 4 Verdampfer | 8 Fühler |

Quelle: Siemens

Leistungsregelung

Verdichter - Regelungsvarianten

- Saugvolumen-Verstellung
 - Kolbenverdichter
 - Zylinderabschaltung
 - Ventilanhebung
 - Saugkanalabsperrung
 - Schraubenverdichter
 - Regelschieber
- Drehzahlregelung



Leistungsregelung

Vor- / Nachteile Regelungsvarianten

Heißgas-Bypass	=> Energievernichtung
Saugdrosselregelung	=> energetische Verschlechterung
Zylinderabschaltung	=> aufwändig, energetisch effizient
FU-Drehzahlregelung	=> hohe Investition, gutes Regelverhalten
Verbundanlage	=> hohe Investitionskosten, hohe Betriebssicherheit

Leistungsregelung

Vorteile

- **Leistung wird dem Bedarf angepasst**
- **kontinuierliches Temperaturniveau**
- **Verdichter kann ggf. kleiner dimensioniert werden**
- **Verdichterlaufzeit wird verlängert**
- **Geringere Betriebskosten**
- **Reduzierung Energieeinsatz**
- **Reduzierung der Umweltbelastung**

Auslegungskriterien

Hauptkomponenten

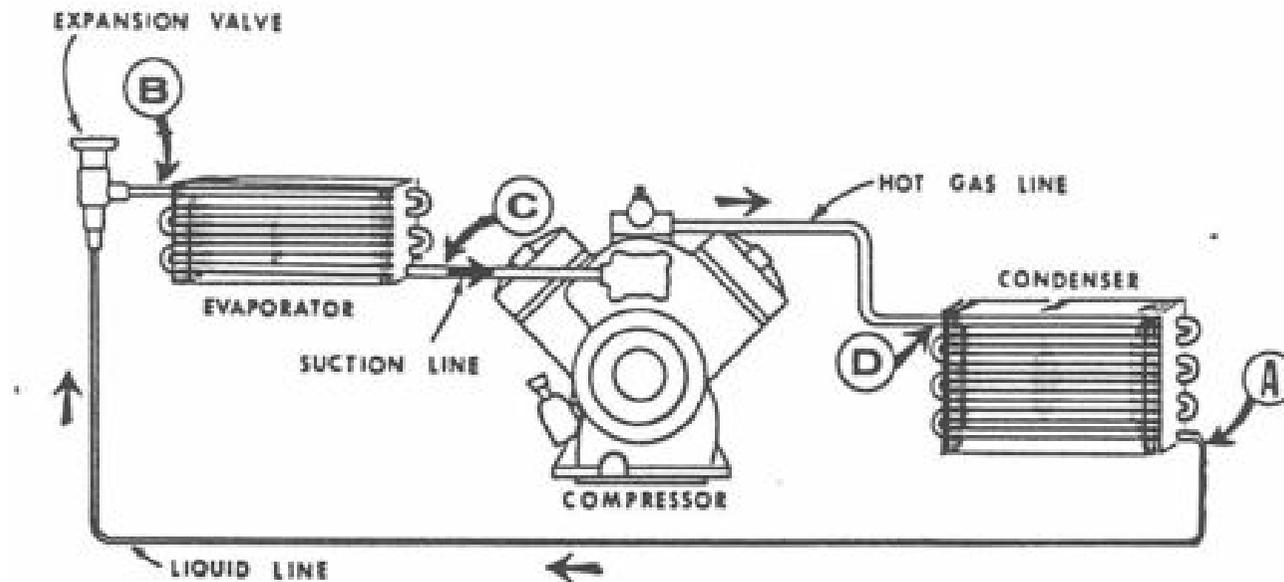


Figure 24

Auslegungskriterien

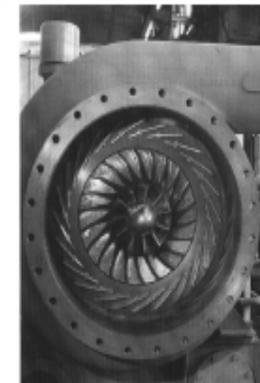
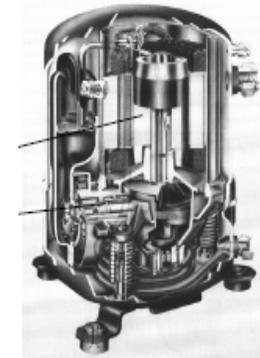
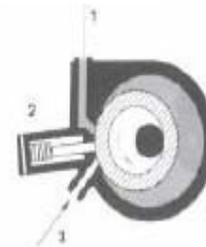
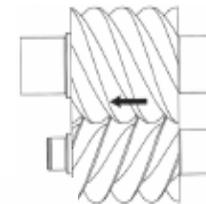
generell

- Leistungsbedarf (innere/äußere Lasten)
- Temperaturniveau
- Nutzerverhalten (vorgelagerte Prozesskette)

