

# Betriebsoptimierung von Kältemaschinen

eicher+pauli  
Planer für Energie- und Gebäudetechnik



## Einsatz von Kältemittel

### Komfort Klimakälteanlagen und Wärmepumpen [Funktion max. 8 Monate/Jahr]

Beispiel-  
Kältemittel

GWP < 1900	zulässig	Luftgekühlt nicht zulässig wenn Kältemittel Menge >0.4 kg/kW oder >0.48 kg/kW mit AWN	nicht zulässig*	R134a, R407C
GWP > 1900	zulässig	Luftgekühlt nicht zulässig wenn Kältemittel Menge >0.18 kg/kW oder >0.22 kg/kW mit AWN	nicht zulässig*	R410A, R427A
	$Q_0 \leq 100 \text{ kW}$	$100 \text{ kW} < Q_0 \leq 600 \text{ kW}$	$Q_0 > 600 \text{ kW}$	

### Klimakälteanlagen und Wärmepumpen (Industrie)

GWP < 1900	zulässig	Luftgekühlt nicht zulässig wenn Kältemittel Menge >0.4 kg/kW oder >0.48 kg/kW mit AWN	nicht zulässig*	R134a, R407C
GWP > 1900	zulässig	Luftgekühlt nicht zulässig wenn Kältemittel Menge >0.18 kg/kW oder >0.22 kg/kW mit AWN	nicht zulässig*	R410A, R427A
	$Q_0 \leq 100 \text{ kW}$	$100 \text{ kW} < Q_0 \leq 400 \text{ kW}$	$Q_0 > 400 \text{ kW}$	

### Polyvalente Systeme [Heizen und Kühlen gleichzeitig] mit $\geq 2$ Luftwärmetauschern

GWP > 1900	zulässig	Luftgekühlt nicht zulässig wenn Kältemittel Menge > 0.37 kg/kW	nicht zulässig*	R410A
	$Q_0 \leq 100 \text{ kW}$	$100 \text{ kW} < Q_0 \leq 600 \text{ kW}$	$Q_0 > 600 \text{ kW}$	

### Klima Systeme VRV-VRF (Heizen-Kühlen)

zulässig	nicht zulässig*
$Q_0 \leq 80 \text{ kW}$ und $VE \leq 40$	$Q_0 > 80 \text{ kW}$ oder $VE > 40$

### Gewerbekälteanlagen

#### Pluskühlung

GWP < 2500	zulässig	nicht zulässig*	R134a
GWP > 2500		nicht zulässig*	R404A
	$Q_0 \leq 40 \text{ kW}$	$Q_0 > 40 \text{ kW}$	

#### Minuskühlung

zulässig	nicht zulässig*
$Q_0 \leq 30 \text{ kW}$	$Q_0 > 30 \text{ kW}$

#### Minuskühlung wenn mit Pluskühlung kombinierbar

zulässig	nicht zulässig*
$Q_0 \leq 8 \text{ kW}$	$Q_0 > 8 \text{ kW}$

## Einsatz von Kältemittel

### Industriekälteanlagen (inkl. Klimakälte und Wärmepumpen)

#### Pluskühlung, Eiswasserkühlung, Kälte Träger, Kaltwasserkühlung

GWP < 1900	zulässig	Luftgekühlt nicht zulässig wenn Kältemittel Menge >0.4 kg/kW oder >0.48 kg/kW mit AWN	nicht zulässig*	R134a, R407C
GWP > 1900	zulässig	Luftgekühlt nicht zulässig wenn Kältemittel Menge >0.18 kg/kW oder >0.22 kg/kW mit AWN	nicht zulässig*	R410A, R427A
	$Q_0 \leq 100 \text{ kW}$	$100 \text{ kW} < Q_0 \leq 400 \text{ kW}$	$Q_0 > 400 \text{ kW}$	

#### Tiefkühlung, Froster

zulässig	nicht zulässig*
$Q_0 \leq 100 \text{ kW}$	$Q_0 > 100 \text{ kW}$

### Alle Anwendungen (Klimakälte-Gewerbekälte-Industriekälte)

#### Luftgekühlt

GWP > 4000	Luftgekühlte Verflüssiger nicht zulässig
	$Q_0 > 0 \text{ kW}$

#### Direkte Verdampfung

zulässig	Direkte Verdampfung nicht zulässig, Kälte Trägerkreislauf erforderlich
$Q_0 \leq 80 \text{ kW}$ oder $LK < 3$	$Q_0 > 80 \text{ kW}$ und $LK \geq 3$

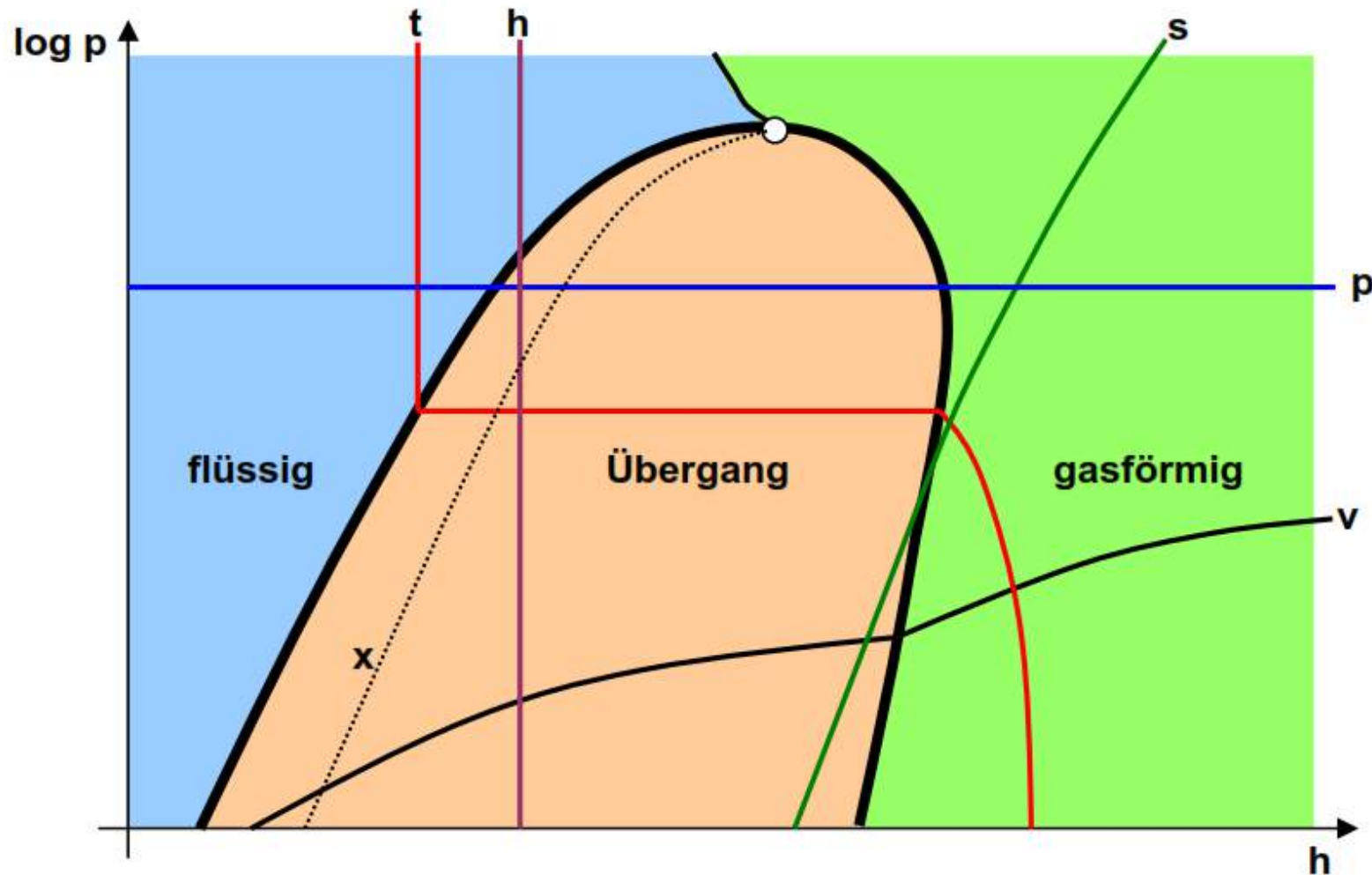
#### In der Luft nicht stabile Kältemittel

