

Kälte aus (Ab-) Wärme

Ammoniak Absorptions-Kälteanlagen

Helmut Mattes

mattes
engineering gmbh

Einführung

Kälteerzeugung

Vergleich der Verfahren

➤ **Kompressions-
Kälteanlagen**

mechanischer Kompressor,
elektrisch angetrieben

➤ **Absorptions-Kälteanlagen**

der Kältemitteldampf wird

- durch eine geeignete Flüssigkeit im Absorber gelöst,
- in der Flüssigphase verdichtet,
- durch Zufuhr von Wärme aus der Lösung angetrieben,
- im Kondensator verflüssigt;

in Reihe hintereinander geschaltete
Wärmetauscher,

geringe elektrische Leistung



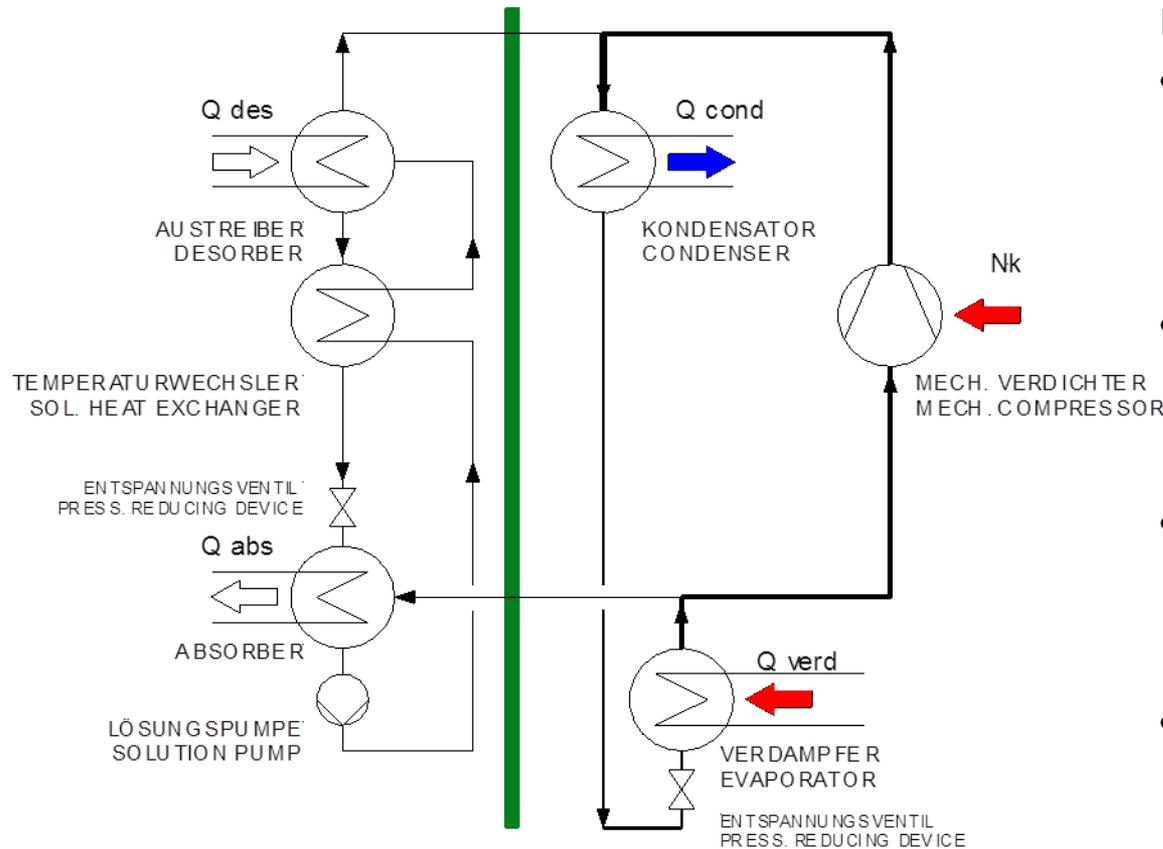
Standard System
AK 600

Kälteleistung 800 kW
NH₃ Verd. Temperatur -18°C

Verfügbare Verfahren, Arbeitsmittel

	Lithium-Bromid Absorption	Ammoniak-Wasser Absorption
Kältemittel	Wasser	Ammoniak
Lösungsmittel	Lithium-Bromid-Lösung	Wasser
giftig brennbar ätzend Geruch	kaum nein nein nein	ja kaum ja stechend
Arbeitsdruck Verdampfer Kondensator	8 mbar (Vakuum) 40 mbar (Vakuum)	200 mbar bis 3000 mbar 10 bar bis 15 bar
Hauptanwendung	Kaltwassererzeugung > 4,5°C	Verdampfungstemperaturen bis -60°C
Einsatzmöglichkeiten	Klimatechnik	industrielle Kälteerzeugung
Aufstellung	im Gebäude	im Freien möglich
Bauweise	Kompaktsatz	Modul- oder Standardanlagen

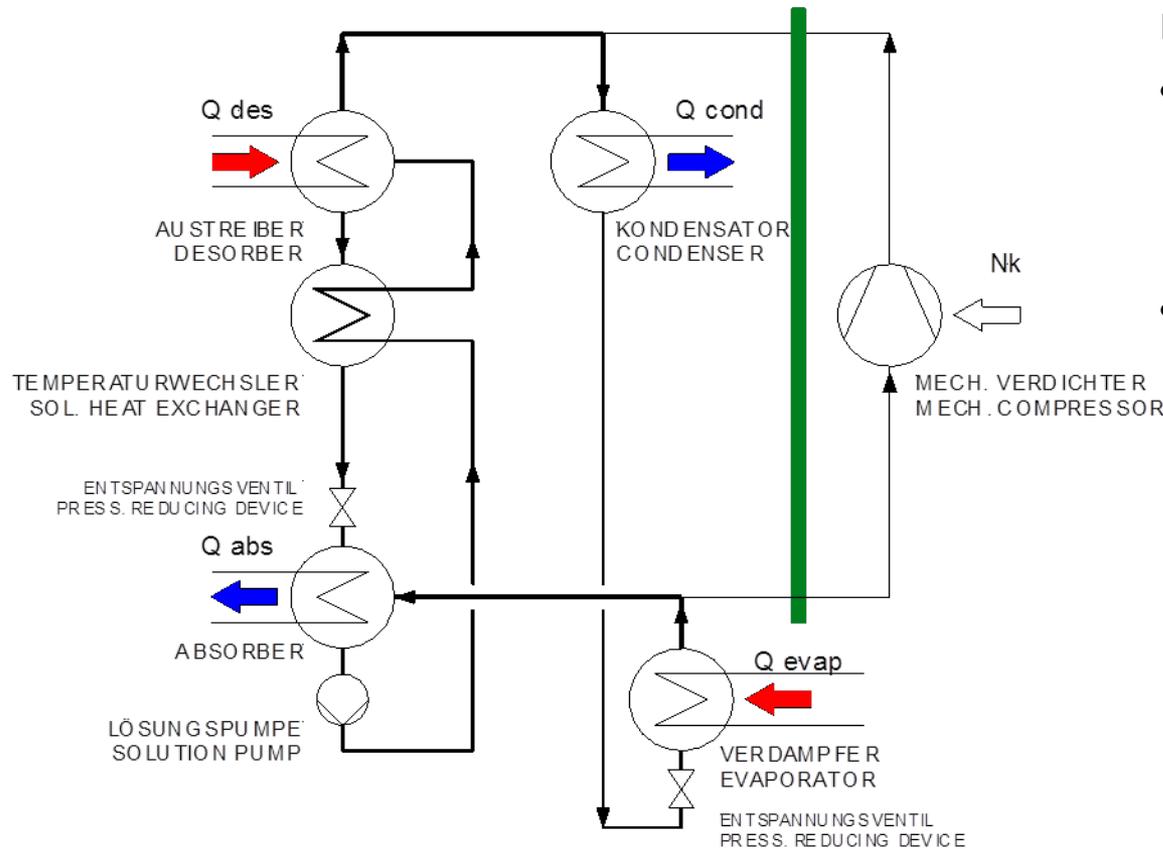
Kompressions-Kälteanlage



Kältemittel-Kreislauf

- dem verdampfenden Kältemittel wird im Verdampfer bei entsprechendem Druck und entsprechender Temperatur Wärme (Kälte) Q_{verd} zugeführt,
- der Kältemitteldampf wird abgesaugt und durch Energiezufuhr N_k im Verdichter auf höheren Druck verdichtet,
- im Kondensator wird das Kältemittel durch Wärmeabfuhr Q_{cond} an die Umgebung verflüssigt,
- das verflüssigte Kältemittel gelangt über das Entspannungsventil wieder in den Verdampfer

