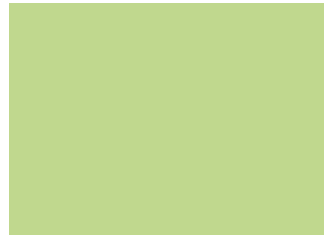
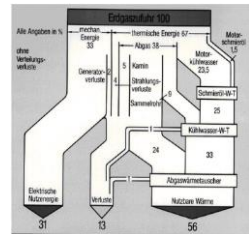




Grundlagenwissen Kältetechnik

Philipp Bruck M. Sc., TARA Ingenieurbüro Bremen



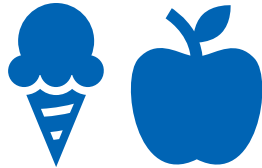
Unsere Leistungen

- ✓ Energieberatung
- ✓ Energiemanagementsysteme
- ✓ Energieaudits
- ✓ Energieeffizienznetzwerke
- ✓ Klimaschutz für Unternehmen
- ✓ Energieeffizienzgutachten
- ✓ Energiechecks
- ✓ Fördermittelberatung
- ✓ Vorträge
- ✓ Seminare

Gliederung

- ▶ **1. Einführung**
- 2. Wie funktionieren Kompressionskältemaschinen?
- 3. Komponenten von Kompressionskältemaschinen
- 4. Wie funktionieren Sorptionskältemaschinen?

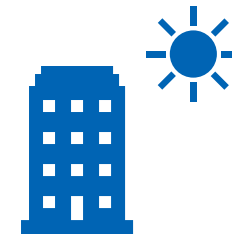
Wofür brauche ich überhaupt „Kälte“?



Kühlung von
Lebensmitteln



Maschinenbau/
Kühlung

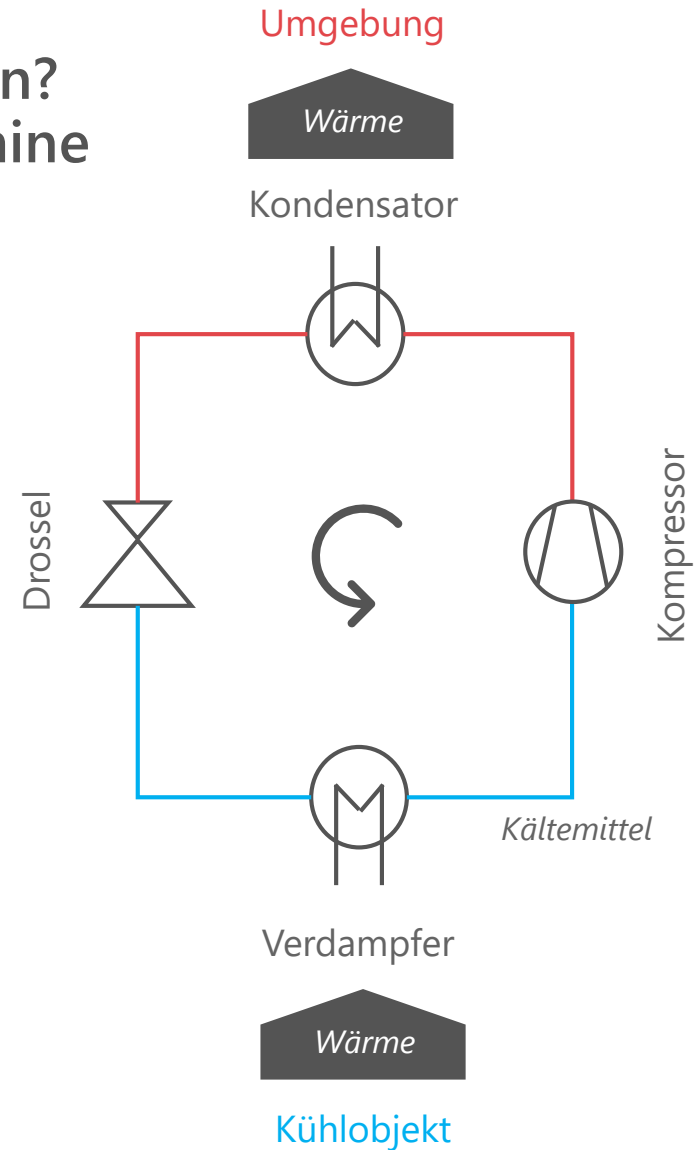


Klimatisierung
(inklusive IKT)

Wie funktionieren Kältemaschinen? Beispiel Kompressionskältemaschine

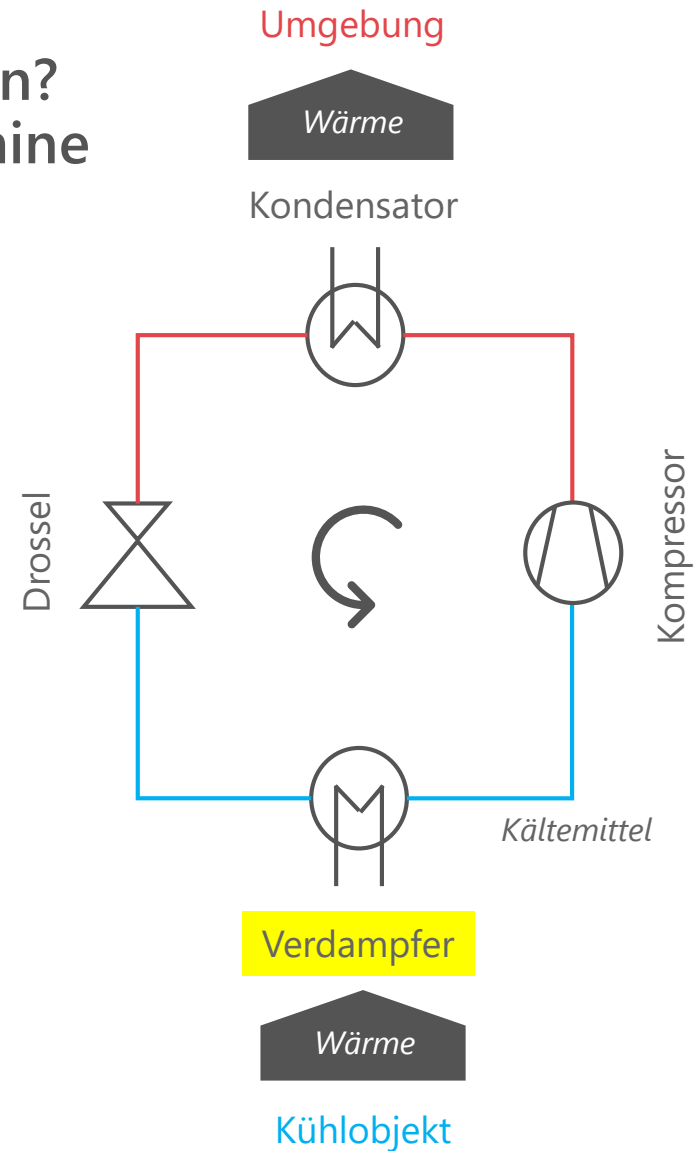
Kältemittelkreislauf
zweigeteilt:

- „Kalte“ Seite bei niedrigem Druck und geringer Temperatur (unten)
- „Warme“ Seite bei hohem Druck und hoher Temperatur (oben)



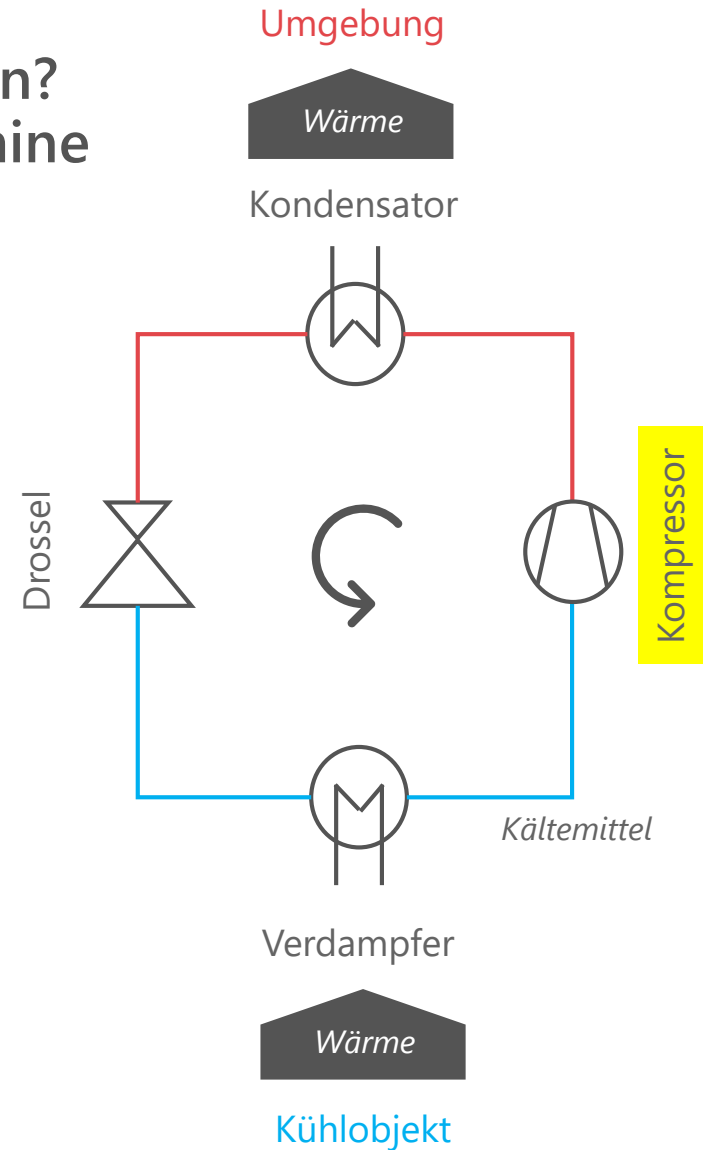
Wie funktionieren Kältemaschinen? Beispiel Kompressionskältemaschine

- **Verdampfer:** nimmt Umgebungswärme auf niedrigem Temperaturniveau auf



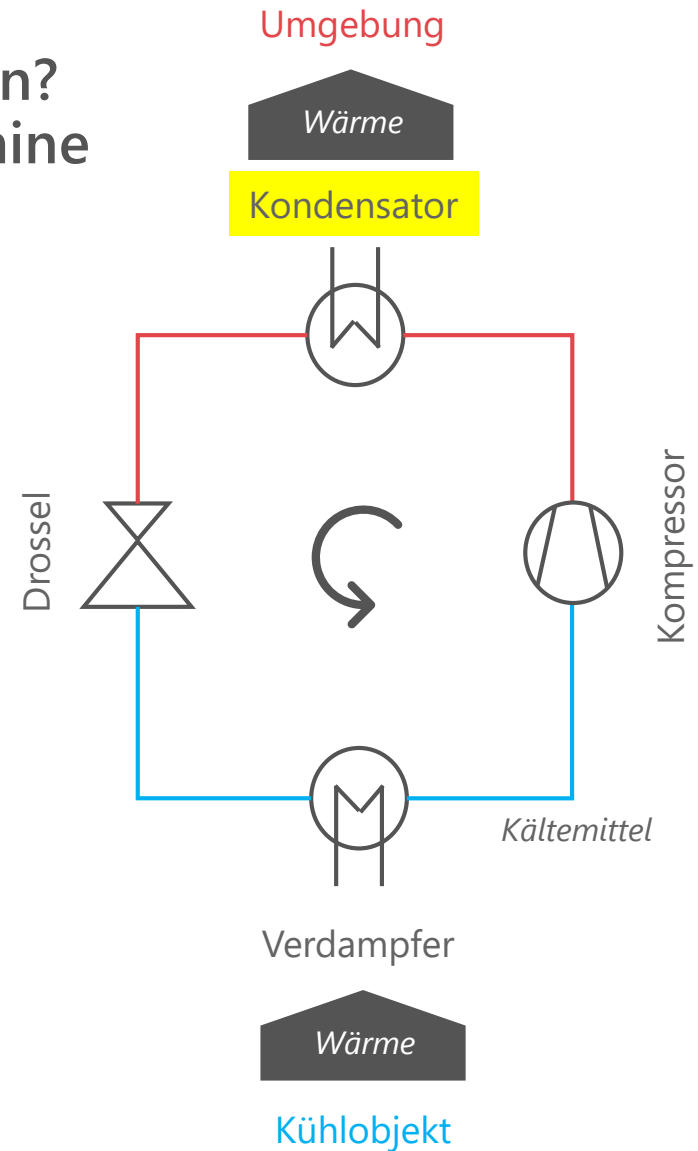
Wie funktionieren Kältemaschinen? Beispiel Kompressionskältemaschine

- **Kompressor/Verdichter:**
verdichtet unter Einsatz elektrischer Energie das Kältemittel und bringt es damit auf höhere Temperatur



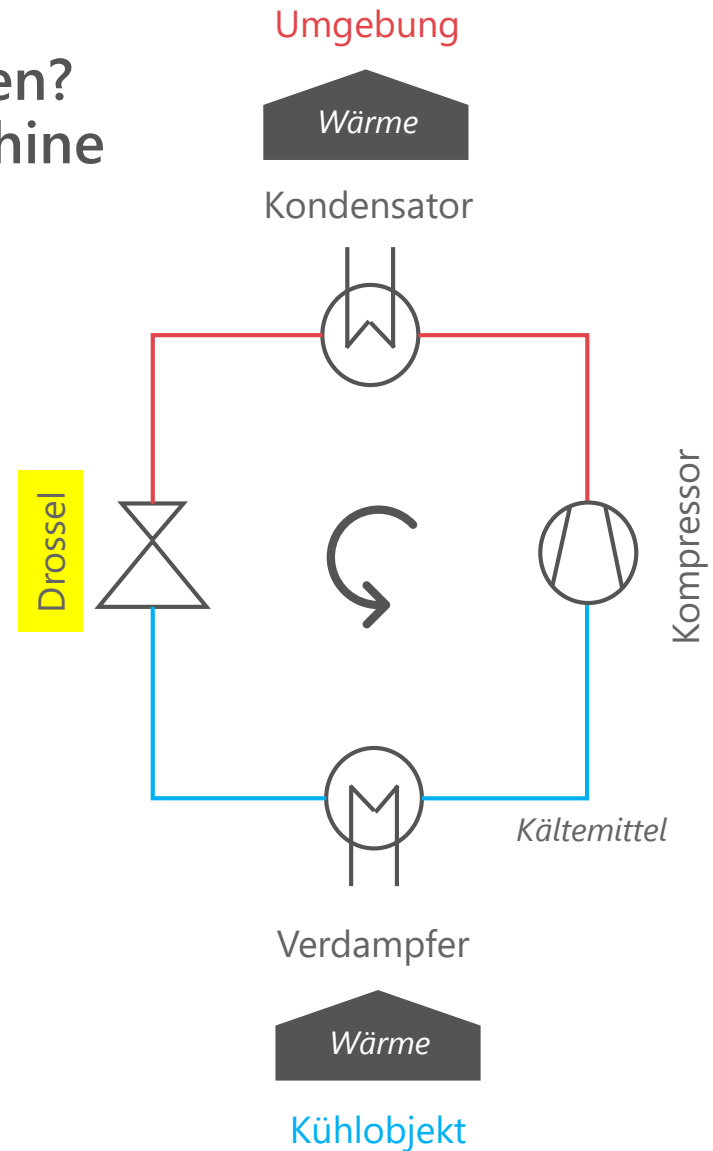
Wie funktionieren Kältemaschinen? Beispiel Kompressionskältemaschine