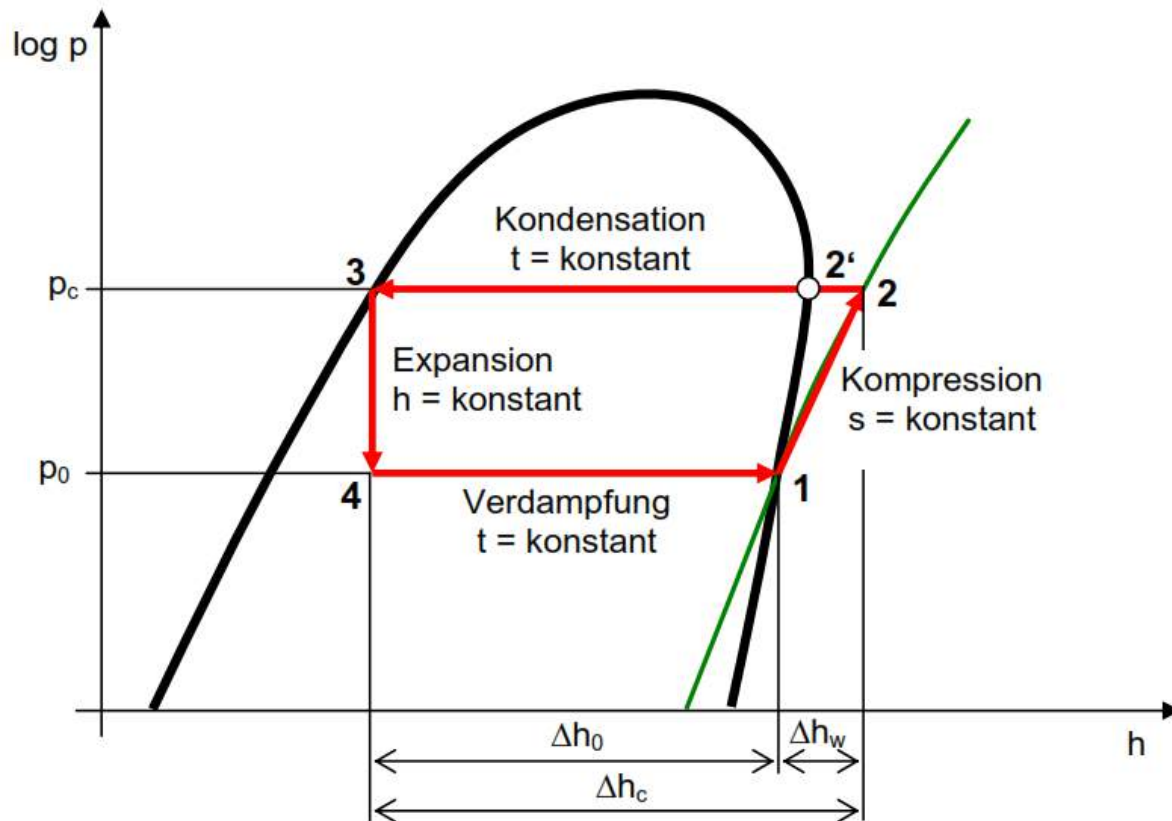
In der Luft nicht stabile Kältemittel zulässig unter Beachtung von SN-EN378 und Störfallverordnung	NH <sub>3</sub> , Propan, CO <sub>2</sub> , HFO
	$Q_0 > 0 \text{ kW}$

Funktionsweise einer Wärmepumpe / Kältemaschine

# BO von Kältemaschinen / WP

Grundzüge des  $h, \log p$  Diagramm





1-2 Isentrope Verdichtung mit Überhitzung  
Die Überhitzungstemperatur liegt dabei weit über der Verflüssigungstemperatur.

2 -2' Wärmeabgabe des überhitzten Kältemittels. Dabei wird die Überhitzungswärme an das zu erwärmende Medium abgegeben, wobei das Kältemittel immer noch gasförmig bleibt.

2' -3 *isobare Verflüssigung*  
Abgabe der Verflüssigungswärme an das zu erwärmende Medium.

3 -4 Entspannung bei konstanter Enthalpie  
Das Kältemittel wird auf den Verdampfungsdruck entspannt.

4 -1 isobare Verdampfung  
Die Verdampfungsenergie wird dem zu kühlenden Medium entzogen.

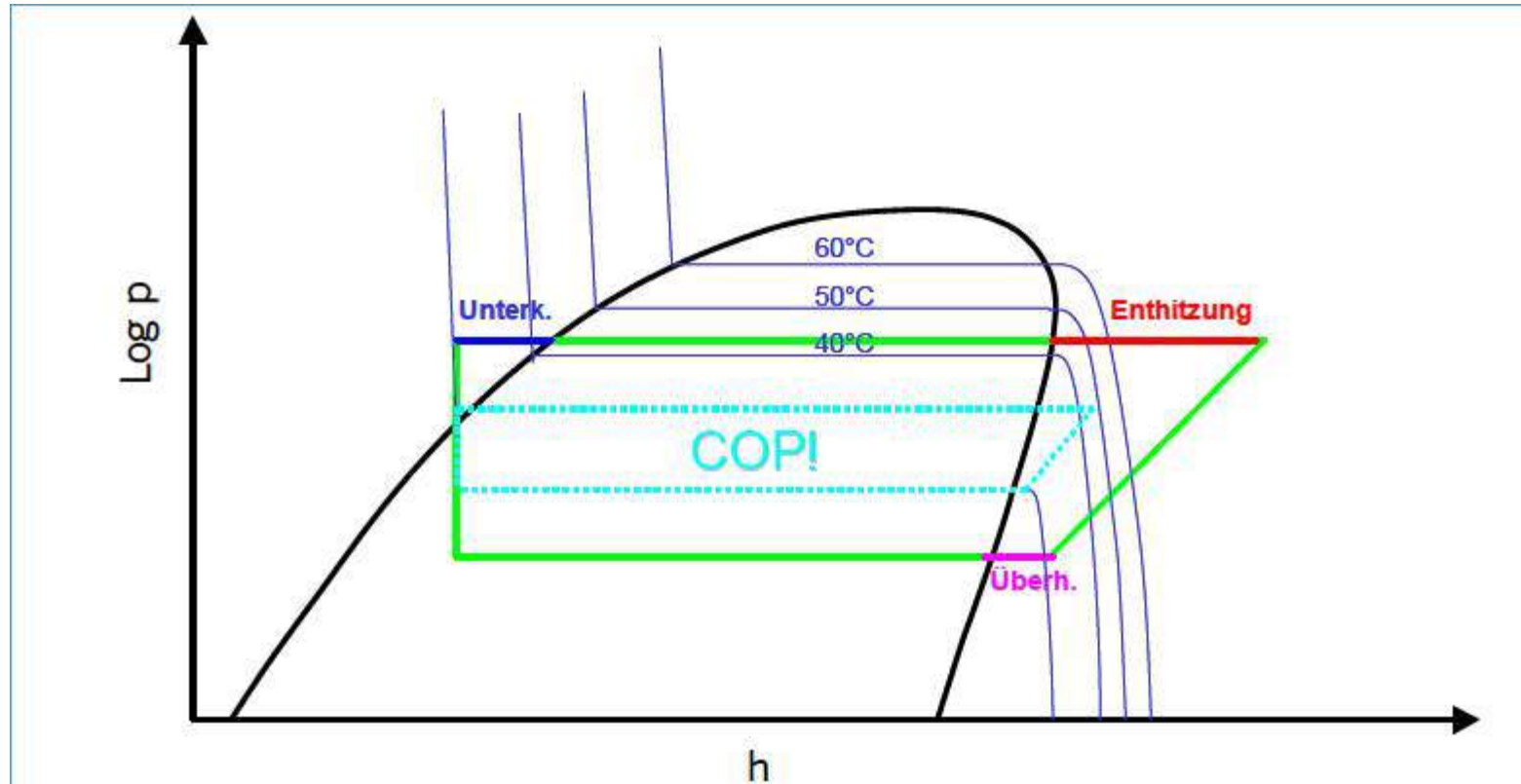
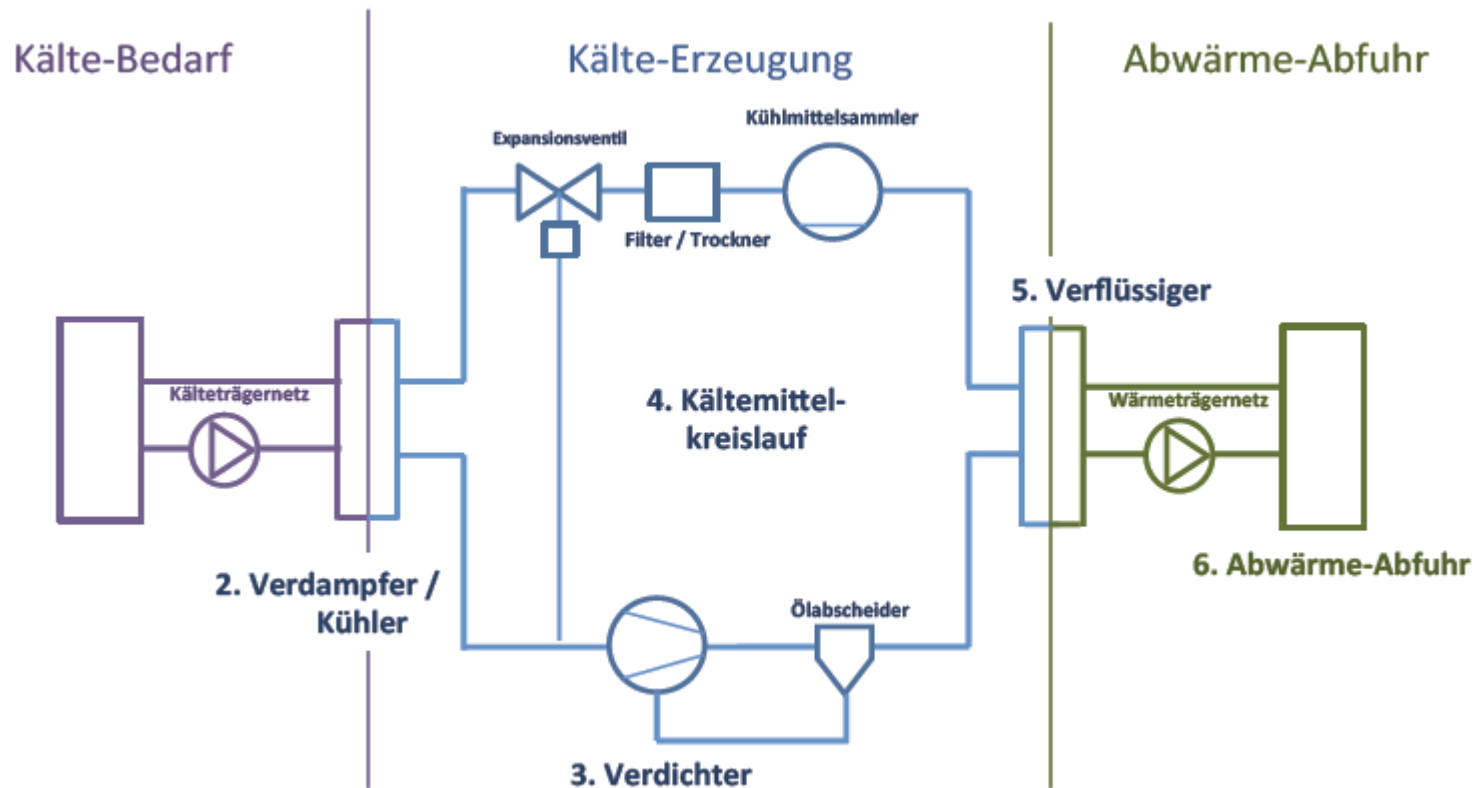


Abbildung 4: Kältekreislauf mit und ohne Überhitzung

Abbildung 4 zeigt einen Kältekreislauf mit Überhitzung nach dem Verdampfer und mit Unterkühlung nach dem Verflüssiger. Würde man auf beides verzichten, so könnte theoretisch der mit gestrichelten Linien angedeutete Kreislauf realisiert werden, wenn auch die Wärmeaustauscher für diesen Kreislauf wesentlich größer ausfallen müssten.

## Kältekreislauf



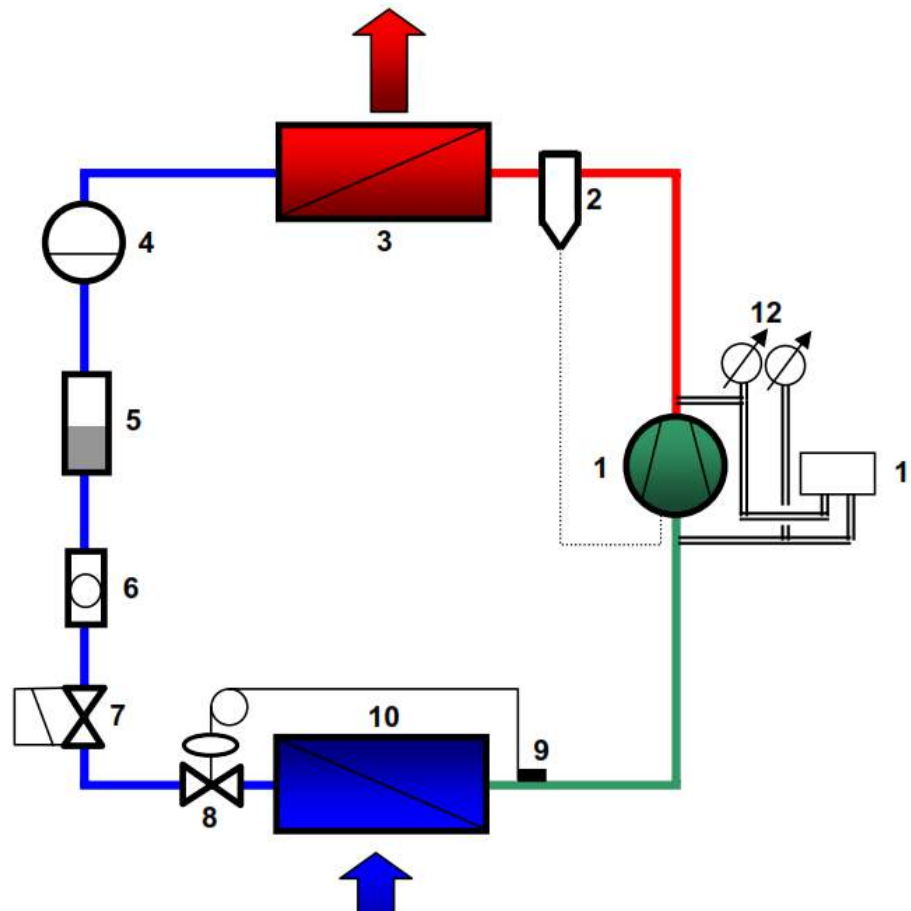


## Kreislauf mit wesentlichen Komponenten

- 1 Verdichter
- 2 Ölabscheider ev.
- 3 Kondensator
- 4 Flüssigkeitssammler
- 5 Filtertrockner
- 6 Schauglas
- 7 Magnetventil
- 8 Expansionsventil
- 9 Kapillarfühler
- 10 Verdampfer

- Heissgasleitung
- Flüssigkeitsleitung
- Kaltgasleitung
- - - Ölrückführleitung

- 11 HD/ND-Pressostat
- 12 HD/ND-Manometer



## Carnot Wirkungsgrad zum abschätzen des COP

Kältemaschine:

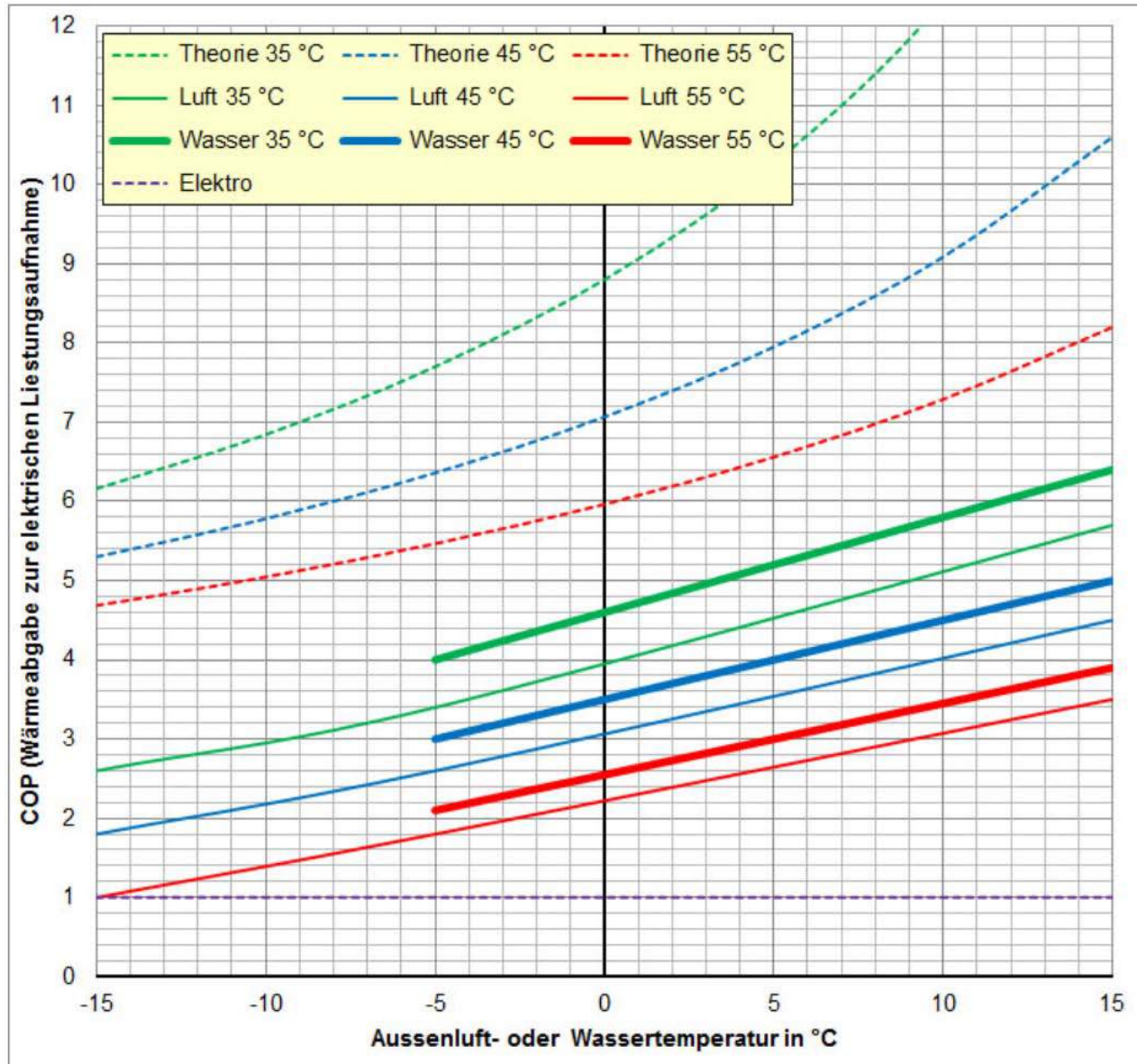
$$\varepsilon_{CK} = \frac{q_0}{w} = \frac{T_0}{T_c - T_0}$$

Wärmepumpe:

$$\varepsilon_{CW} = \frac{q_c}{w} = \frac{T_c}{T_c - T_0}$$

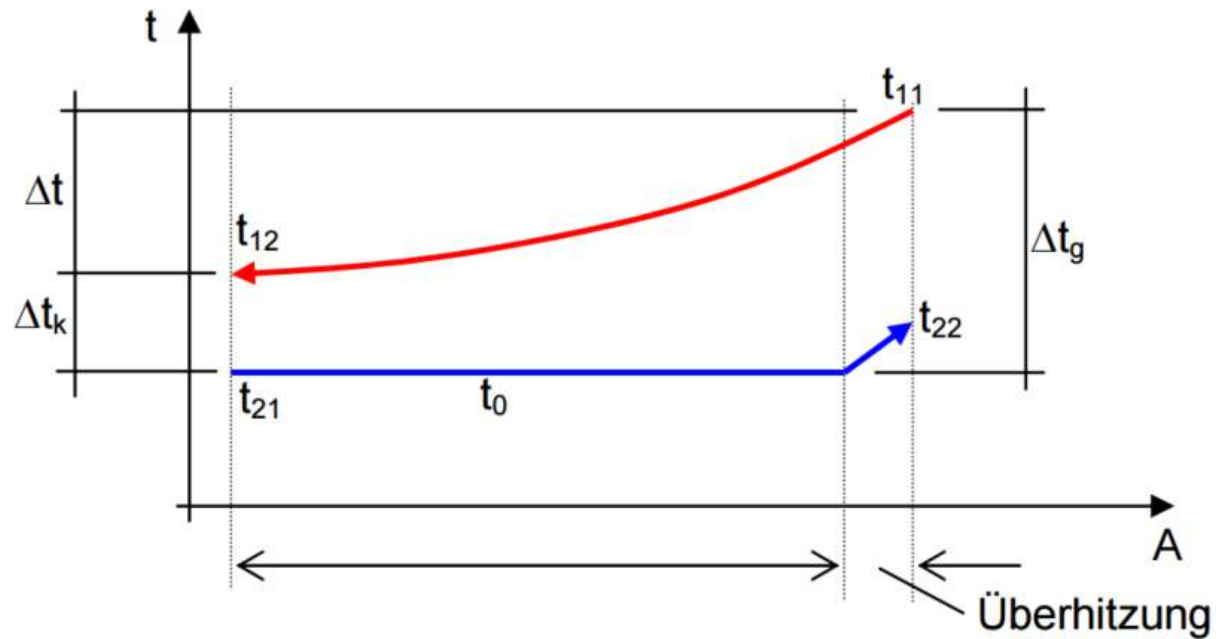
Wärmequelle	Gütegrad $\eta$
Umgebungsluft	0.35
Erdwärme (Erdwärmesonden)	0.45
Wasser (Grund-, Fluss-, Seewasser)	0.50