Kompressions-Kälteanlage



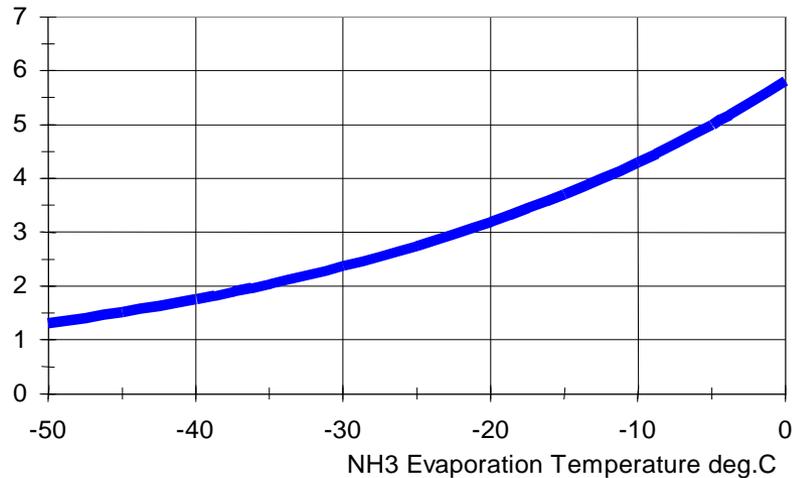
Lösungsmittel-Kreislauf

- der Kältemittel-Kreislauf ist im Prinzip identisch zu anderen Kälteanlagen mit mechanischen Verdichtern.
- Der Lösungsmittel-Kreislauf, der aus einer Kette hintereinandergeschalteter Wärmetauscher besteht, lässt sich als „thermischer Verdichter“ bezeichnen.

Saugseite = Absorber

Druckseite = Austreiber

Vergleich mit Kompressions-Kälteanlagen Energiebedarf

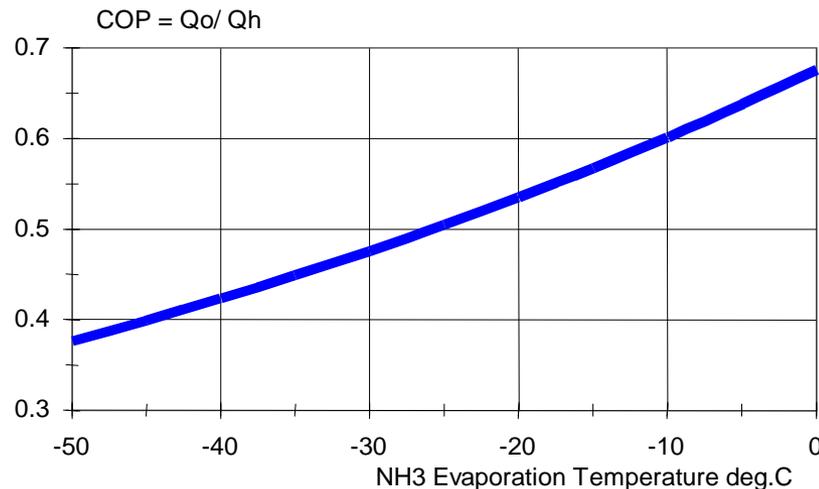


**Kompressions-
Kälteanlage**

Q_o Kälteleistung

N_k Antriebsleistung

$$COP (kka) = \frac{Q_o}{N_k}$$



**Absorptions-
Kälteanlage**

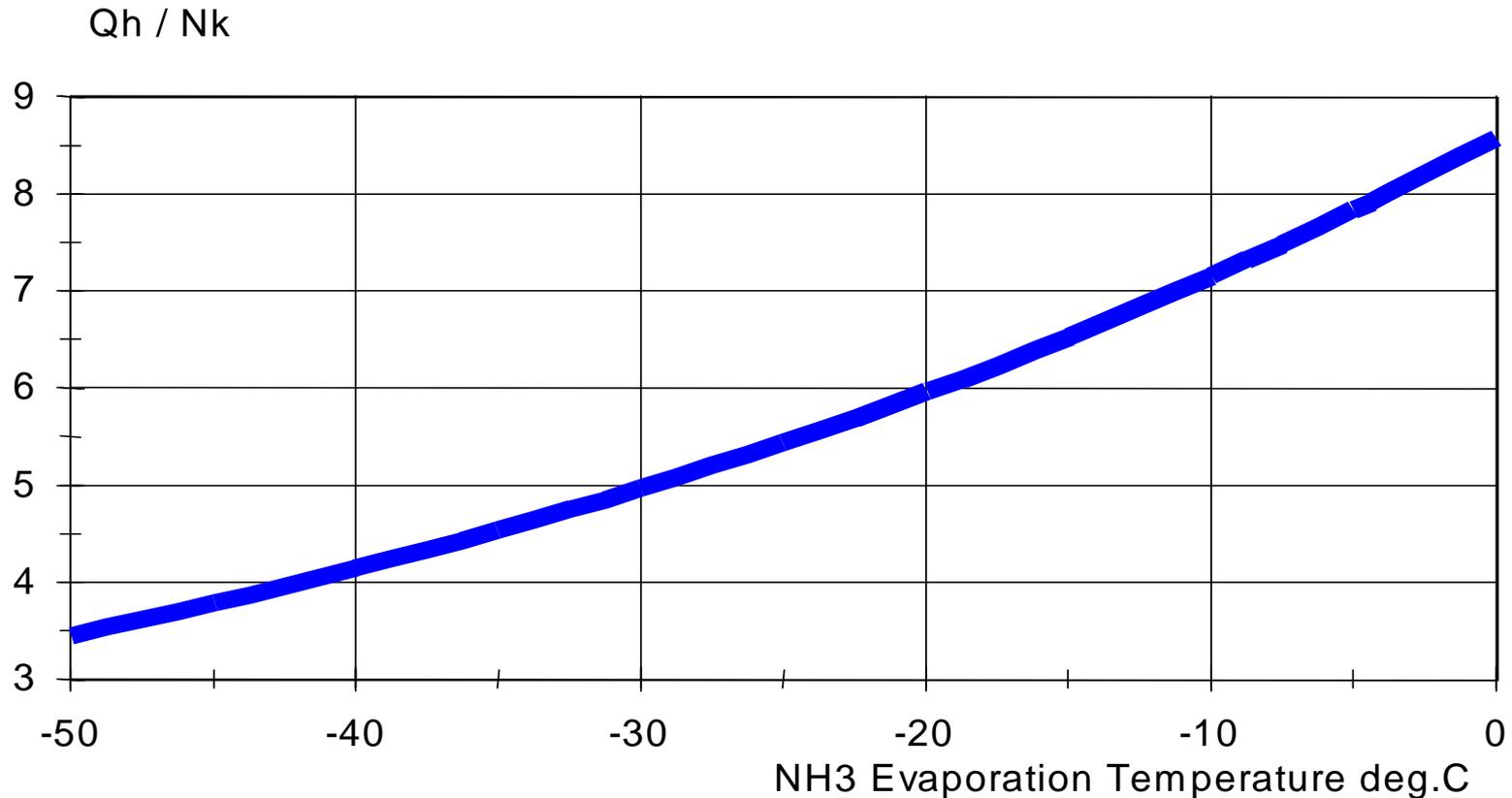
Q_o Kälteleistung

Q_h Heizleistung

$$COP (aka) = \frac{Q_o}{Q_h}$$

Vergleich mit Kompressions-Kälteanlage

Energiebedarf bei gleichen Verdampfungstemperaturen



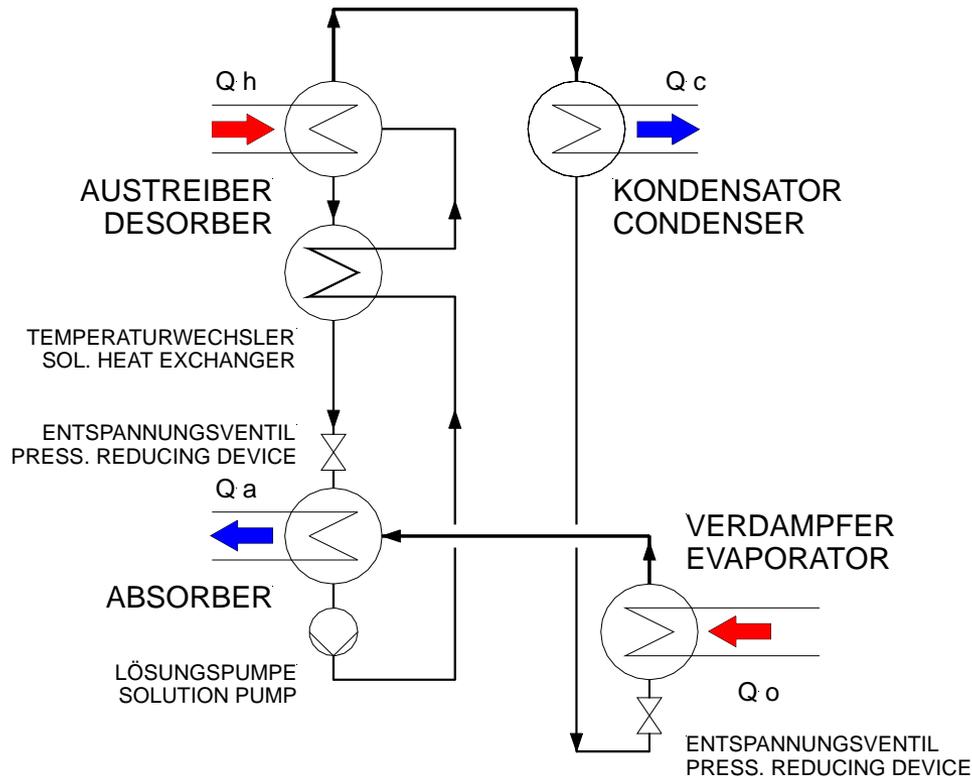
$$\frac{COP(kka)}{COP(aka)} = \frac{Q_0 / N_k}{Q_0 / Q_h} = Q_h / N_k$$

Vergleich mit Kompressions-Kälteanlagen

Vorteile/ Nachteile

	Absorptions-Kälteanlage	Kompressions-Kälteanlage
treibende Energie	thermisch	mechanisch
Kältemittel- verunreinigung	(Wasser) sehr sauber	Kältemaschinenöl häufige Wartung nötig
Heissgas	gesättigt	überhitzt
Geräuschpegel	gering	Schallschutzmaßnahmen notwendig
Aufstellung im Freien	Standard	Gebäude notwendig
Wartung	jährlich	häufig
Anfangsinvestition	hoch	mäßig
Platzbedarf	groß	klein
Energiebedarf	hoch	mäßig

Wärmebilanz



Heizleistung (Q_h)

- Dampf, andere Dämpfe ausreichender Temperatur
- Direkte Beheizung mit Gas oder Heizöl
- Heisswasser, heisse Flüssigkeiten

Wärmeabfuhr ($Q_a + Q_c$)