Auslegungskriterien

Verdichter - Bauarten

- **Hubkolbenverdichter**
(kleine bis große Leistungen)
- **Scroll-Verdichter**
(kleine Leistungen)
- **Schraubenverdichter**
(mittlere und große Leistungen)
- **Rollkolbenverdichter**
(kleine Leistungen)
- **Turboverdichter**
(große Leistungen)



Auslegungskriterien

Verdichter

- Kälteleistung (Massenstrom)
- Kältemittel (Saug-/Verdichtungsdruck)
- Leistungsregulierung
- Geräuschemissionen
- Investitionskosten
- Betriebskosten

Auslegungskriterien

Verdampfer

- Luft- oder Wasserkühlung
- Direkte / indirekte Kühlung
- Kälteleistung
- Kältemittel
- Temperaturniveau

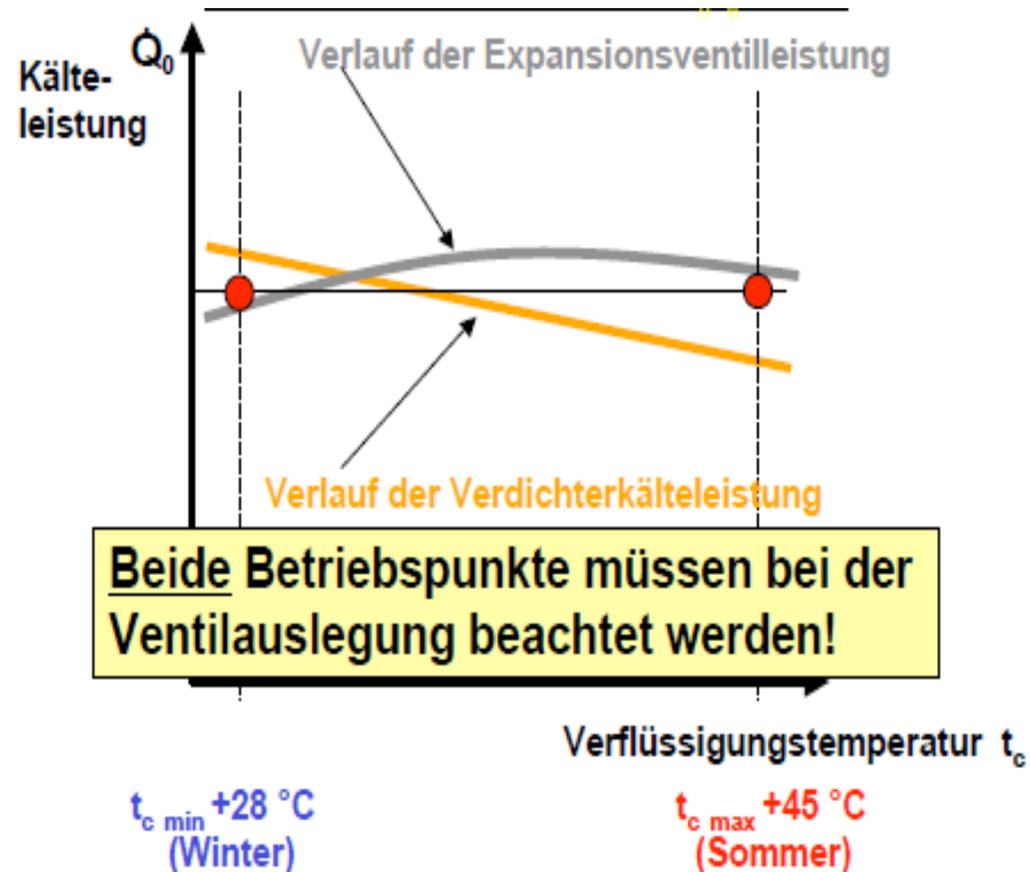
Auslegungskriterien

Expansionsventil

- Kälte-/Verdampferleistung
(Massenstrom)
- Kältemittel
- Verdampfungstemperatur
- Regelverhalten (ggf. elektr. E-Ventil)
- Überhitzung

Auslegungskriterien

Expansionsventil – Sommer-/Winterbetrieb



Auslegungskriterien

Verflüssiger

- Luft- oder Wasserkühlung
- Verflüssigerleistung
- Temperaturniveau
- Betriebskosten (Ventilator, Pumpen, Rückkühlwerk)
- Wärmerückgewinnungsmöglichkeiten

Auslegungskriterien

Kältemittelleitung

Folgende Strömungsgeschwindigkeiten
empfehlenswert:

Saugleitung: 7...15 m/s

Druckleitung (Gas): 5...8 m/s

Flüssigkeitsleitungen 0,1...1 m/s

Ölrückführung bei Dimensionierung beachten!

Netzwerk Kälteeffizienz

Grundlagen zur Gewerbekälte

**Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit !**