

# Grundlagen und Kälteanwendungen

1. Kühlmethoden
2. Kreislauf Kältemaschine
3. Energiefluss durch Kälteanlage
4. Referenzgrößen, Wirkungsgrad
5. Kälteanwendungen
6. Zusammenfassung



Rolf Gloor  
Dipl.Ing.ETH, NDU HSG

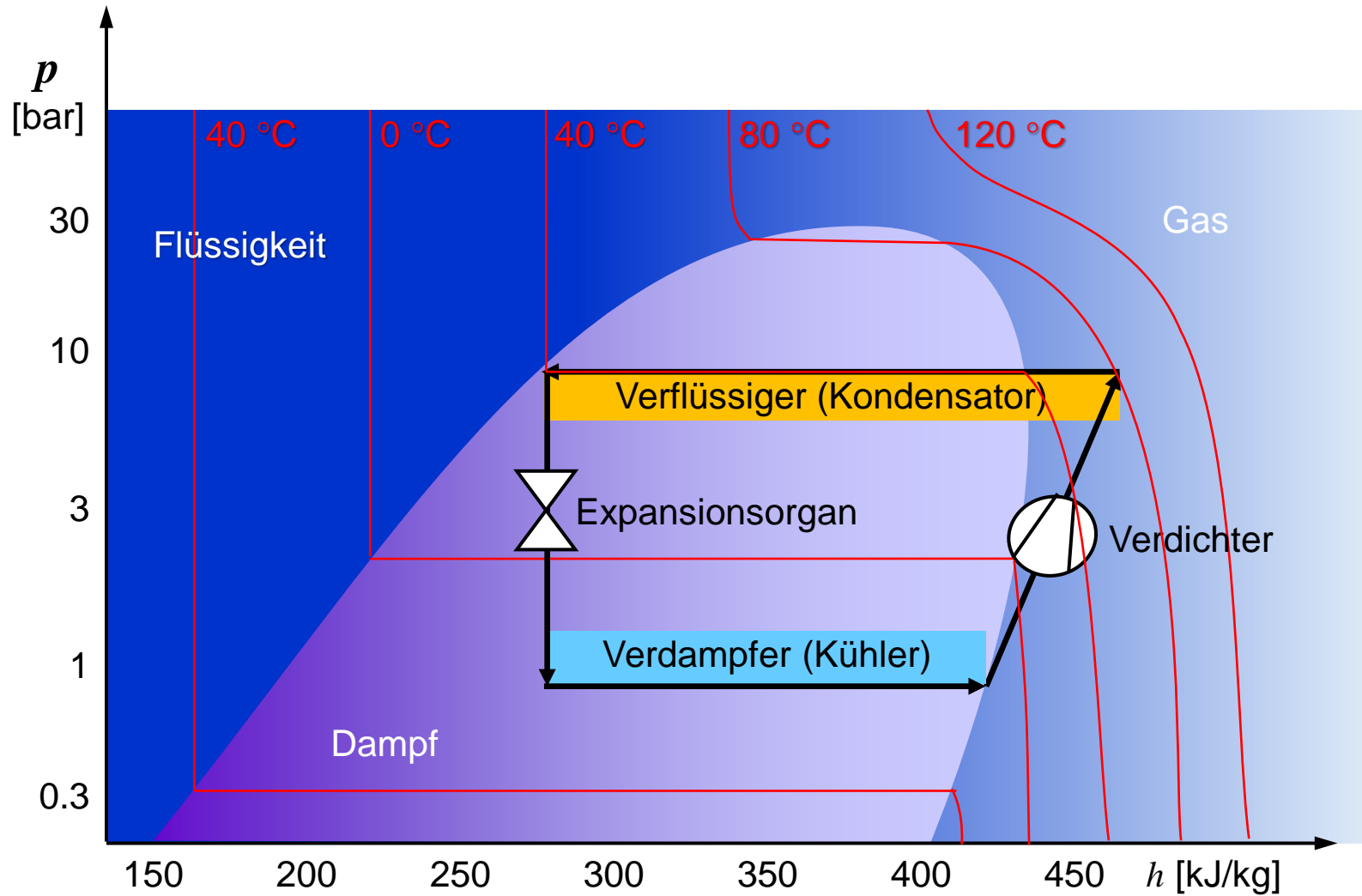
Gloor Engineering  
CH-7434 Sufers  
gloor@energie.ch