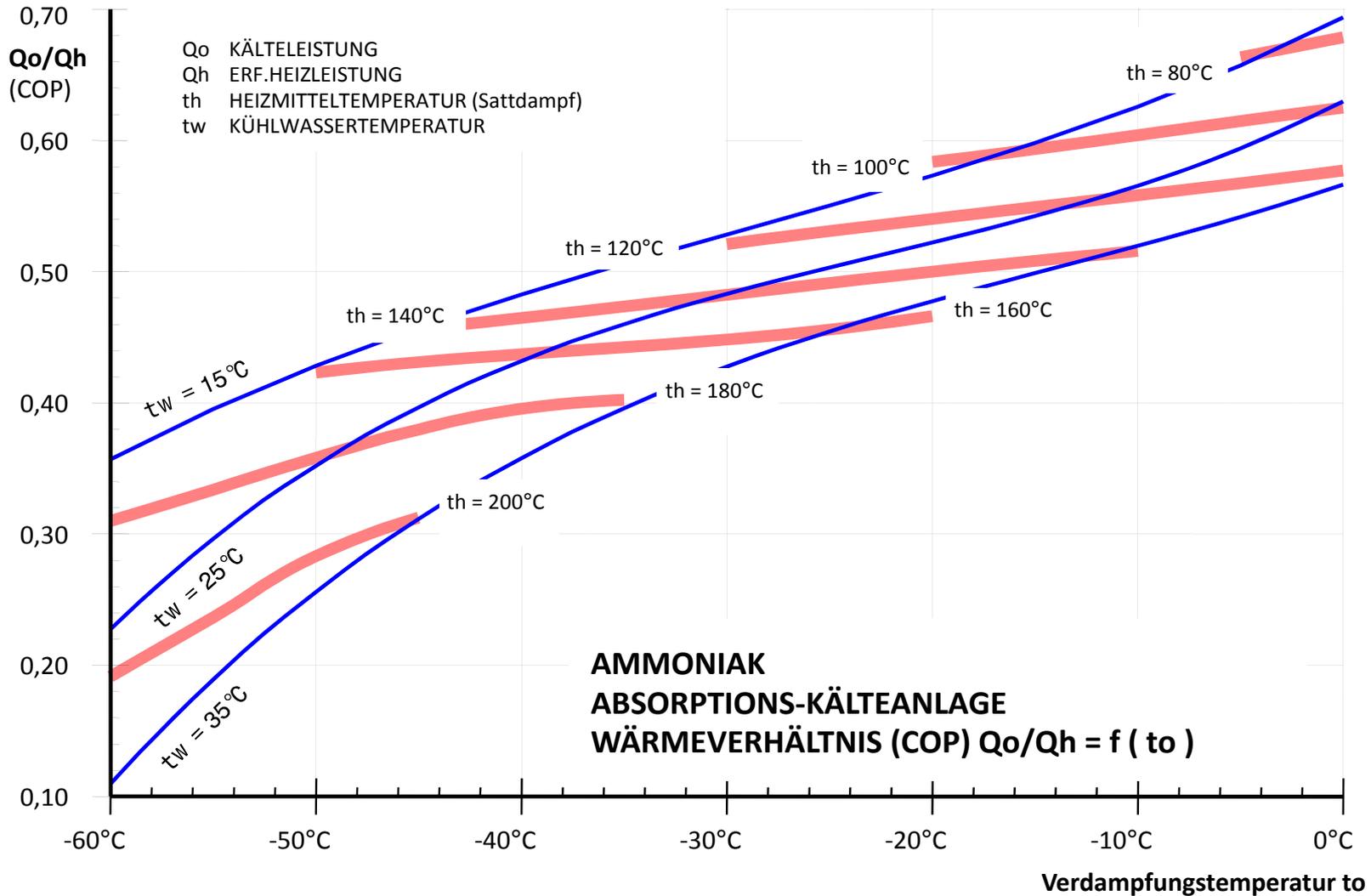
- Wasser (Kühlturmwater, Flusswater, Kaltwater)
- Luftkühlung
- Verdunstungskühlung