# BO von Kältemaschinen / WP

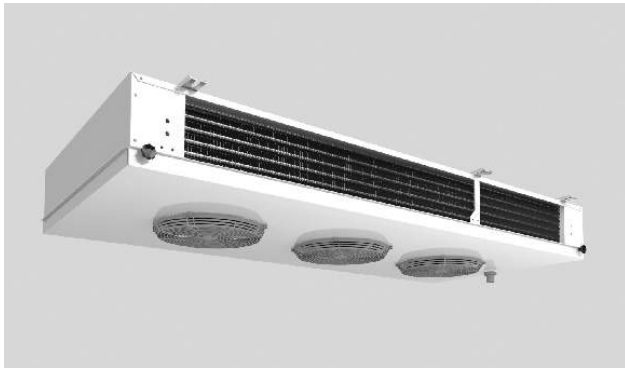


## Verdampfer

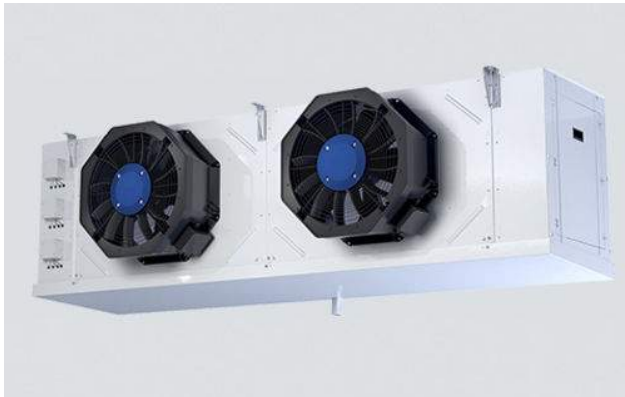
Temperaturverläufe:



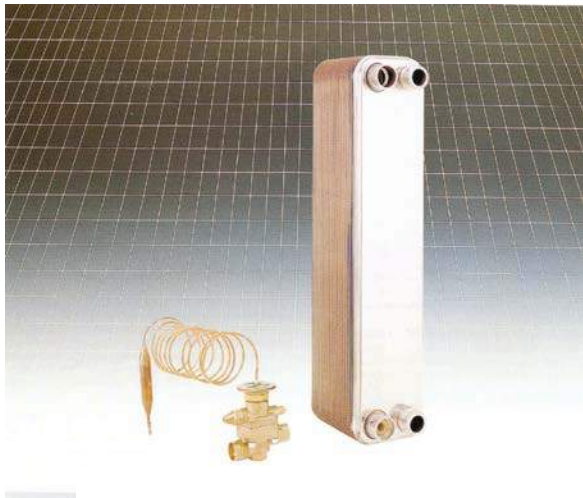
## Verdampfer Luft (Industrie, Gewerbliche Kälte)



Direktverdampfer (Luft – Kältemittel) werden heute nur noch in kleinen Leistungen eingesetzt.



## Verdampfer Wasser



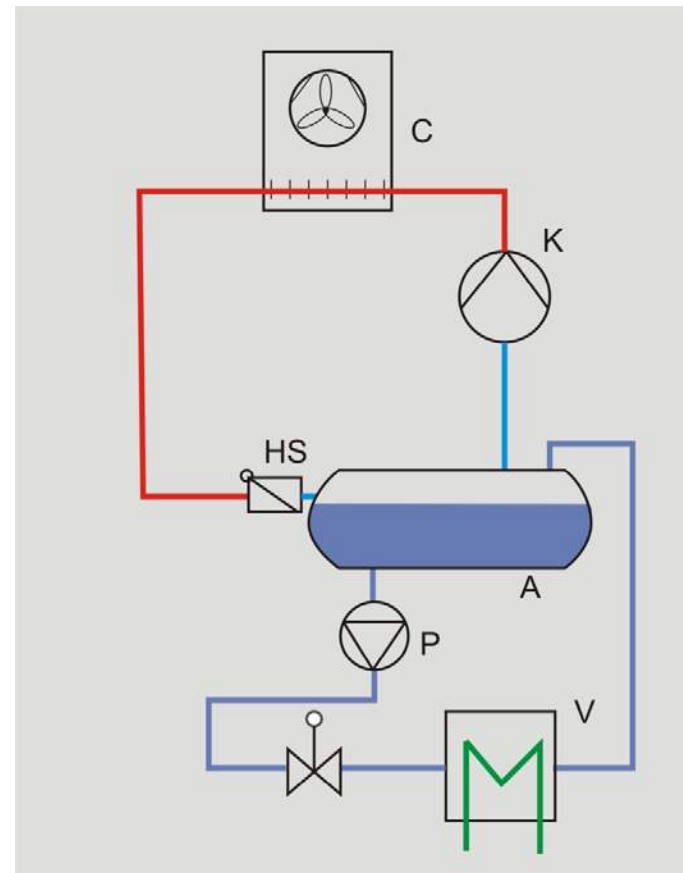
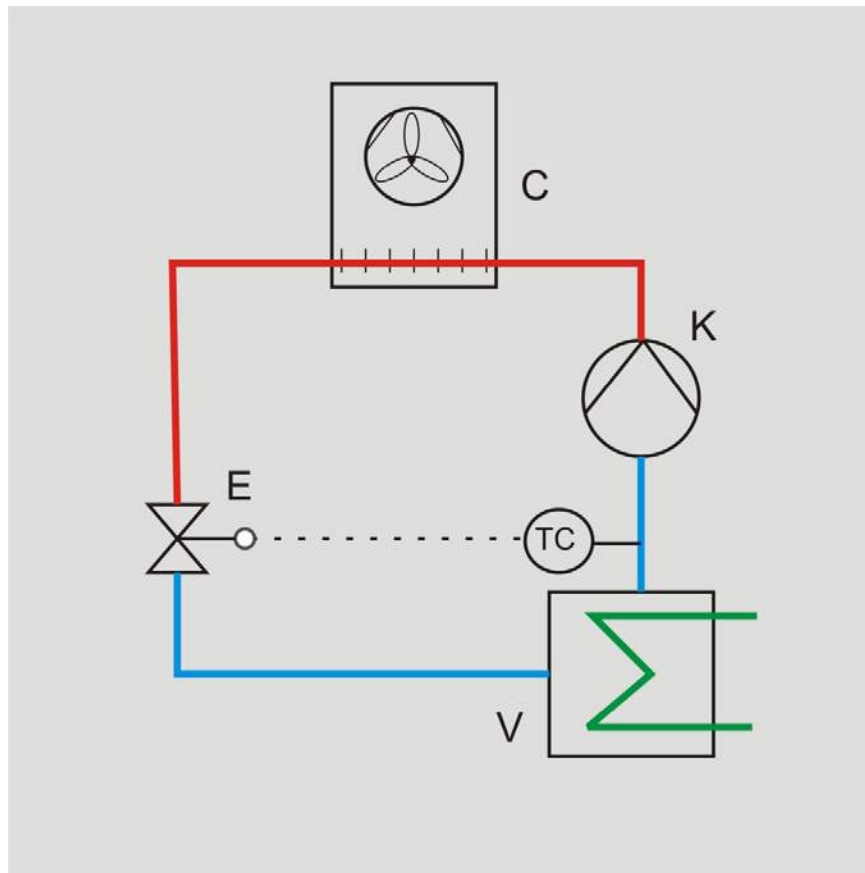
Platten und Rohrbündelwärmetauscher werden heute am häufigsten eingesetzt.

Folgende Punkte sind zu beachten:

- Trockener / überfluteter Betrieb
- Dimensionierung
- Druckverlust
- Vereisung Problematik
- Verschmutzung



## Trockene Verdampfung / überflutete Verdampfung



## Einflüsse auf die Verdampfungstemperatur

Wie bei allen Wärmetauscher ist ein möglichst kleiner Temperaturverlauf angestrebt. Folgende Einflussfaktoren spielen dabei eine wichtige Rolle:

$$Q=A*k*dT$$

Entsprechend ist die Fläche ein entscheidender Faktor. Dies wirkt sich auch auf den primärseitigen Druckverlust aus. Kältemaschinen mit einem grossen wasserseitigen Druckverlust haben meist auch einen schlechteren Wirkungsgrad.

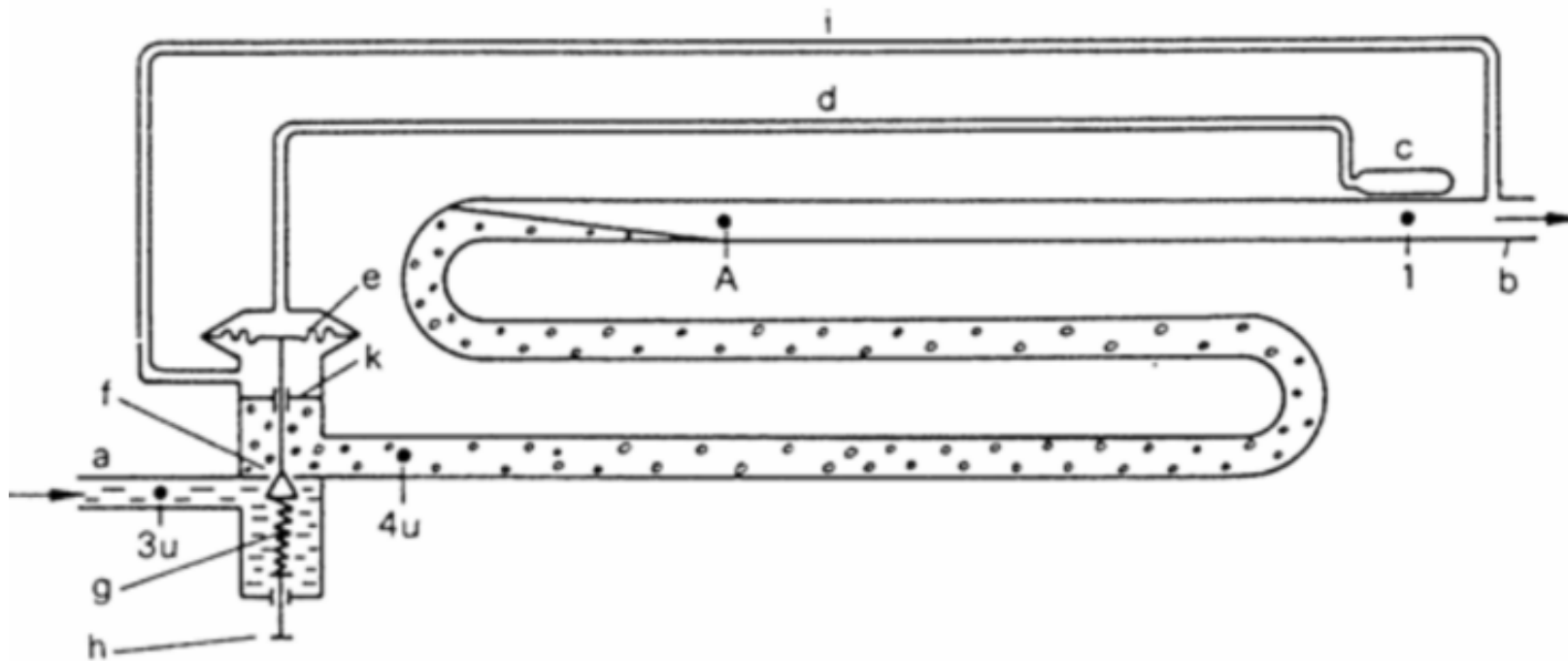
Allfällige Verschmutzungen in den Wärmetauschern wirken sich negativ auf die Verdampfungstemperatur aus.

Rücklauftemperatur bei Kälteträgern Systemen.

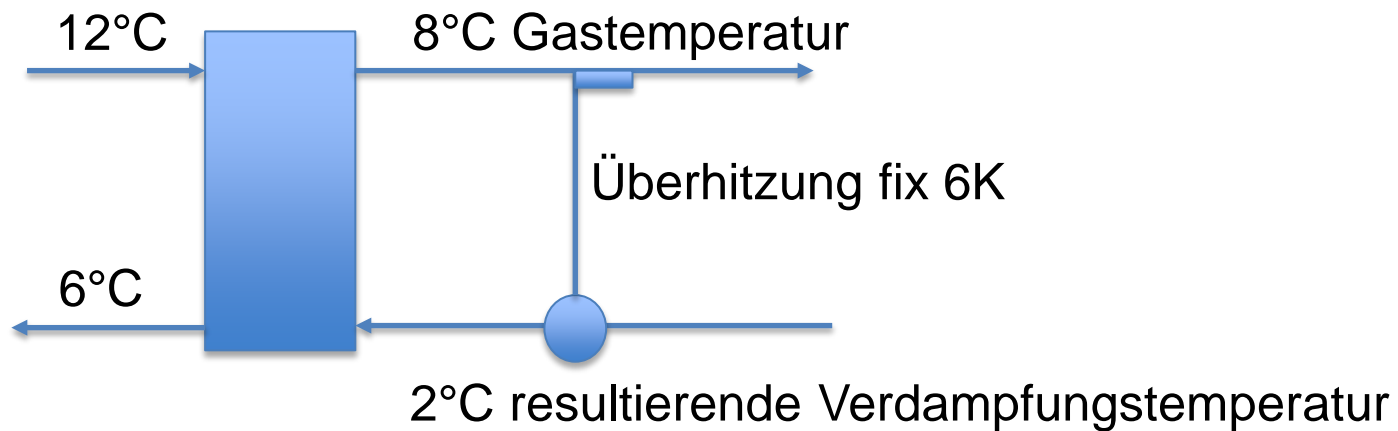




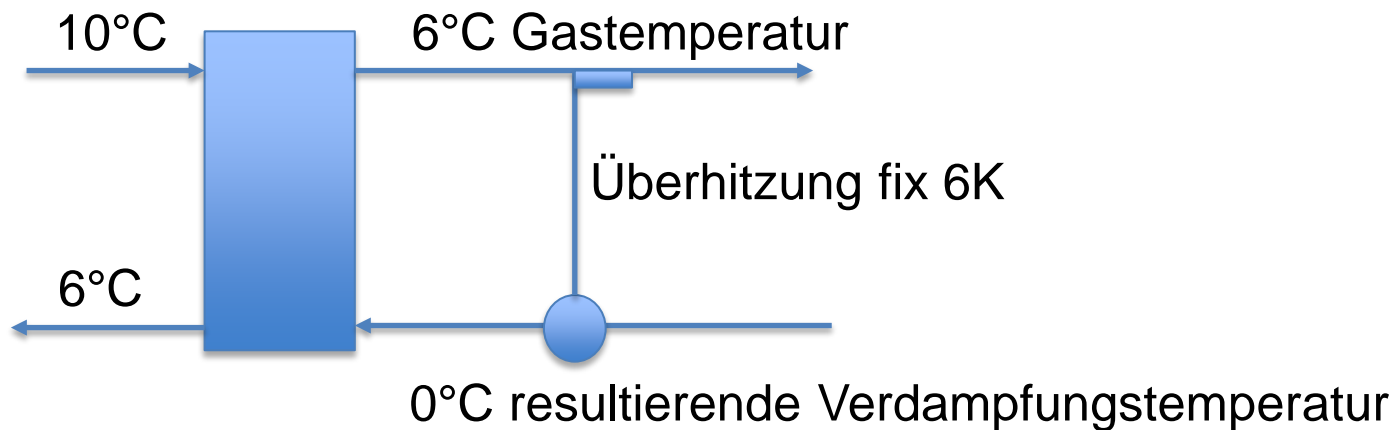
## Funktionsweise eines Expansionsventils



## Einfluss der Rücklauftemperatur beim Verdampfer



## Einfluss der Rücklauftemperatur beim Verdampfer



## Minimaler Temperaturhub bei Kältemaschinen

Show Overview

Semi-hermetic Reciprocating Compressors

Modus: Refrigeration and Air con

Kältemittel: R134a

Bezugstemperatur: Dew point temp

Verdichterart: Single Compressor

Baureihe: Standard

Motorversion: all

Verdichtervahl: 16 kW

Verdichtertyp:  Kälteleistung

incl. frühere Typen

Betriebspunkt Verdampfung: 2 °C

Verflüssigung: 17 °C

Betriebsbedingungen

Liq. subc. (in condenser): 2 K

Suct. gas superheat: 5 K

Nutzbare Überhitzung: 100 %

Betriebsart: Auto

Leistungsregelung:  ohne

Externer FU: Auto

CR II: Auto

Gestuft: 100%

Netzversorgung

Netzfrequenz: 50Hz

Netzspannung: Standard (400V)

4FES-3Y

Show Overview

Semi-hermetic Reciprocating Compressors

Modus: Refrigeration and Air con

Kältemittel: R134a

Bezugstemperatur: Dew point temp

Verdichterart: Single Compressor

Baureihe: Standard

Motorversion: all

Verdichtervahl: 16 kW

Verdichtertyp:  Kälteleistung

incl. frühere Typen

Betriebspunkt Verdampfung: 2 °C

Verflüssigung: 16 °C

Betriebsbedingungen

Liq. subc. (in condenser): 2 K

Suct. gas superheat: 5 K

Nutzbare Überhitzung: 100 %

Betriebsart: Auto

Leistungsregelung:  ohne

Externer FU: Auto

CR II: Auto

Gestuft: 100%

Netzversorgung

Netzfrequenz: 50Hz

Netzspannung: Standard (400V)

Result Limits Technical Data Dimensions Information Documentation Trainings

Discharge gas temperature at least 20K (36°F) above condensing temperature  
\*According to EN12900 (20°C suction gas temp., 0K liquid subcooling)

Compressor	4FES-3Y-40S	4EES-4Y-40S
Capacity steps	100%	100%
Cooling capacity	13,11 kW	16,58 kW
Cooling capacity *	12,95 kW	16,37 kW
Evaporator capacity	13,11 kW	16,58 kW
Power input	1,55 kW	1,88 kW
Current (400V)	4,37 A	4,26 A
Voltage range	380-420V	380-420V
Condenser Capacity	14,67 kW	18,45 kW
COP/EEER	8,45	8,84
COP/EEER *	8,35	8,73
Mass flow	257 kg/h	325 kg/h
Operating mode	Standard	Standard
Discharge gas temp. w/o cooling	35,1 °C	34,1 °C

27.09.2017 09:37:07

Result Limits Technical Data Dimensions Information Documentation Trainings

Out of application ranges (see Limits)! Min. condensation: 17,0 °C [32]

## Minimaler Temperaturhub bei Kältemaschinen

Show Overview

Semi-hermetic Reciprocating Compressors

Modus: Refrigeration and Air con

Kältemittel: R134a

Bezugstemperatur: Dew point temp

Verdichterart: Single Compressor

Baureihe: Standard

Motorversion: all

Verdichterwahl

Kälteleistung: 16 kW

Verdichtertyp

incl. frühere Typen

Betriebspunkt

Verdampfung: -12 °C

Verflüssigung: 10 °C

Betriebsbedingungen

Liq. subc. (in condenser): 2 K

Suct. gas superheat: 5 K

Nutzbare Überhitzung: 100 %

Betriebsart: Auto

Leistungsregelung

ohne

Externer FU: Auto

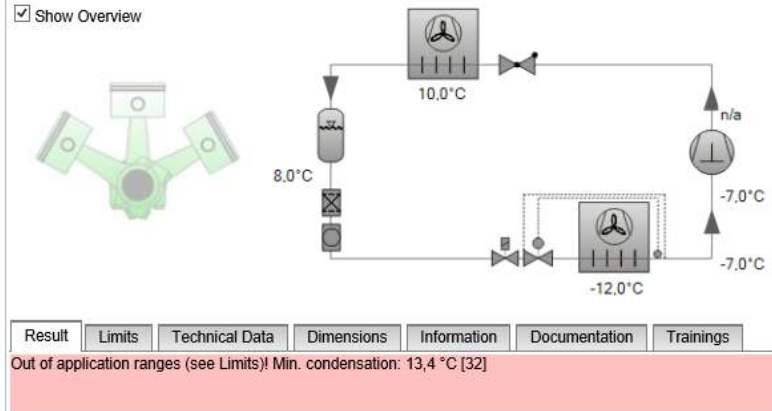
CR II: Auto

Gestuft: 100%

Netzversorgung

Netzfrequenz: 50Hz

Netzspannung: Standard (400V)



Woran erkennt man dass bei einer gewerblichen Kältemaschinen die Verdampfer in den Kühlräumen nicht mehr richtig funktionieren?

## Testfragen

Woran erkennt man dass bei einer gewerblichen Kältemaschinen die Verdampfer in den Kühlräumen nicht mehr richtig funktionieren?

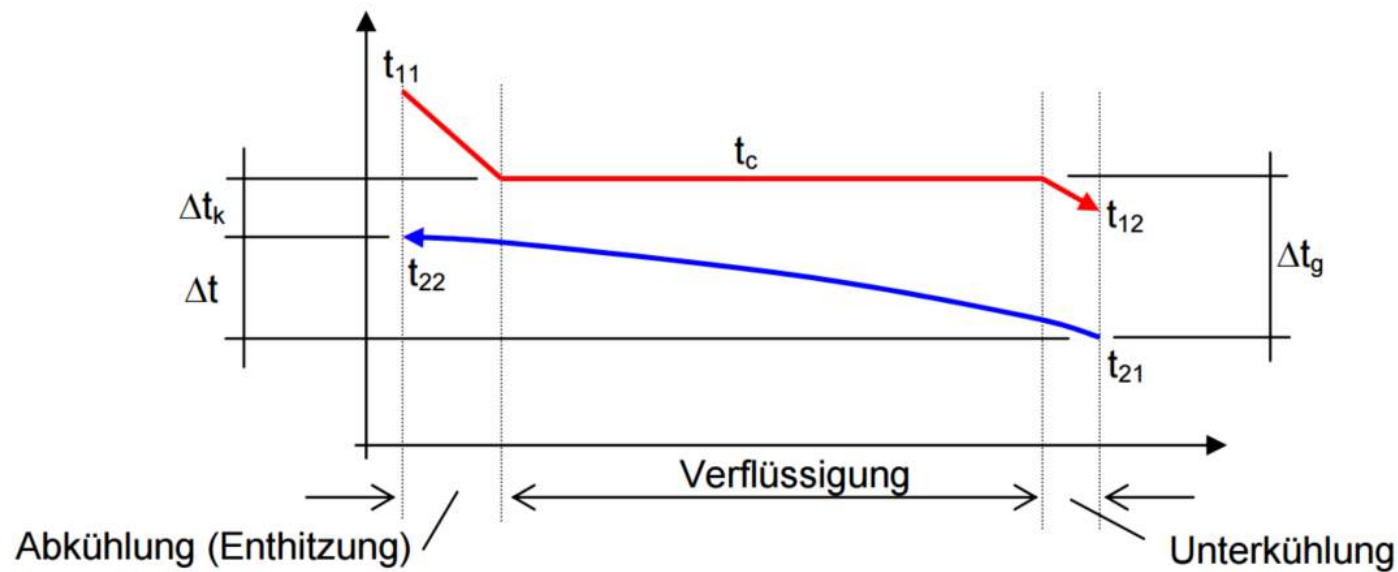
- Sichtkontrolle Verschmutzung / Vereisung
- Kältemittelfüllung (Schauglas)



- Sichtkontrolle Ventilator
- Temperaturen werden nicht mehr erreicht (Leistungsregelung der Maschine anhand der Verdampfungstemperatur)

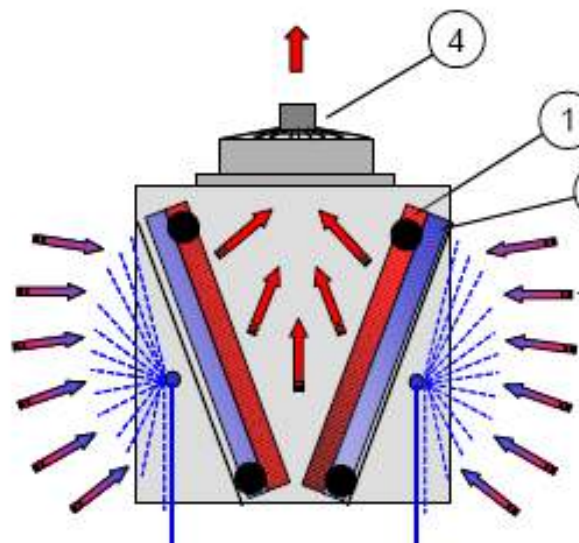
## Verflüssiger / Kondensator

Temperaturverläufe:





## Verflüssiger / Kondensator / Rückkühler



Folgende Punkte sind zu beachten:

- Abschottung der Ventilatoren
- Drehzahlregelung oder Ventilator Abschaltung
- Reinigung der Lamellen
- Kurzschluss Warm / Kalt

## Verflüssiger / Kondensator



Folgende Punkte sind zu beachten:

- Anschluss der Wasserseite
- Dimensionierung
- Druckverlust
- Verschmutzung

## Einflüsse auf die Verflüssigungstemperatur

Wie bei allen Wärmetauscher ist ein möglichst kleiner Temperaturverlauf angestrebt. Folgende Einflussfaktoren spielen dabei eine wichtige Rolle:

$$Q=A*k*dT$$

Entsprechend ist die Fläche ein entscheidender Faktor. Dies wirkt sich auch auf den primärseitigen Druckverlust aus. Kältemaschinen mit einem grossen wasserseitigen Druckverlust haben meist auch einen schlechteren Wirkungsgrad.

Allfällige Verschmutzungen in den Wärmetauschern wirken sich negativ auf die Verflüssiger Temperatur aus.

**Was können die Ursachen von Hochdruckstörungen bei einer Kältemaschine sein?**

### Was können die Ursachen von Hochdruckstörungen bei einer Kältemaschine sein?

- Kondensator verschmutzt, verkalkt, verstaubt
- Sichtkontrolle Ventilator
- Umwälzpumpe defekt, blockiert (klassisch bei Wärmepumpen nach der Sommerpause)













<https://www.energieschweiz.ch/home.aspx?p=17542,17547,17548,17837>

# Der 5-Schritte-Check

## So schöpfen Sie das Sparpotenzial bei Ihrer Kälteanlage mit geringem Aufwand aus!

Auch gut geführte Betriebe verbrauchen oft zu viel Energie für die Kälteanlage. Es lohnt sich für Sie, etwas dagegen zu tun. Denn wer Energie spart, senkt die Betriebskosten. Nutzen Sie diese Chance! Der 5-Schritte-Check hilft Ihnen, Ihre Kälteanlage mit geringem Aufwand zu optimieren.

Der 5-Schritte-Check zeigt Ihnen ausgewählte Massnahmen, die sich in der Praxis bewährt haben und die sich finanziell auszahlen. Mit dem Check legen Sie ein solides Fundament für eine erfolgreiche Optimierung. Je nach Betrieb und Situation lohnt es sich, zusätzliche Massnahmen umzusetzen.

Alle vorgeschlagenen Massnahmen des Energie-Checks weisen grundsätzlich ein gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis auf. In der Checkliste beschreiben Sterne das Energiesparpotenzial – wie viel kWh können mit einer Massnahme gespart werden (\*\*\*\* ein grosses, \* ein kleines Einsparpotenzial). Diese Einschätzung soll Ihnen beim Entscheid helfen, welche Massnahmen Sie zuerst umsetzen wollen.

### Ziehen Sie externe Kältefachleute bei und lassen Sie sich beraten

Viele Optimierungsmassnahmen kann eine technisch und handwerklich versierte Person aus Ihrem Betrieb durchführen. Es lohnt sich jedoch nicht immer, dass sich diese Person alles Spezialistenwissen aneignet.

Ziehen Sie daher gezielt auch ausgewiesene Fachpersonen bei. Diese sollen Ihnen die Massnahmen umsetzen, die Sie in Ihrem Unternehmen nur selten selbst durchführen.

Dies gilt vor allem auch für Massnahmen, die eine besondere fachliche Befähigung verlangen – zum Beispiel beim Umgang mit Kältemitteln.

Führen Sie den Kälte-Check jährlich einmal durch – er deckt in 5 Schritten die folgenden Bereiche ab:



Der 5-Schritte-Check ist so aufgebaut, dass Sie ihn unabhängig von der Branche oder der Grösse Ihres Unternehmens nutzen können. Haben Sie beispielsweise keine Kühlmöbel, überspringen Sie den Check 2. Je nach Organisation Ihres Unternehmens und abhängig von Ihrem Wissensstand ist es sinnvoll, dass Sie als Kälteverantwortlicher die Checkliste intern durchgehen oder aber mit Unterstützung durch eine externe Fachperson.

### So arbeiten Sie mit dem 5-Schritte-Check

- > Besprechen Sie beim nächsten Kontakt mit Ihrer Kältefachperson (z.B. anlässlich eines Services) diese Checkliste.
- > Fixieren Sie einen Tag, an dem Sie den 5-Schritte-Check durchführen.
- > Gehen Sie den Check Punkt für Punkt durch. Sie können die geprüften Punkte abhaken und den festgestellten Handlungsbedarf festhalten.
- > Ziehen Sie bei Massnahmen, bei denen Sie unsicher sind, eine Fachperson zu.
- > Geben Sie sich einen Termin vor, bis wann Sie die Punkte mit Handlungsbedarf umsetzen wollen, und tragen Sie die Termine auch in Ihren Jahreskalender oder in Ihre elektronische Agenda ein.
- > Unter Bemerkungen können Sie allfällige Hinweise, Begründungen, Angaben zum notwendigen Material etc. festhalten.
- > Wiederholen Sie den Kälte-Check im nächsten Jahr.

# Kältebedarf reduzieren

## 1. Kühlraum-Check

■ Wir haben keinen Kühlraum. Der Check entfällt.

Massnahme	Potenzial	wurde geprüft	Handlungsbedarf	wird erledigt bis	Bemerkungen
<b>1.1 Kontrolle der Türen</b> Überprüfen Sie, ob die Türen dicht schliessen. Sind Gummidichtungen beschädigt oder Magnetbänder unterbrochen und abgerissen, lassen Sie diese ersetzen.	**	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Gummidichtungen ersetzen <input type="checkbox"/> Magnetbänder ersetzen <input type="checkbox"/> .....	..... ..... .....	..... ..... .....
<b>1.2 Kontrolle Licht</b> Wird das Licht von den Mitarbeitenden konsequent gelöscht? Falls dies nicht der Fall ist, instruieren Sie die Mitarbeitenden > Mitarbeiterinformation zum Kühlraum abgeben  Prüfen Sie, ob das Nachrüsten eines Bewegungsmelders möglich ist. Beachten Sie, dass der Kältemonteur weiterhin die Möglichkeit haben muss, das Licht mit einem Schalter fix einzuschalten (Sicherheit).	**	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Mitarbeitende instruieren <input type="checkbox"/> Bewegungsmelder nachrüsten <input type="checkbox"/> .....	..... ..... .....	..... ..... .....
<b>1.3 Kühler reinigen</b> Prüfen Sie die Verschmutzung des Kühlers und reinigen Sie diesen bei Bedarf. > Leitfaden Kälteanlagen, Massnahme 1: Reinigung	**	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Reinigung selber durchführen <input type="checkbox"/> Spezialisierte Firma für die Reinigung organisieren <input type="checkbox"/> .....	..... ..... .....	..... ..... .....
<b>1.4 Lamellen am Kühler neu ausrichten</b> Prüfen Sie, ob die Lamellen am Kühler (Wärmetauscher) verbogen sind. Richten Sie diese bei Bedarf neu aus. > Leitfaden Kälteanlagen, Massnahme 1: Reinigung	**	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Ausrichtung selber durchführen <input type="checkbox"/> Spezialisierte Firma organisieren <input type="checkbox"/> .....	..... ..... .....	..... ..... .....

### Kälte in Produktions- und Fertigungsprozessen optimieren

Auch in gut eingespielten Produktions- und Fertigungsprozessen findet man Optimierungsmöglichkeiten. Vielleicht benötigt der Prozess nach einer Änderung des Produktionsablaufes statt der ursprünglich  $-12\text{ °C}$  kalten Luft nur noch Luft von  $-6\text{ °C}$ . Darum lohnt es sich, regelmässig die Prozesse zu prüfen und kältetechnisch zu optimieren.

1. Prüfen Sie, ob die Kühlanwendung noch benötigt wird. Schalten Sie nicht genutzte Kühlanwendungen konsequent aus.
2. Stellen Sie die Temperatur so tief wie notwendig und so hoch wie möglich ein. Pro Grad C zu tief eingestellte Temperatur erhöht sich der Energieaufwand um 3%.
3. Überprüfen Sie die Temperaturdifferenzen im System (siehe auch Leitfaden Kälteanlagen, Information Temperaturdifferenzen bei Wärmetauschern).
4. Prüfen Sie, ob der Kühler die Luft frei ansaugen kann (siehe Leitfaden Kälteanlagen, Massnahme 5: Optimierung der Steuerung der Ventilatoren).

# Kältebedarf reduzieren

## 2. Kühlmöbel-Check (Vitrinen, Truhen, Schränke ...)

■ Wir haben keine Kühlmöbel. Der Check entfällt.

Massnahme	Potenzial	wurde geprüft	Handlungsbedarf	wird erledigt bis	Bemerkungen
<b>2.1 Kontrolle der Türen</b> Überprüfen Sie, ob die Türen dicht schliessen. Sind Gummidichtungen beschädigt oder Magnetbänder unterbrochen und abgerissen, lassen Sie diese ersetzen.	**	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Gummidichtungen ersetzen <input type="checkbox"/> Magnetbänder ersetzen <input type="checkbox"/> .....	..... ..... .....	..... ..... .....
<b>2.2 Auslässe der Lüftungsanlage kontrollieren</b> Prüfen Sie, ob die Auslässe der Lüftungsanlage korrekt eingestellt sind: Sie müssen so eingestellt sein, dass sie die Zuluft nicht direkt ins Kühlmöbel blasen.	****	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Lüftungsauslässe neu ausrichten <input type="checkbox"/> Luftströme mit Rauchtest analysieren lassen	..... .....	..... .....
<b>2.3 Kontrolle der mobilen Kühlmöbel</b> Stellen Sie sicher, dass die mobilen Kühlmöbel (z.B. Aktionstruhen) so aufgestellt sind, dass keine warme Abluft von anderen Kühlgeräten angesaugt wird.	***	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Truhen drehen oder umplatzieren <input type="checkbox"/> .....	..... .....	..... .....
<b>2.4 Verflüssiger (Kondensator) reinigen</b> Prüfen Sie die Verschmutzung der Verflüssiger und reinigen Sie diese bei Bedarf. > Leitfaden Kälteanlagen, Massnahme 1: Reinigung	***	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Verflüssiger reinigen <input type="checkbox"/> Spezialisierte Firma für die Reinigung organisieren <input type="checkbox"/> .....	..... ..... .....	..... ..... .....
<b>2.5 Verdampfer (Kühler) reinigen</b> Prüfen Sie die Verschmutzung der Kühler und reinigen Sie diese bei Bedarf. > Leitfaden Kälteanlagen, Massnahme 1: Reinigung	***	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Verdampfer reinigen <input type="checkbox"/> Spezialisierte Firma für die Reinigung organisieren <input type="checkbox"/> .....	..... ..... .....	..... ..... .....
<b>2.6 Auslagen- und Tablarbeleuchtung ausschalten</b> Prüfen Sie, ob die Tablare beleuchtet sind. Ist dies der Fall, schalten Sie die Beleuchtung aus.	**	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> selber ausschalten <input type="checkbox"/> Fachperson beauftragen <input type="checkbox"/> .....	..... ..... .....	..... ..... .....



Haben die Kühlmöbel Rollos oder Türen? Und alle Tiefkühltruhen einen Deckel?

Nachts und über das Wochenende sollten die Kühlmöbel und Tiefkühltruhen immer geschlossen werden. So können die Kälteverluste minimiert und der Energieverbrauch spürbar gesenkt werden. Kontrollieren Sie, ob die Kühlmöbel über Nachtrollos oder Türen verfügen. Haben alle Tiefkühltruhen einen Deckel? Falls dies nicht der Fall ist, ziehen Sie eine Nachrüstung in Betracht und holen Sie bei Ihrem Lieferanten eine Offerte ein.

Massnahme	Potenzial	wurde geprüft	Handlungsbedarf	wird erledigt bis	Bemerkungen
<b>3.1 Sollwerte Kaltwassertemperatur prüfen</b> Stellen Sie die Kühlkurve am Klimaregler so ein, dass sich diese an den unterschiedlichen Aussentemperaturen im Sommer und im Winter orientiert (Schiebung nach Aussentemperatur).	****	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Kühlkurve neu einstellen <input type="checkbox"/> Kühlkurve durch MSR-Fachperson* neu einstellen lassen	.....	.....
<b>3.2 Kontrolle Betriebszeiten</b> Kontrollieren Sie, ob die Betriebszeiten der Kälteanlage und die Nutzungszeiten des Gebäudes aufeinander abgestimmt sind (Tag- und Nacht- respektive Wochenend-, Feiertag- oder Ferienbetrieb). Stellen Sie die Schaltuhr entsprechend richtig ein.	****	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Betriebszeiten neu einstellen <input type="checkbox"/> Betriebszeiten durch MSR-Fachperson* neu einstellen lassen <input type="checkbox"/> .....	.....	.....
<b>3.3 Kontrolle des Freigabewerts der Klimakälte</b> Kontrollieren Sie den Aussentemperaturwert, bei dem die Kälteanlage freigegeben wird, und stellen Sie diesen möglichst hoch ein. > Leitfaden Kälteanlagen, Massnahme 6: Regelung Klimakälte	****	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Freigabewerte neu einstellen <input type="checkbox"/> Freigabewerte durch MSR-Spezialisten* neu einstellen lassen <input type="checkbox"/> .....	.....	.....
<b>3.4 Gleichzeitiges Heizen und Kühlen vermeiden</b> Stellen Sie mit einer Verriegelung sicher, dass nicht gleichzeitig geheizt und gekühlt wird. > Leitfaden Kälteanlagen, Massnahme 6: Regelung Klimakälte	***	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Sperrung einstellen <input type="checkbox"/> Sperrung durch MSR-Lieferanten* einstellen lassen <input type="checkbox"/> .....	.....	.....
<b>3.5 Maximale Kaltwasser-Vorlauftemperatur wählen</b> Stellen Sie sicher, dass die Temperatur des Kühlwassers der Kältemaschine exakt auf die Temperatur abgestimmt ist, die vom Abgabesystem (Kühldecke, Kühlpaneel, Bauteilaktivierung ...) benötigt wird. Vermeiden Sie ein nachträgliches Hochmischen des Kühlwassers (z.B. von 6 °C auf 8 °C).	****	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Kaltwasser-Vorlauftemperatur neu einstellen <input type="checkbox"/> Kaltwasser-Vorlauftemperatur durch Fachperson neu einstellen lassen <input type="checkbox"/> .....	.....	.....
<b>3.6 Umschaltpunkt der freien Kühlung prüfen</b> Ermitteln Sie den optimalen Betriebsumschaltpunkt von der freien Kühlung zur mechanischen Kühlung. > Leitfaden Kälteanlagen, Massnahme 6: Regelung Klimakälte	***	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Umschaltpunkt neu einstellen <input type="checkbox"/> Umschaltpunkt durch MSR-Fachperson* neu einstellen lassen	.....	.....
<b>3.7 Lamellen am Wärmetauscher neu ausrichten</b> Richten Sie verbogene Lamellen am Wärmetauscher neu aus. > Leitfaden Kälteanlagen, Massnahme 1: Reinigung	**	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Ausrichtung selber durchführen <input type="checkbox"/> Kältefachperson beauftragen <input type="checkbox"/> .....	.....	.....

\* In der Regel ist es sinnvoll, mit dem MSR-Spezialisten gleichzeitig auch eine Kältefachperson (z.B. Spezialist des Maschinenlieferanten) beizuziehen.

# Kälte effizient erzeugen

## 4. Kälteerzeugungs- und Kühlstellen-Check

Massnahme	Potenzial	wurde geprüft	Handlungsbedarf	wird erledigt bis	Bemerkungen
<b>4.1 Regelung Verflüssiger (Kondensator) optimieren</b> Stellen Sie sicher, dass sich die Kondensationstemperatur der jeweiligen Aussentemperatur automatisch anpasst. Streben Sie mit der Regelung eine möglichst kleine Temperaturdifferenz an. > Leitfaden Kälteanlagen, Massnahme 6: Regelung Klimakälte	***	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Kondensationstemperatur durch Fachperson einstellen lassen <input type="checkbox"/> .....	..... .....	..... .....
<b>4.2 Verflüssiger (Kondensator) reinigen</b> Prüfen Sie die Verschmutzung des Verflüssigers und reinigen Sie diesen bei Bedarf. > Leitfaden Kälteanlagen, Massnahme 1: Reinigung	**(*)	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Verflüssiger reinigen <input type="checkbox"/> Spezialisierte Firma für Reinigung organisieren <input type="checkbox"/> .....	..... ..... .....	..... ..... .....
<b>4.3 Lamellen am Verflüssiger neu ausrichten</b> Richten Sie verbogene Lamellen am Wärmetauscher neu aus. > Leitfaden Kälteanlagen, Massnahme 1: Reinigung	**	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Lamellen neu ausrichten <input type="checkbox"/> Kältefachperson beauftragen <input type="checkbox"/> .....	..... ..... .....	..... ..... .....
<b>4.4 Carterheizung überprüfen</b> Kontrollieren Sie, ob die Carterheizung dauernd in Betrieb ist. Sie soll nur laufen, wenn der Verdichter ausgeschaltet ist. Passen Sie die Betriebszeiten entsprechend an.	**	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Kältefachperson beauftragen <input type="checkbox"/> .....	..... .....	..... .....
<b>4.5 Zusatzlüfter überprüfen</b> Wird der Verdichter mit einem Zusatzlüfter gekühlt, prüfen Sie, ob dieser notwendig ist. Stellen Sie sicher, dass er nur während dem Betrieb des Verdichters läuft.	**	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Kältefachperson beauftragen <input type="checkbox"/> .....	..... .....	..... .....
<b>4.6 Saugfilter überprüfen</b> Kontrollieren Sie, ob der Saugfilter nach der Inbetriebsetzung ausgebaut wurde. Ist das nicht der Fall, bauen Sie diesen aus.	***	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Kältefachperson beauftragen <input type="checkbox"/> .....	..... .....	..... .....
<b>4.7 Abtauvorgang optimieren</b> Optimieren Sie den Abtauvorgang, so dass die Kälteanlage bei Bedarf oder nicht mehr als 2 x pro Tag abtaut. > Leitfaden Kälteanlagen, Massnahme 3: Elektrischer Abtauvorgang	***	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Abtauerung durch eine Fachperson einstellen lassen <input type="checkbox"/> .....	..... .....	..... .....
<b>4.8 Überhitzung am Expansionsventil richtig einstellen</b> Stellen Sie die Überhitzung am Expansionsventil richtig ein. > Leitfaden Kälteanlagen, Massnahme 7: Expansionsventil	**	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Expansionsventil durch Fachperson einstellen lassen <input type="checkbox"/> .....	..... .....	..... .....



# Abwärme effizient abführen

## 5. Abwärme-Check

Massnahme	Potenzial	wurde geprüft	Handlungsbedarf	wird erledigt bis	Bemerkungen
<b>5.1 Abwärmenutzung optimieren</b> Prüfen Sie die Arbeitsweise Ihrer Abwärmenutzung und optimieren Sie diese bei Bedarf. > Leitfaden Kälteanlagen, Massnahme 2: Abwärmenutzung	**(*)	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Temperaturen überprüfen <input type="checkbox"/> Temperaturen durch Fachperson überprüfen lassen <input type="checkbox"/> .....	.....	<input type="checkbox"/> keine Abwärmenutzung vorh. ..... .....
<b>5.2 Kurzschluss Abwärme vermeiden</b> Stellen Sie sicher, dass jeder Verflüssiger (Kondensator) oder Rückkühler kühle Luft ansaugt. > Leitfaden Kälteanlagen, Massnahme 5: Steuerung Ventilator	****	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Abschottung mit Blechen oder Umplatzerung organisieren <input type="checkbox"/> .....	.....	.....
<b>5.3 Kontrolle Wärmeträger-Pumpe (Rückkühlpumpe)</b> Die Wärmeträger-Pumpe sollte nur dann in Betrieb sein, wenn Wärme abgeführt werden muss.	***	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Freigabewerte durch MSR-Spezialisten neu einstellen lassen <input type="checkbox"/> .....	.....	<input type="checkbox"/> keine Rückkühlpumpen vorh. .....
<b>5.4 Zusammenspiel Ventilatoren optimieren</b> Stellen Sie sicher, dass Ventilatoren in der korrekten Reihenfolge zu- und weggeschaltet werden. > Leitfaden Kälteanlagen, Massnahme 5: Steuerung Ventilatoren	***	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Steuerung neu einstellen <input type="checkbox"/> Steuerung durch Spezialisten neu einstellen lassen <input type="checkbox"/> .....	.....	.....
<b>5.5 Einschaltwert Rückkühlventilator überprüfen</b> Stellen Sie sicher, dass der Rückkühlventilator nicht zu spät einschaltet. > Leitfaden Kälteanlagen, Massnahme 5: Steuerung Ventilatoren	**	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Steuerung neu einstellen <input type="checkbox"/> Steuerung durch Spezialisten (MSR/Kälte) neu einstellen lassen <input type="checkbox"/> .....	.....	<input type="checkbox"/> kein Rückkühlventilator vorh. .....
<b>5.6 Wärmeübertrager Rückkühlsystem reinigen</b> Reinigen Sie den Lamellen-Wärmeübertrager des Rückkühlsystems > Leitfaden Kälteanlagen, Massnahme 1: Reinigung	**	<input type="checkbox"/> intern <input type="checkbox"/> extern	<input type="checkbox"/> Rückkühler reinigen <input type="checkbox"/> Spezialisierte Firma für Reinigung organisieren	.....	.....

### Minimale Temperaturdifferenzen bei den Wärmetauschern anstreben

Verdampfer, Verflüssiger, Rückkühler: Je kleiner die Temperaturdifferenz an den Wärmetauschern (Wärmeübertragern) ist, desto effizienter arbeitet die Anlage. Gleichzeitig erhöhen sich jedoch die Masseströme (Luftmenge, Kältemittel, Kälteträger ...) durch den Wärmetauscher, was zu einem Energie-Mehrverbrauch bei den Nebenaggregaten (Pumpen, Ventilatoren ...) führt. Zudem benötigen grosse Wärmetauscher Platz und die Investitionskosten sind höher. Überprüfen Sie regelmässig die Temperaturdifferenzen der Wärmetauscher. Orientieren Sie sich an den Standard-Temperaturdifferenzen, welche im Kälte-Leitfaden, Information (Seite 15), für die gängigsten Wärmetauschertypen beschrieben sind.