# Verschiedene Kühlmethoden

Prinzip	Verfahren	Bemerkungen
Fremdkühlung	Umgebungsluft	im Sommer bis 35 °C
	Grundwasser, Seewasser	Bewilligung erforderlich
	Erdwärme	etwa 10 bis 15 °C
	Lokales Kältenetz	
Verdampfung	Freie Verdunstung	feuchte Luft
	Kältekompressor	
	Sorbtionstechnik	bei viel Abwärme
Expansion	Linde-Verfahren (Joule-Thomson)	für Tieftemperatur
	Stirlingmotor	bis 10 kW
	Druckluftkühlung	bis 2 kW, dT 40 K
Spezielle Effekte	Peltierelement	bis 100 W, dT 20 K
	Magnetokalorische Effekt	in Entwicklung

# Kreislauf Kältemaschine



# Kälteanlage mit mehreren Kreisläufen

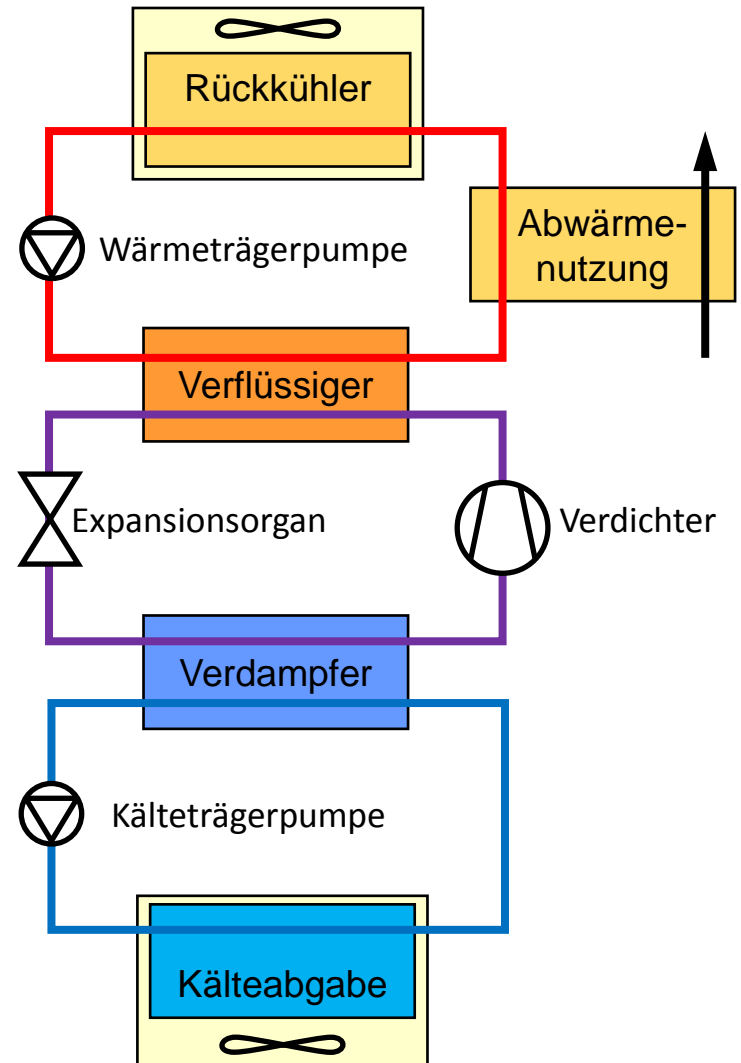
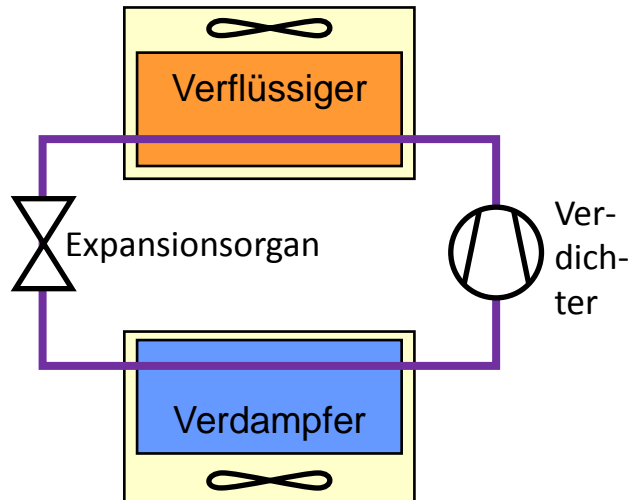
## Einfache Anlage

## Komplizierte Anlage

Abwärme-  
Abfuhr

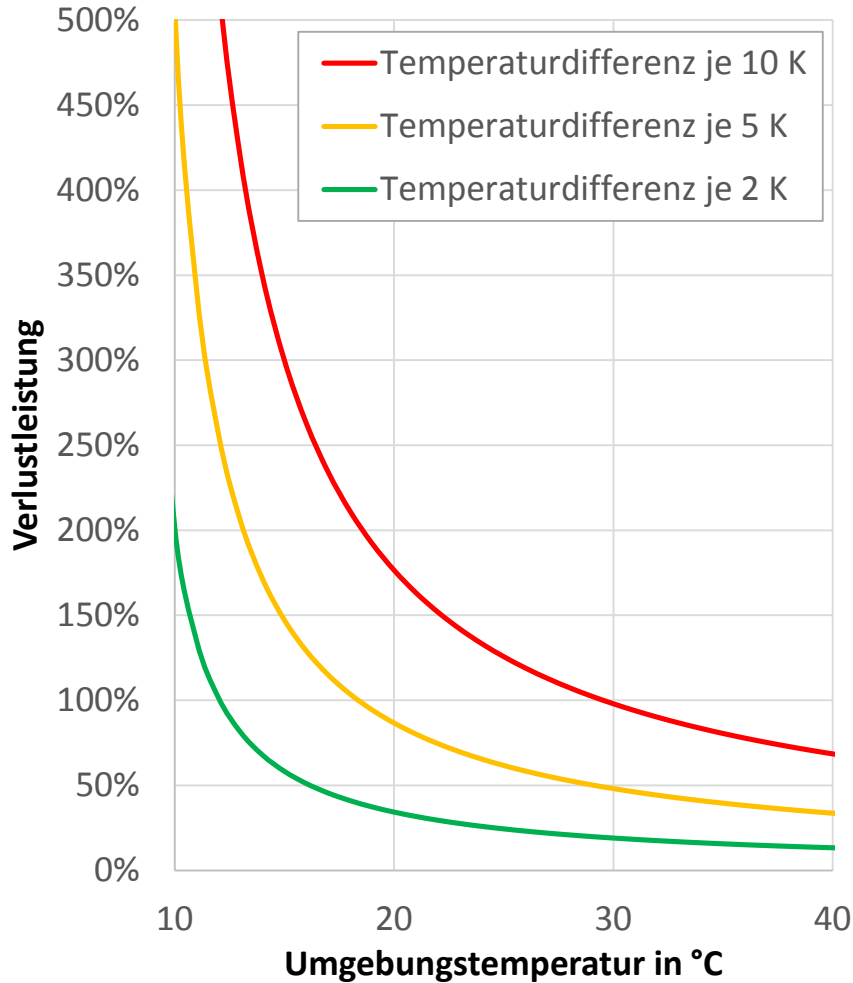
Kälte-  
Erzeugung

Kälte-  
Bedarf

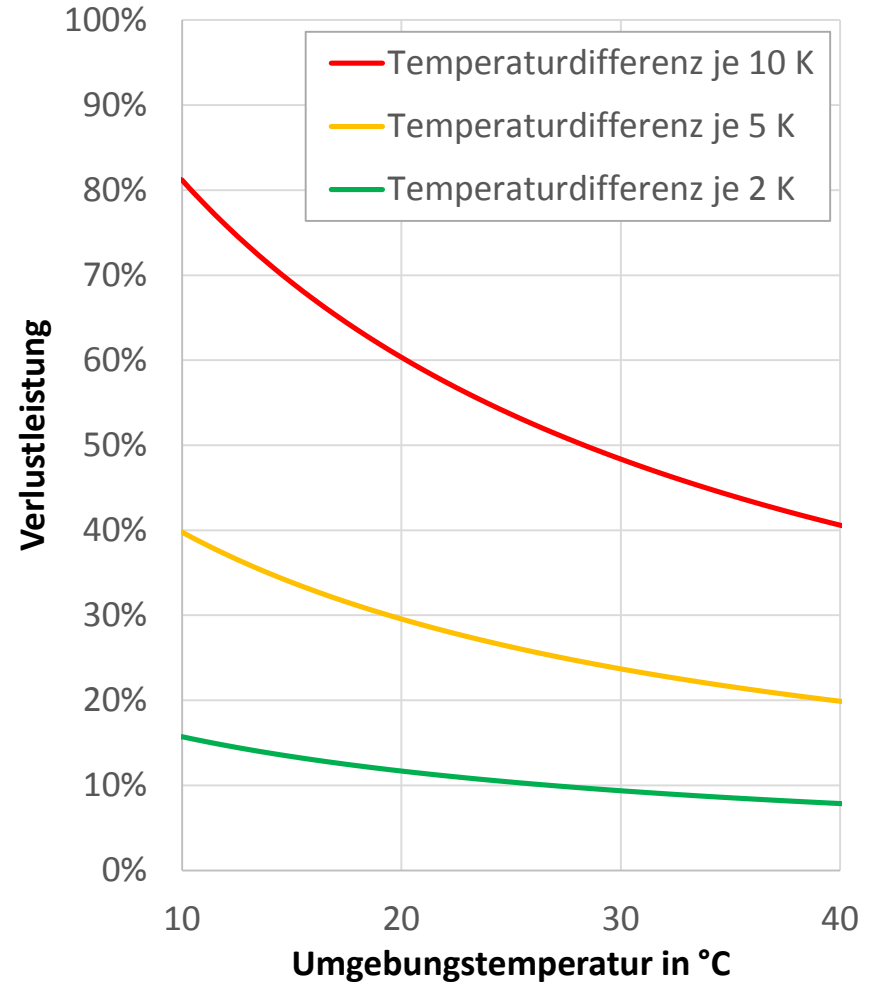


# Wärmetauscher Temperaturdifferenz

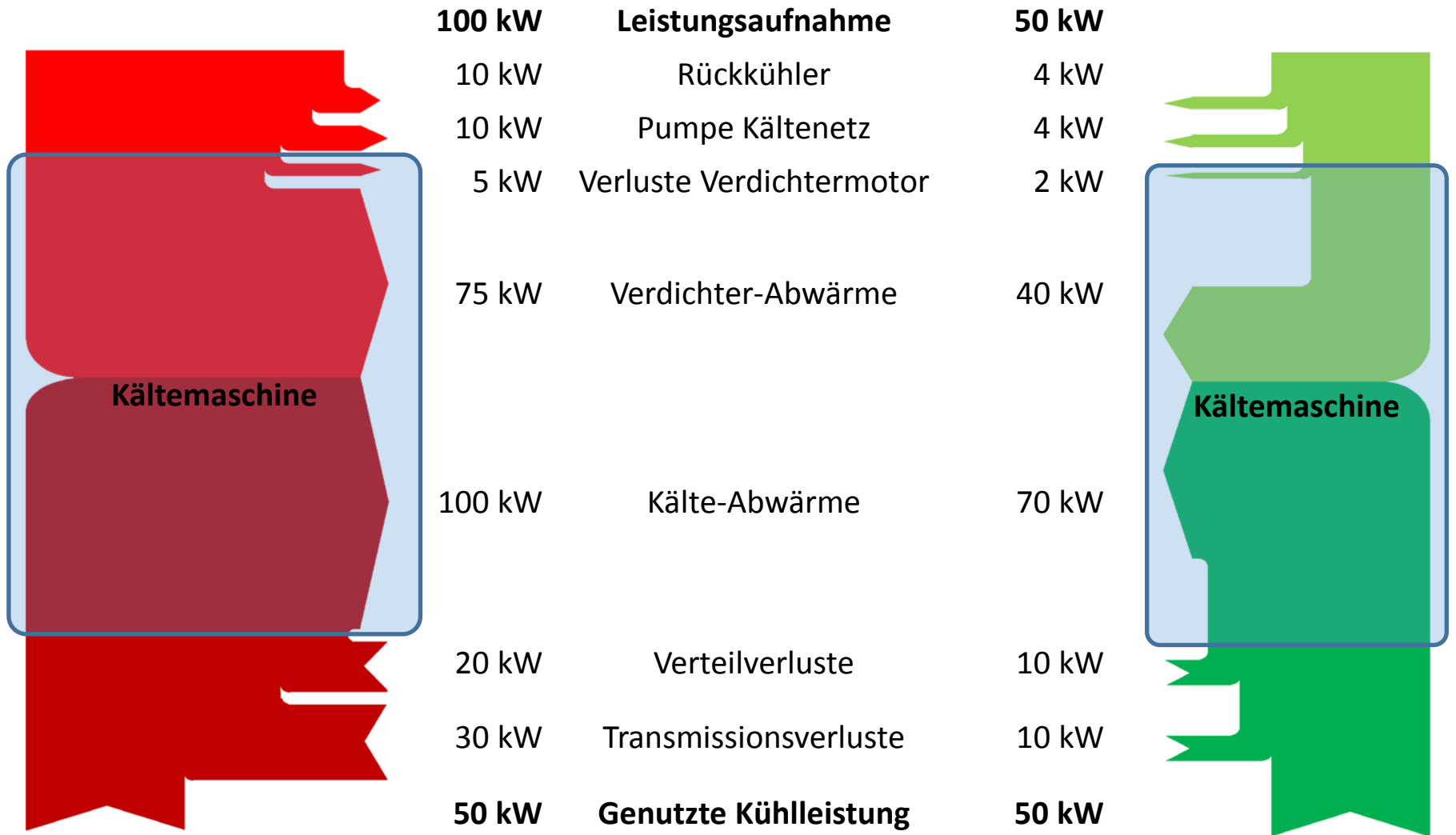
## Kühltemperatur von 7 °C



## Kühltemperatur von -18 °C