- **Kondensator/Verflüssiger:** gibt Wärme an Umgebung/Nutzung ab



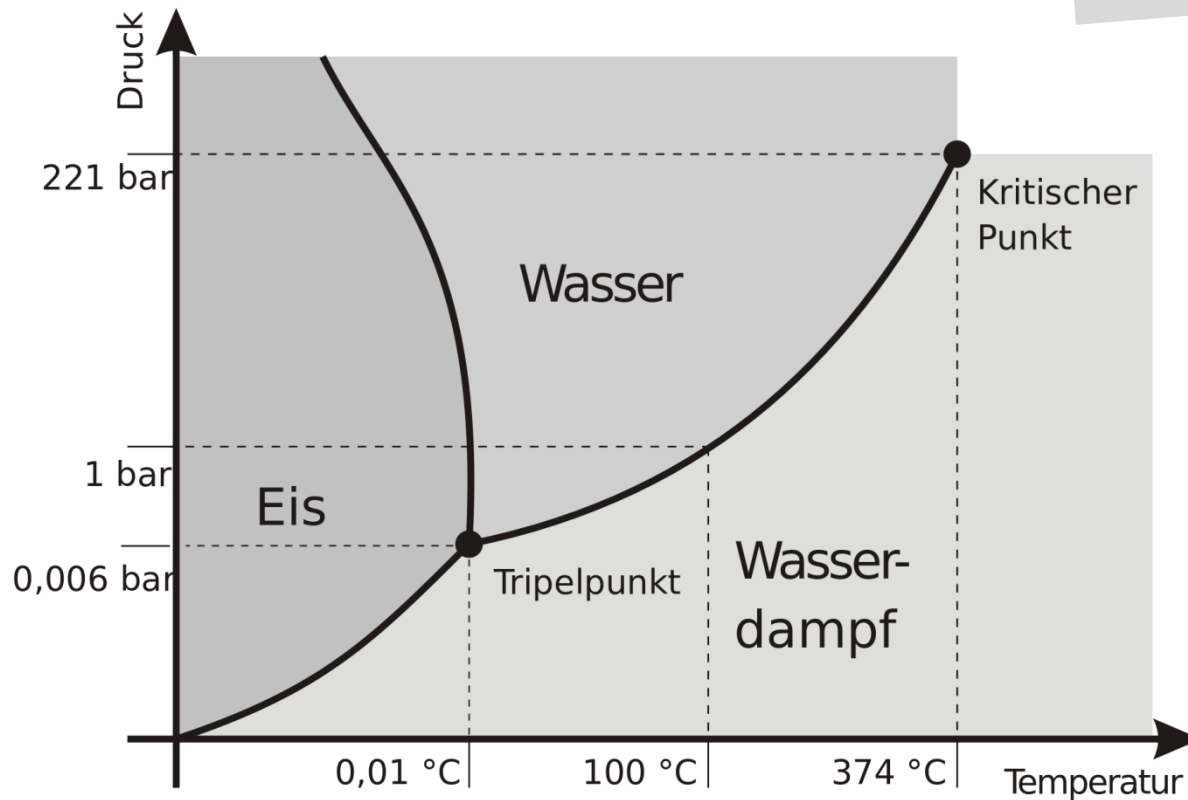
Wie funktionieren Kältemaschinen? Beispiel Kompressionskältemaschine

- **Drossel/Expansionsventil:**
entspannt das Arbeitsmedium,
wodurch es wieder abkühlt



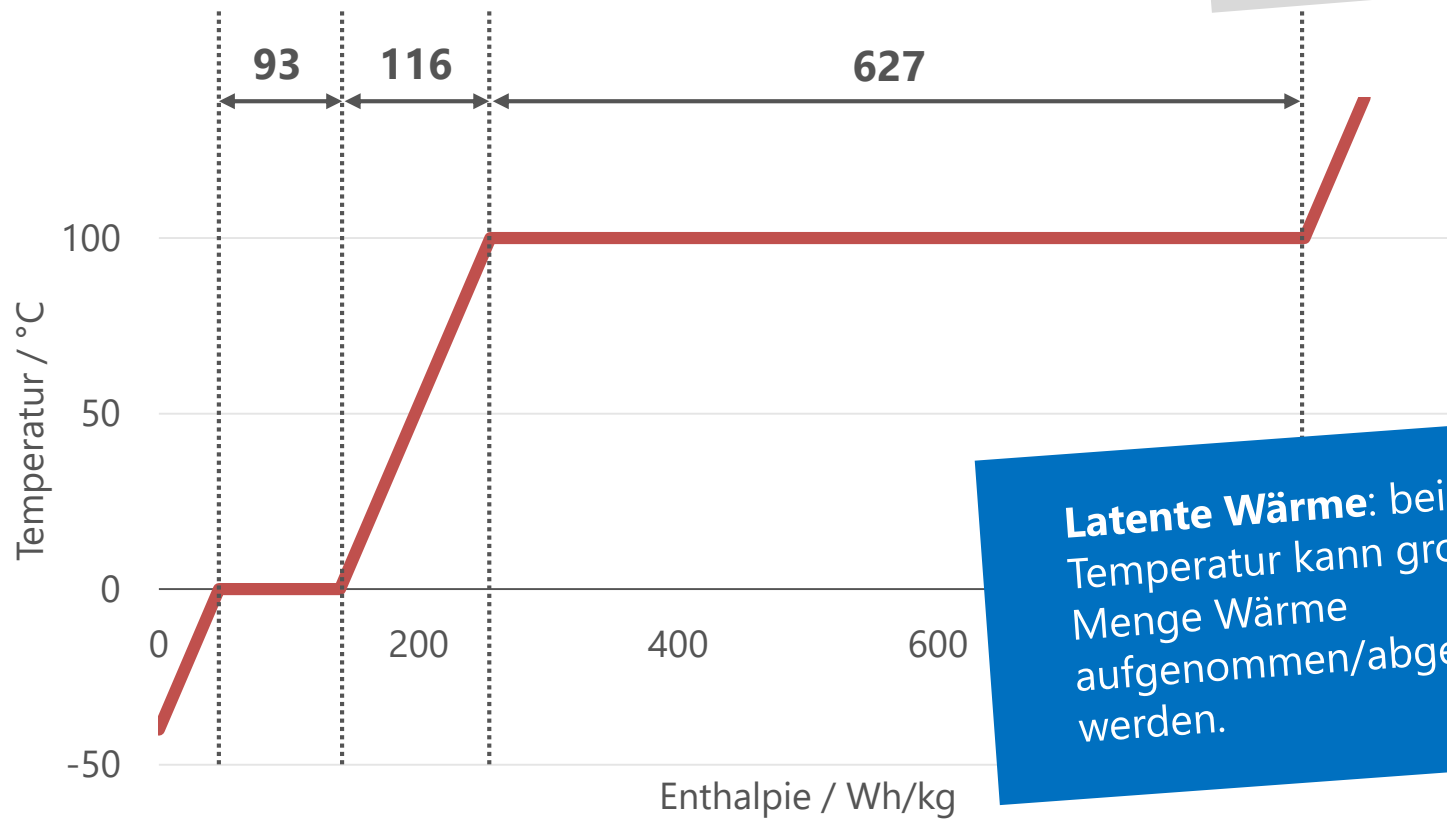
Physikalische Grundlagen 1: Siedepunkt ist druckabhängig

Beispiel: Wasser



Quelle: Wikimedia Commons, gemeinfrei.

Physikalische Grundlagen 2: Phasenübergang ist energieaufwendig

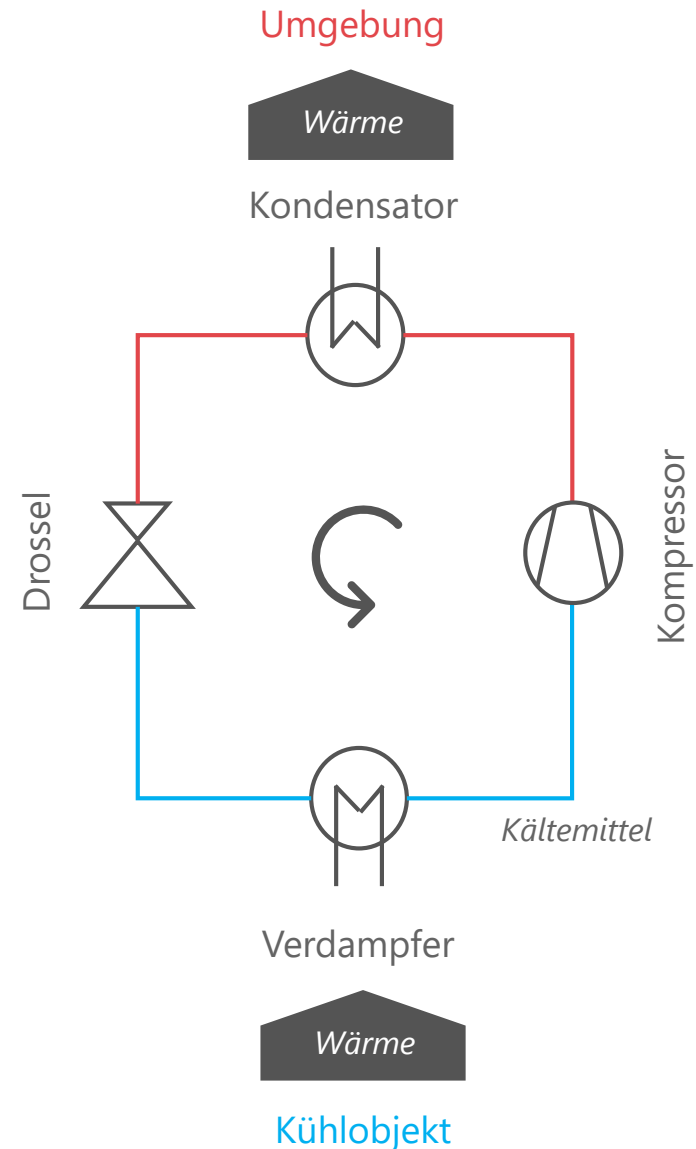


Gliederung

1. Einführung
- ▶ **2. Wie funktionieren Kompressionskältemaschinen?**
3. Komponenten von Kompressionskältemaschinen
4. Wie funktionieren Sorptionskältemaschinen?

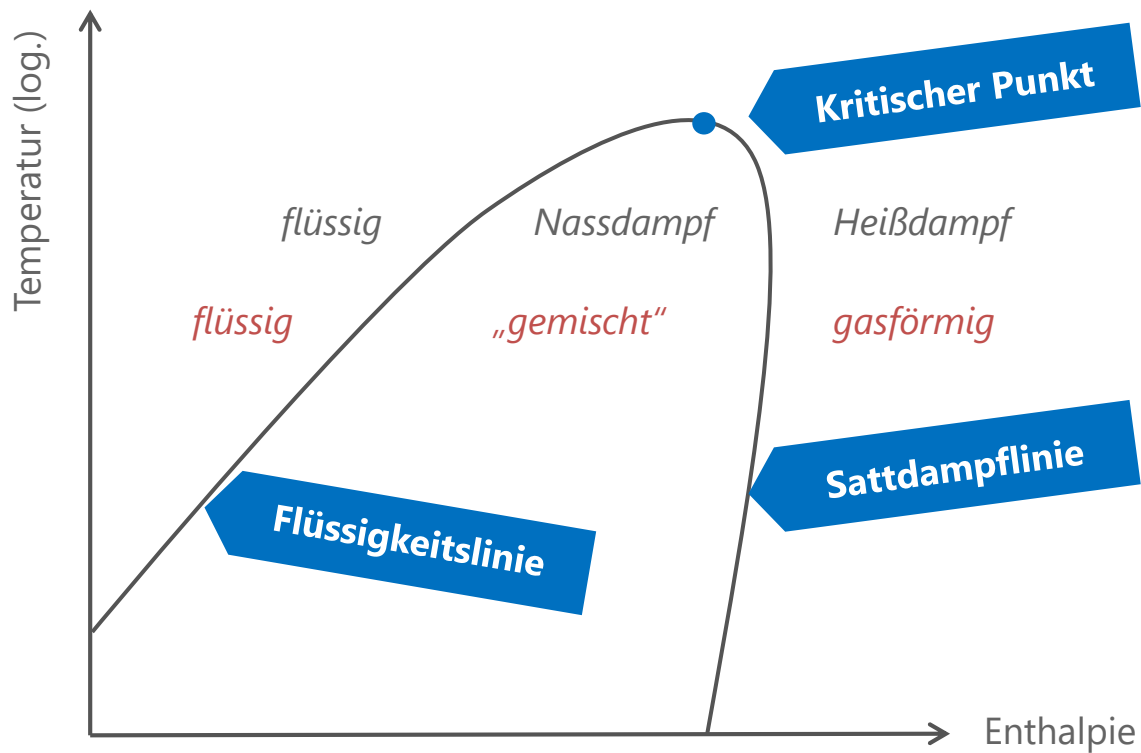
Kreisprozess Kompressionskältemaschine

- **Verdampfer:** nimmt Umgebungswärme auf niedrigem Temperaturniveau auf
- **Kompressor/Verdichter:** verdichtet unter Einsatz elektrischer Energie das Kältemittel und bringt es damit auf höhere Temperatur
- **Kondensator/Verflüssiger:** gibt Wärme an Umgebung/Nutzung ab
- **Drossel/Expansionsventil:** entspannt das Arbeitsmedium, wodurch es wieder abkühlt