$$Q_{in} = Q_o + Q_h$$

$$Q_{out} = Q_a + Q_c$$

$$COP = \frac{Q_o}{Q_h}$$

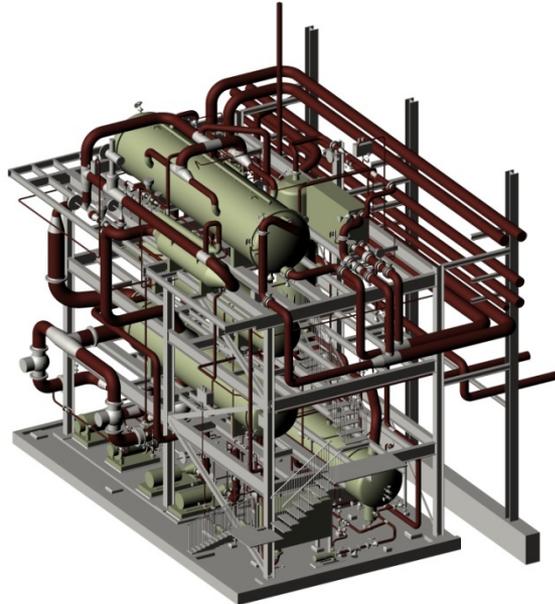
Wärmeverhältnis



Anlagenkomponenten

Benennung	Ausführung	Bemerkung
Austreiber	überfluteter Röhrenkessel Wärmetauscher	beheizt mit Sattedampf
Lösungs-Wärmetauscher	Flüssigkeitswärmetauscher	vollverschweißter Platten-Wärmetauscher
Trennsäule	vertikaler Druckbehälter mit Trennböden	innerer Wärme- und Stoffaustausch
Absorber	horizontaler Rohrbündel Wärmetauscher	wassergekühlt
Nachkühler	Gas/ Flüssigkeitswärmetauscher	optional vollverschweißter Platten-Wärmetauscher
Pumpen Lösungspumpe Refluxpumpe Ammoniak Pumpen	angepasste mehrstufige Kreiselpumpen mit Gleitringdichtungen Spaltrohr Motorpumpe	zwei installierte Pumpen Betriebspumpe Reservepumpe zwei installierte Pumpen Betriebspumpe Reservepumpe
Lösungssammler	horizontaler Druckbehälter mit Einbauten	
Entlüftungseinrichtung	Strahlpumpe mit nachgeschaltetem Abscheider	Erforderlich bei Verdampfungstemperaturen < -30°C (-22°F)
Rohrleitungen, Armaturen, Zubehör	Technische Regeln Rohrleitungen (TRR) PN 25 Flansche Feder/ Nut	Geschweißte Verbindungen bevorzugt, Flanschverbindungen möglichst vermeiden

Ammoniak Absorptions-Kälteanlagen Angepasste Anlagen



Verdampfungstemperatur grad. C	Kälteleistung kW	Bemerkung
0 bis -60 (-65)	Praktisch unbegrenzt, aufgeteilt in parallele Einzelstränge je 10 MW	mehrstufige Anlagen, Luftkühlung möglich, Sondervorschriften

Vordefinierte Ammoniak Absorptions-Kälteanlagen



Benennung Nennkälte- leistung	Ammoniak Verdampfungs- temperatur	Einsatz- bereiche	
Typ AK 100	± 0 bis -30 (-40) $^{\circ}\text{C}$	80 – 150 kW	anschluss- fertig
Typ AK 180	± 0 bis -30 (-40) $^{\circ}\text{C}$	150 – 250 kW	anschluss- fertig
Typ AK 250	± 0 bis -30 (-40) $^{\circ}\text{C}$	200 – 400 kW	anschluss- fertig
Typ AK 400	± 0 bis -30 (-40) $^{\circ}\text{C}$	350 – 500 kW	anschluss- fertig
Typ AK 600	± 0 bis -30 (-40) $^{\circ}\text{C}$	400 – 800 kW	anschluss- fertig
Typ AK 900	± 0 bis -30 (-40) $^{\circ}\text{C}$	700 – 1000 kW	anschluss- fertig 2 Module

Die Nennkälteleistung bezieht sich auf
NH₃-Verdampfungs-temperatur -30°C ,
Satttdampf 5 bar(ü) (ts 160°C),
Kühlwasser Vorlauf 25°C .