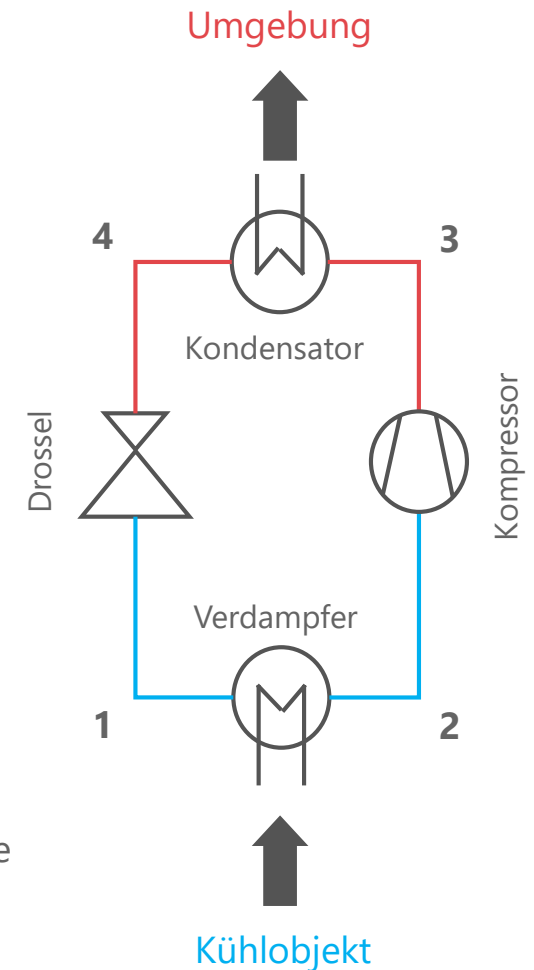
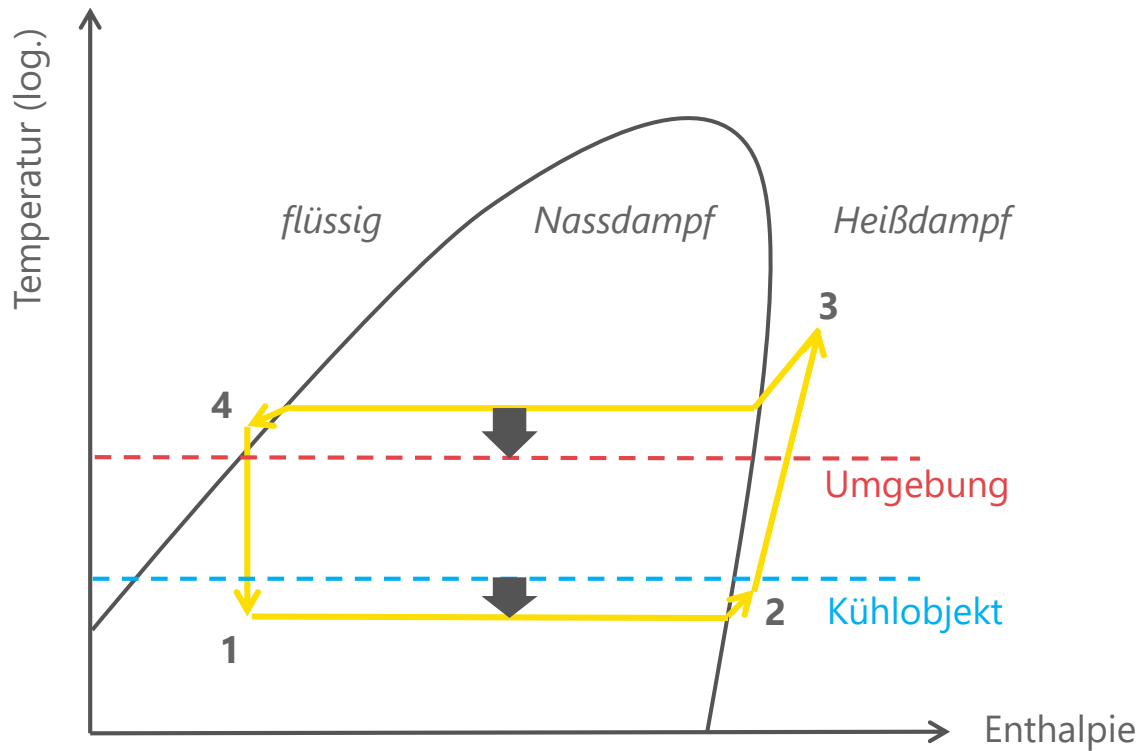
Hinweis: Idealisierte & vereinfachte Darstellung

Kreisprozess Kompressionskältemaschine



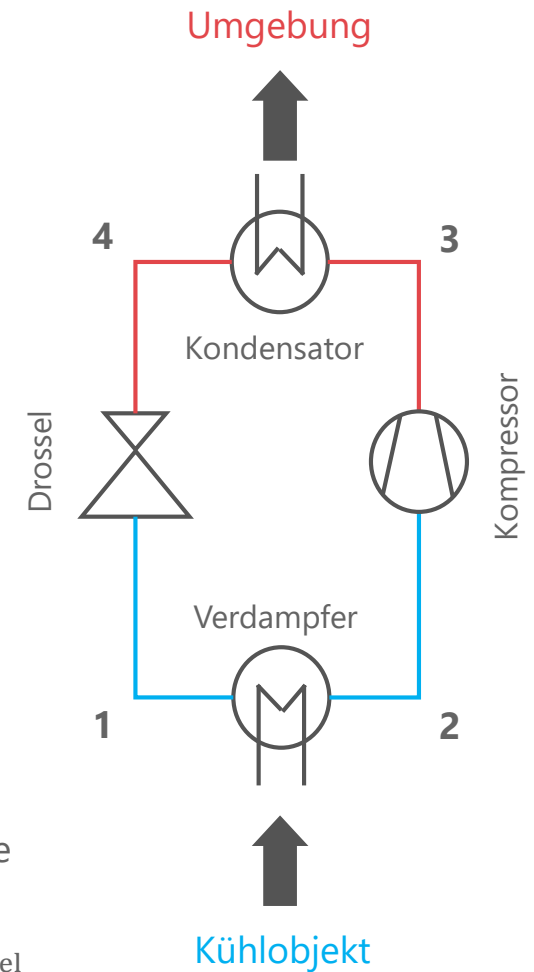
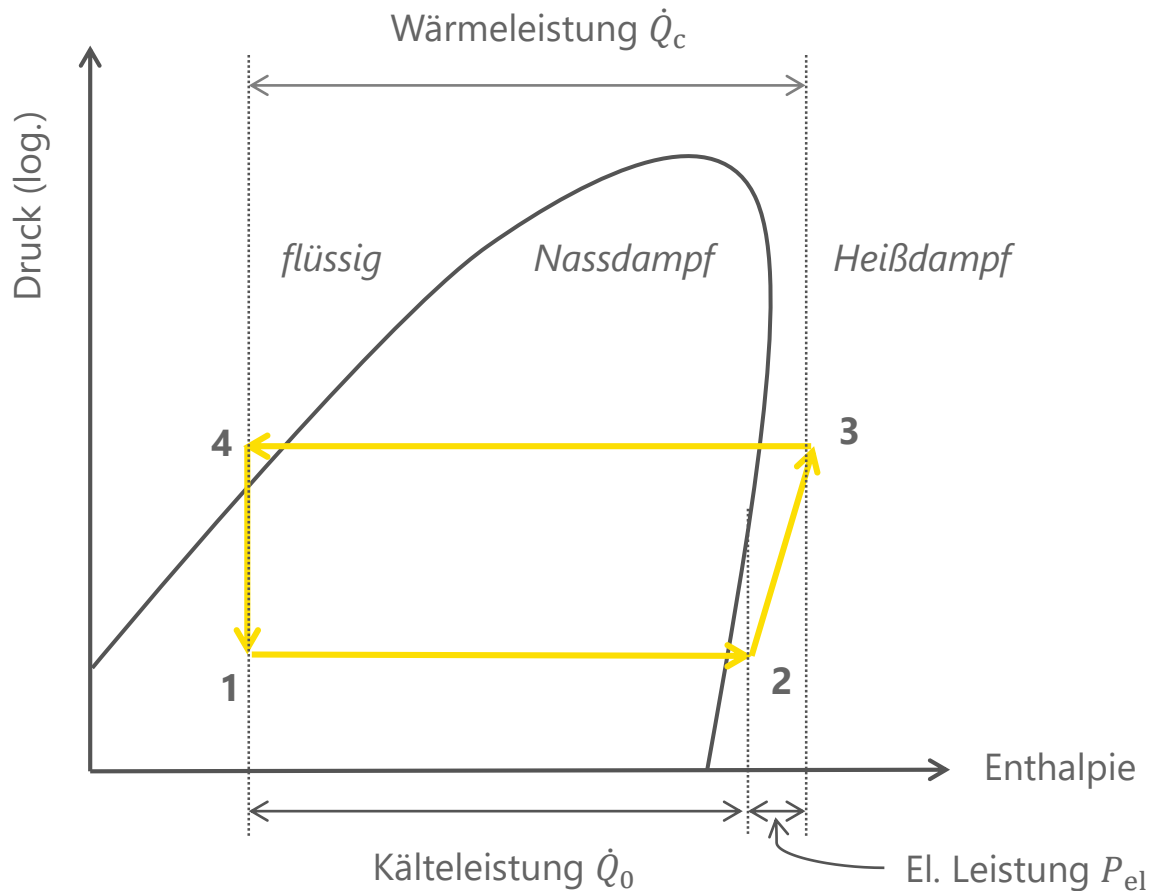
Kreisprozess Kompressionskältemaschine

Hinweis: Idealisierte & vereinfachte Darstellung



Kreisprozess Kompressionskältemaschine

Hinweis: Idealisierte & vereinfachte Darstellung



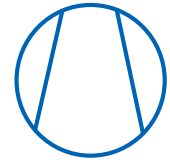
Gliederung

1. Einführung
2. Wie funktionieren Kompressionskältemaschinen?
- ▶ **3. Komponenten von Kompressionskältemaschinen**
4. Wie funktionieren Sorptionskältemaschinen?



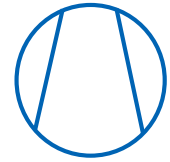
Verdampfer

- Ziel:
 - › Dem zu kühlenden Medium Wärme entziehen (und dem Kältemittel zuführen).
- Direktes vs. indirektes System:
 - › Bei indirektem System zur Verdampfung drittes Medium zwischengeschaltet (zwischen zu kühlendes Medium und Kältemittel), z. B. Wasser-Glykol-Gemisch
- Bauarten:
 - › Flüssigkeitskühlung: Rohrbündel-, Plattenwärmeübertrager
 - › Luftkühlung (mit/ohne Ventilator)
 - › Eisspeicher (Latentwärmespeicher)



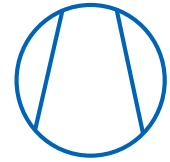
Verdichter/Kompressor

- Ziel:
 - › Dampfförmiges Kältemittel bei niedrigem Druck und niedriger Temperatur aus dem Verdampfer absaugen
 - › Verdichten und dadurch auf höhere Temperatur und höheren Druck bringen
- Bauarten:
 - › Hubkolbenverdichter
 - › Rotationskolbenverdichter:
Schrauben-, Scroll-, Turboverdichter usw.



Verdichter: **Hubkolbenverdichter**

- Funktionsweise „wie Fahrradpumpe“
- Bauarten: Antrieb innerhalb oder außerhalb des (mit Kältemittel gefüllten) Gehäuses?
 - › offen (selten)
 - › halbhermetisch (häufig in der Klimatechnik)
 - › vollhermetisch (insb. Kühlmöbel)

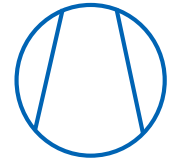


Verdichter: Rotationsverdichter

- Vorteile: nur drehende Bewegung, keine Ventile, stufenlose Drehzahlregelung
- Bauarten:
 - › **Schraubenverdichter** (einrotorig/zweirotorig)

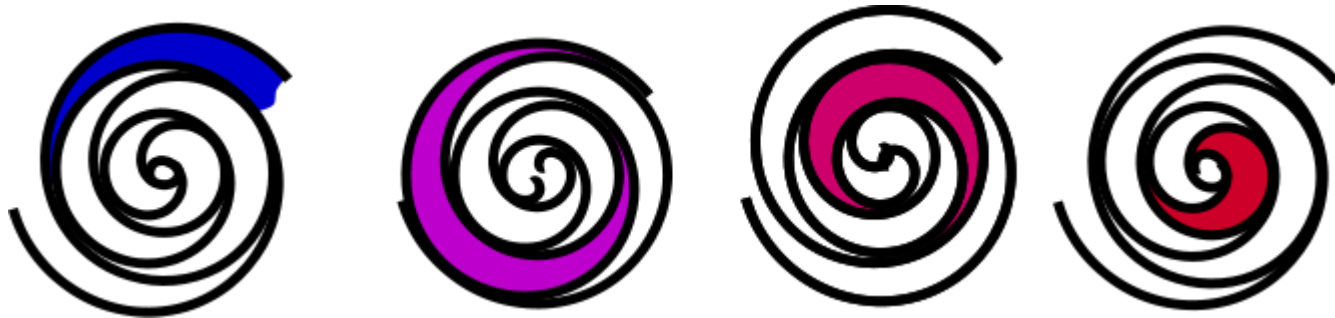


Grafik: [Wikimedia Commons](#), user [Motorhead](#), [CC BY-SA 2.5](#).

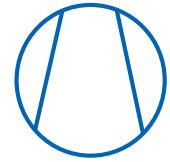


Verdichter: **Rotationsverdichter**

- Vorteile: nur drehende Bewegung, keine Ventile, stufenlose Drehzahlregelung
- Bauarten:
 - › **Scrollverdichter**/Spiralverdichter:
eine fixe, eine rotierende Spirale rollen ineinander

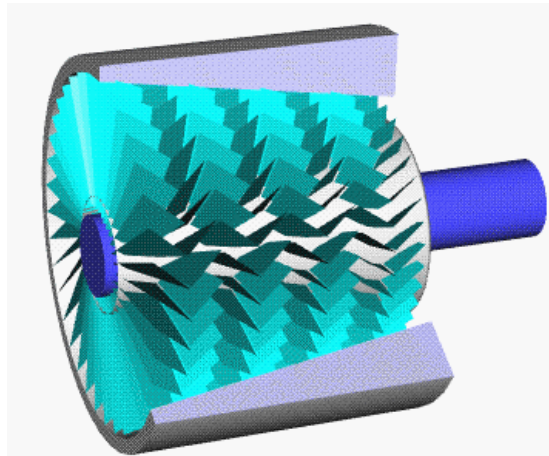


Grafik: Wikimedia Commons, gemeinfrei

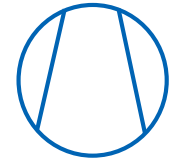


Verdichter: Rotationsverdichter

- Vorteile: nur drehende Bewegung, keine Ventile, stufenlose Drehzahlregelung
- Bauarten:
 - › **Turboverdichter**: Funktionsprinzip „umgekehrte Turbine“



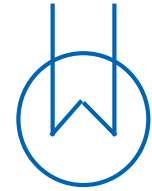
Grafik: Wikimedia Commons, gemeinfrei



Verdichter: Übersicht

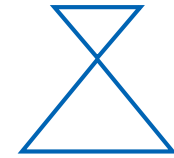
Bauart	Kälteleistung von ...	bis ...
Vollhermetische Hubkolbenverdichter		50 kW
Halbhermetische Hubkolbenverdichter		300 kW
Offene Hubkolbenverdichter		1 MW
Schraubenverdichter	200 kW	1 MW
Scrollverdichter		< 1 MW
Turboverdichter	350 kW	30 MW
<i>Absorptionsverdichter (thermisch)</i>	<i>15 kW</i>	<i>6 MW</i>

Angaben: SIEMENS; eigene Recherchen.



Verflüssiger/Kondensator

- Ziel:
 - › Wärmeentzug der Energie, die bei Verdampfen und Verdichten zugeführt wurde.
- Wärmesenke:
 - › Heizsystem (Wärmepumpe)
 - › Wärmerückgewinnung/Abwärmenutzung
 - › Umgebungsluft
- Bauarten entsprechend:
 - › Wassergekühlte Verflüssiger, z. B. Rohrbündelwärmeübertrager
 - › Luftgekühlte Verflüssiger, z. B. statisch belüftet (wie beim Kühlschranks) oder mit Ventilator (Klimasplitgeräte)



Expansionsventil

- Ziel:
 - › Kältemittel auf niedrigeren Druck und niedrigere Temperatur bringen
 - › Menge des Kältemittels zum Verdampfer steuern
- Bauarten:
 - › *Thermostatisches Expansionsventil*
 - › *Elektronisches Expansionsventil*
 - › Überhitzung im Verdampfer wird laufend gemessen.
 - › Regler sorgt durch Kältemittelmenge für höchstmögliche Verdampfungstemperatur und damit möglichst geringe Überhitzung.
 - › Dadurch höhere Leistungszahlen insb. im Teillastbereich.