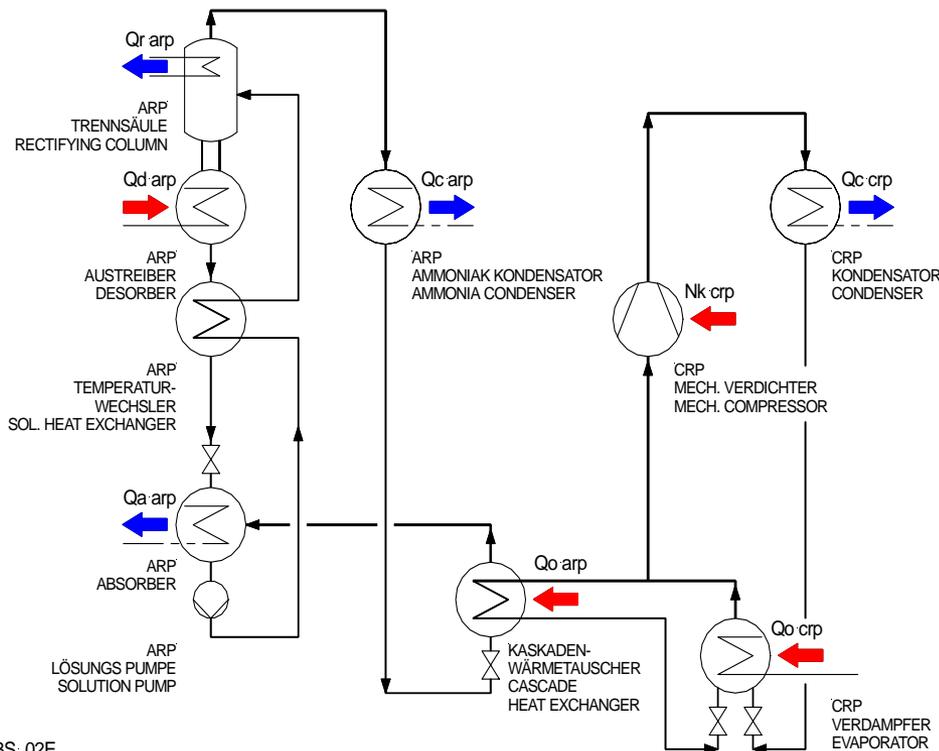
Vordefinierte Ammoniak Absorptions-Kälteanlagen



Benennung Nennkälte- leistung	Ammoniak Verdampfungs- temperatur	Einsatz- bereiche	
Typ AK 1200	± 0 bis -50 (-60) $^{\circ}\text{C}$	800 – 1400 kW	vier Module
Typ AK 1500	± 0 bis -50 (-60) $^{\circ}\text{C}$	1200 – 2000 kW	vier Module
Typ AK 2000	± 0 bis -50 (-60) $^{\circ}\text{C}$	1800 – 3000 kW	vier Module

Die Nennkälteleistung bezieht sich auf
NH₃-Verdampfungs-temperatur -30°C ,
Satttdampf 5 bar(ü) (ts 160°C),
Kühlwasser Vorlauf 25°C .

Parallelschaltung Ammoniak Absorptions-Kälteanlage (AKA)/ Kompressions-Kälteanlage (KKA)



ABS_02E

Die Parallelschaltung der Anlagen bietet sich an, wenn

- ⇒ ein vorhandenes Kompressions-Kältesystem durch eine Absorptions-Kälteanlage erweitert oder ersetzt werden soll,
- ⇒ die Absorptions-Kälteanlage zeitweilig stillgesetzt und nur eine kleine Kälteleistung für die Stillstandszeit (z.B. Wochenende) benötigt wird.

Betriebseigenschaften

- Antrieb durch „billige“ (Ab-) Wärme
- geringer Bedarf an elektrischer Energie
- kleine elektrische Anschlussleistungen
- einfacher Aufbau, einfache Bedienung und Unterhaltung
- Zuverlässigkeit, überlegene Verfügbarkeit,
- günstiges Teillastverhalten bei proportionaler Abnahme der erforderlichen Wärmezufuhr,
- Anspruchslosigkeit im Hinblick auf Ersatzteilbedarf, außer Pumpen keine beweglichen, verschleißbehafteten Maschinen,
- umweltfreundliche Arbeitsstoffe,
- das Kältemittel ist ölfrei,
- geringer Geräuschpegel, keine Vibrationen,
- problemlose Aufstellung im Freien (gilt für Ammoniak Absorptions-Kälteanlagen),
- lange Lebensdauer

Anwendungsbeispiele von Ammoniak Absorptions-Kälteanlagen

- Nahrungsmittelindustrie
 - Brauereien
 - Molkereien
 - Schlachtereien, Fleischverarbeitung
 - Gefriertrocknung, Erzeugung von Temperaturen bis -60°C
 - andere
- Chemie, Petrochemie, Raffinerien
- Abgasnutzung bei thermischer Nachverbrennung, Pyrolyse-Prozessen
- Eigenstromwerzeugung
- Fernwärmenutzung

Schlussbetrachtung

- attraktiv durch Energie- und Betriebskosten
- die eingesetzten Arbeitsstoffe sind ökologisch unbedenklich, CO₂-Emissionen werden reduziert
- einfache Bedienung und Wartung
- lange Lebensdauer

ABER

- höhere Erstinvestitionen
- größerer Platzbedarf