Kältemittelleitungen

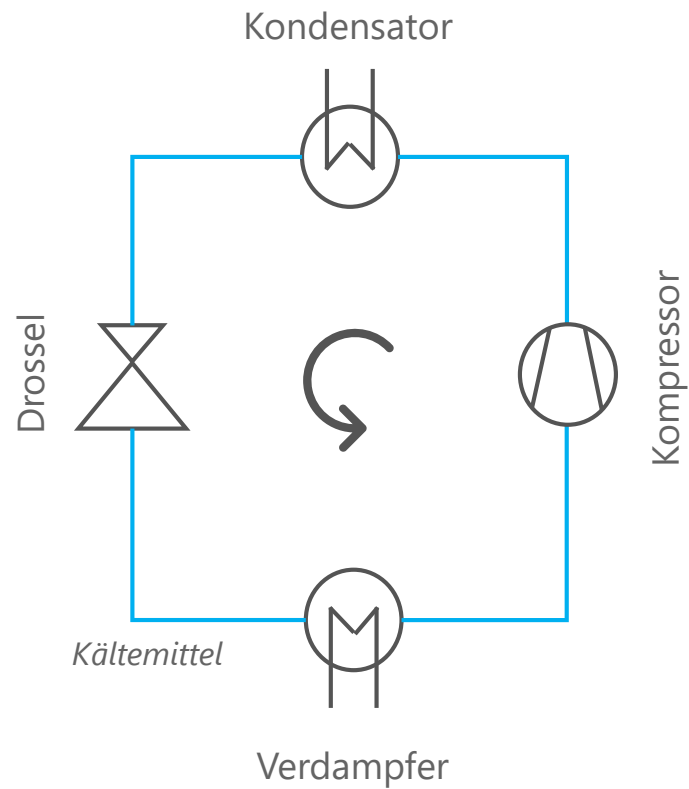
- Dichtigkeit des Systems (hohe Drücke, entweichende Kältemittel)
- Dämmung der Leitungen



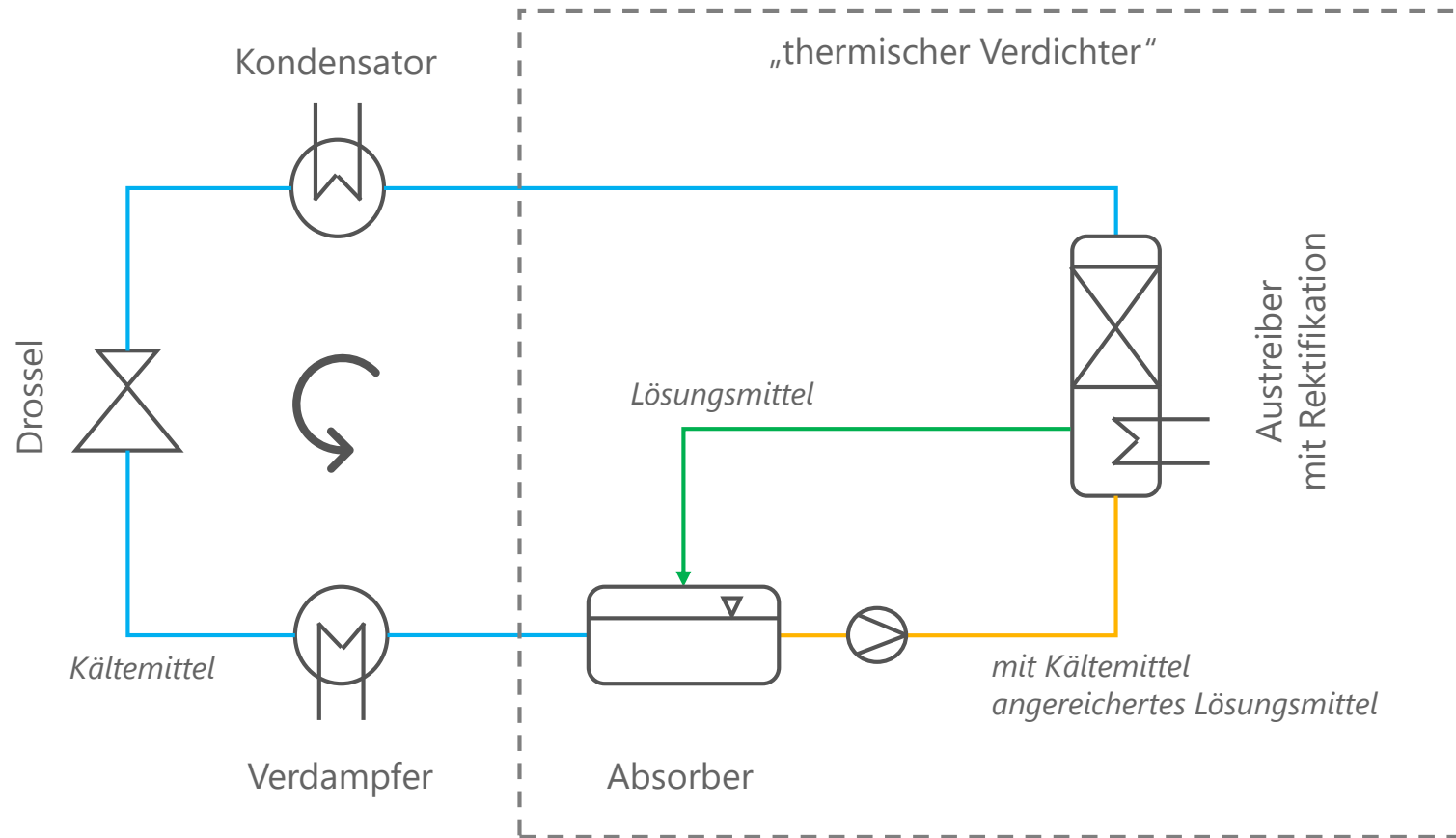
Gliederung

1. Einführung
2. Wie funktionieren Kompressionskältemaschinen?
3. Komponenten von Kompressionskältemaschinen
- ▶ **4. Wie funktionieren Sorptionskältemaschinen?**

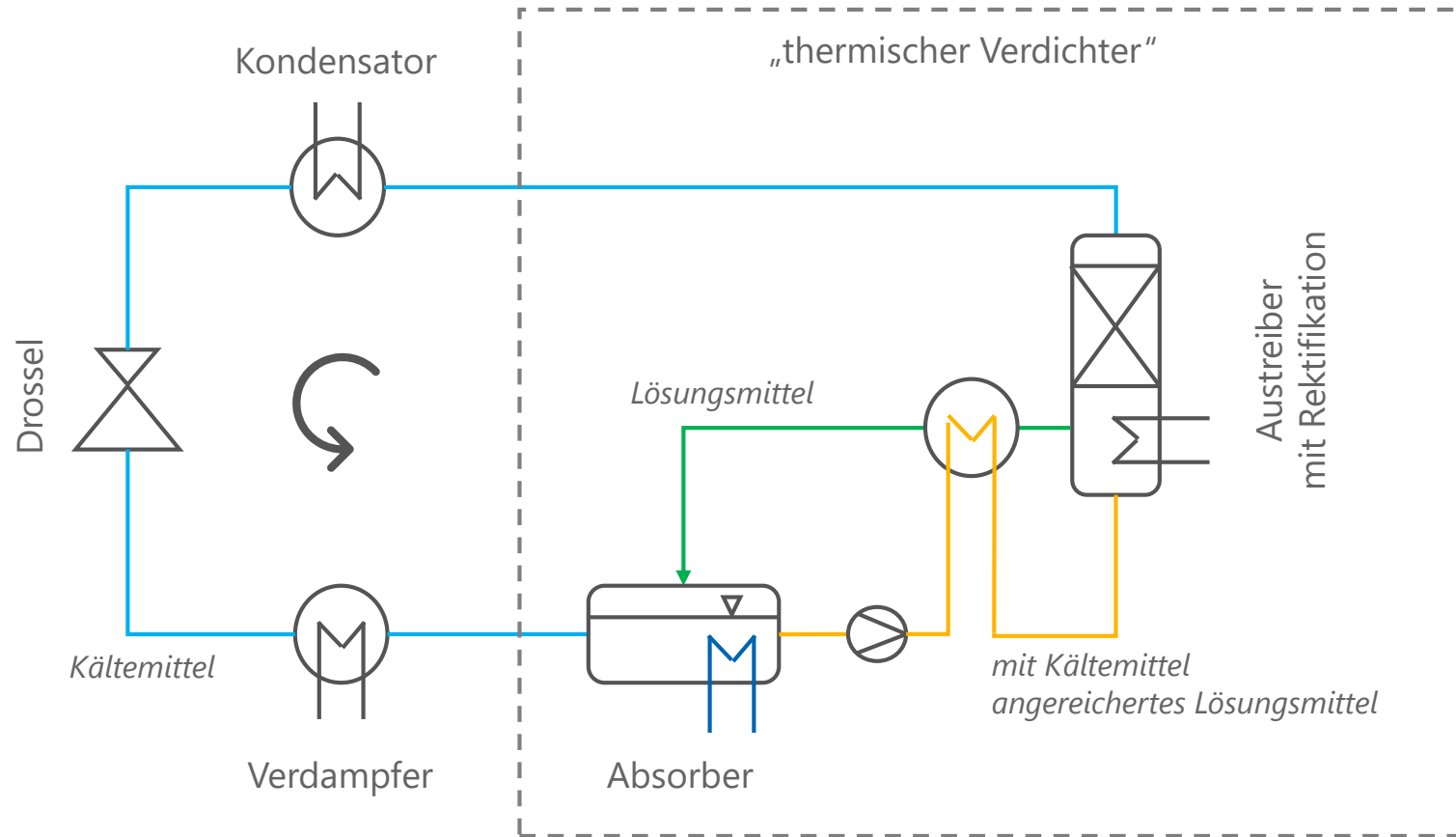
Kreisprozess Absorptionskältemaschine



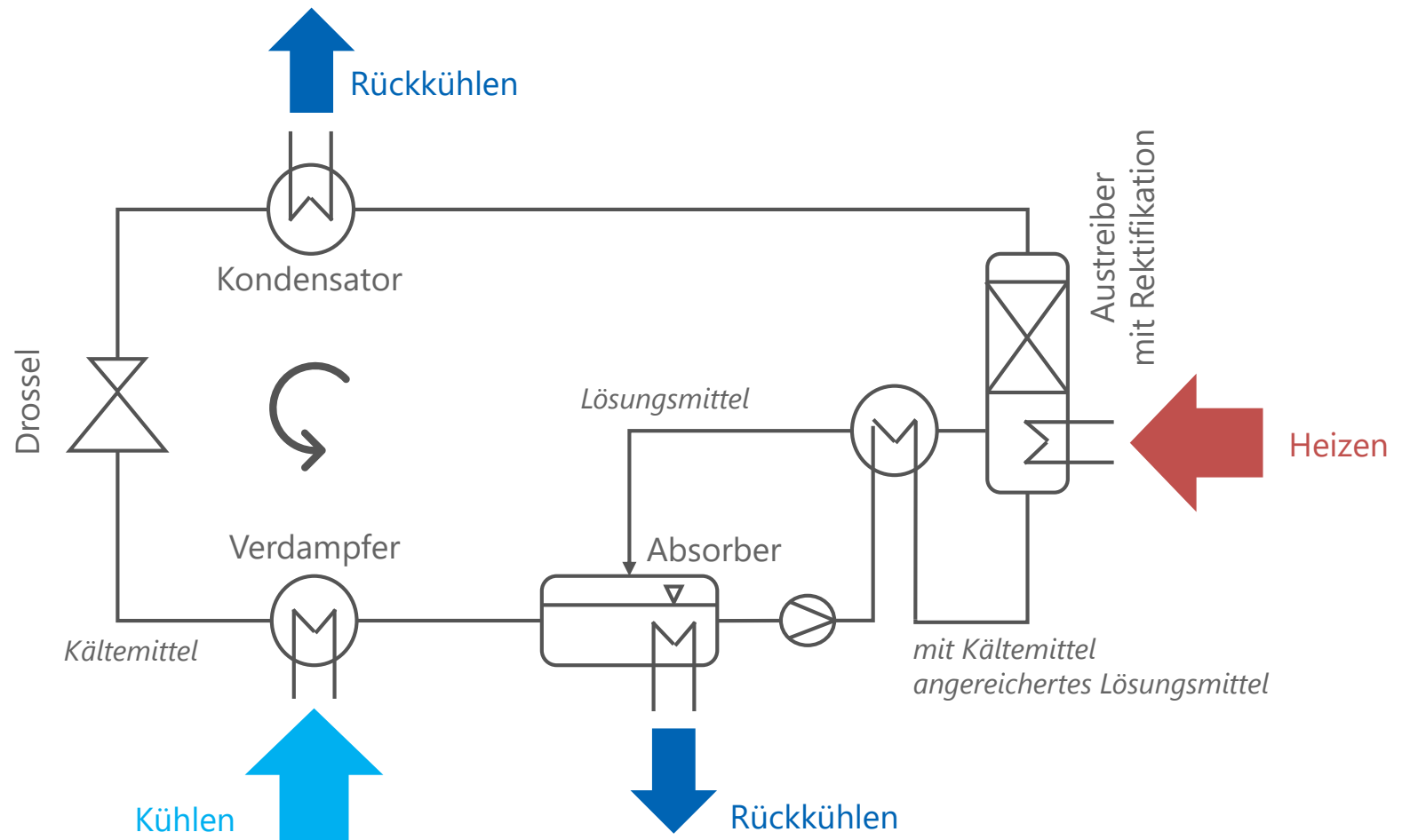
Kreisprozess Absorptionskältemaschine



Kreisprozess Absorptionskältemaschine



Kreisprozess Absorptionskältemaschine



Absorptionskältemaschinen

- Einsatzbereiche ab 15 kW, bis > 5 MW
- Lohnen sich (nur), wenn viel ungenutzte Abwärme (> 70 °C) zur Verfügung steht.
- Weitgehend geräuschloser, vibrationsfreier Betrieb
- Kombination mit Kompressionskälte (für Spitzenlast) möglich
- Häufigste Arbeitsstoffpaare:
 - › Kältemittel Wasser, Lösungsmittel Lithiumbromid (LiBr)
(insbesondere für Klimakälte, sehr geringe Drücke)
 - › Kältemittel Ammoniak (NH₃), Lösungsmittel Wasser
(insbesondere für TK-Anwendungen)

Adsorptionskältemaschinen

- Adsorption = Anlagerung an einen Feststoff
- Weil Feststoff nicht umgewälzt werden kann: diskontinuierlicher Prozess in zwei Phasen:
 - › Adsorption & Verdampfung
 - › Desorption & Kondensation
- Damit auch als Kältespeicher geeignet
- Vorteil: Antriebstemperaturen für Desorption um 60 °C
- Nachteile: Geringe Wärmeverhältnisse (Arbeitszahl), hohe Investitionskosten, hohes Gewicht



Philipp Bruck, M. Sc.

TARA Ingenieurbüro Bremen

Geschäftsführung: Dr.-Ing. Anne Schierenbeck

Parkstraße 10, 28209 Bremen

Tel. 0421 – 346 8815

bruck@tara-ingenieure.de

www.tara-bremen.de