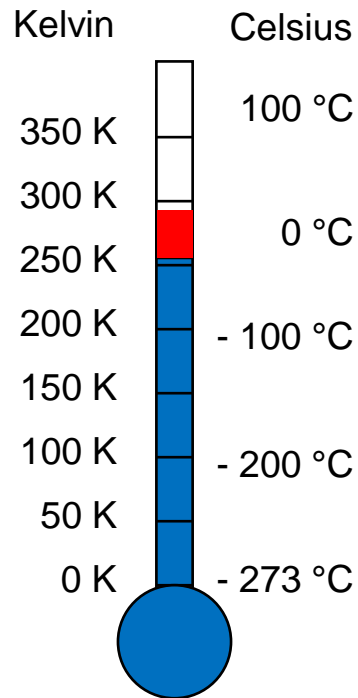


# Energiefluss durch eine Kälteanlage

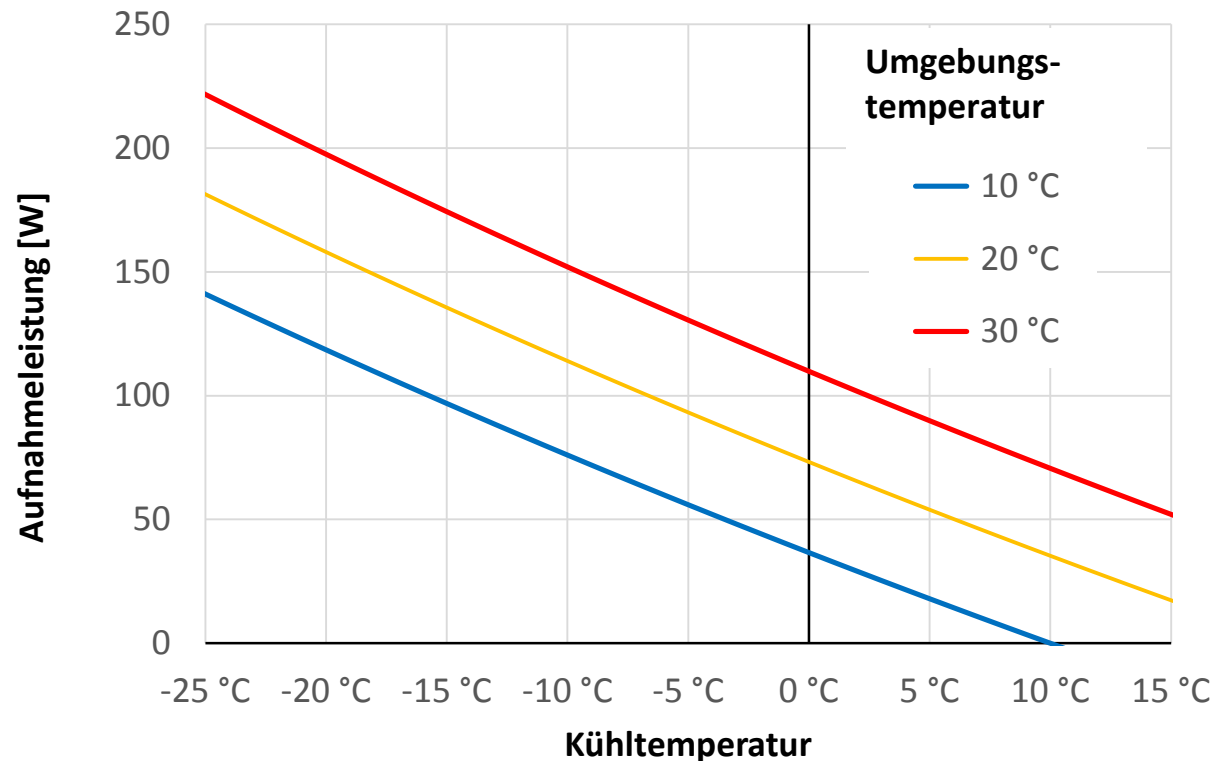


# Referenzgrösse für Kühlleistung

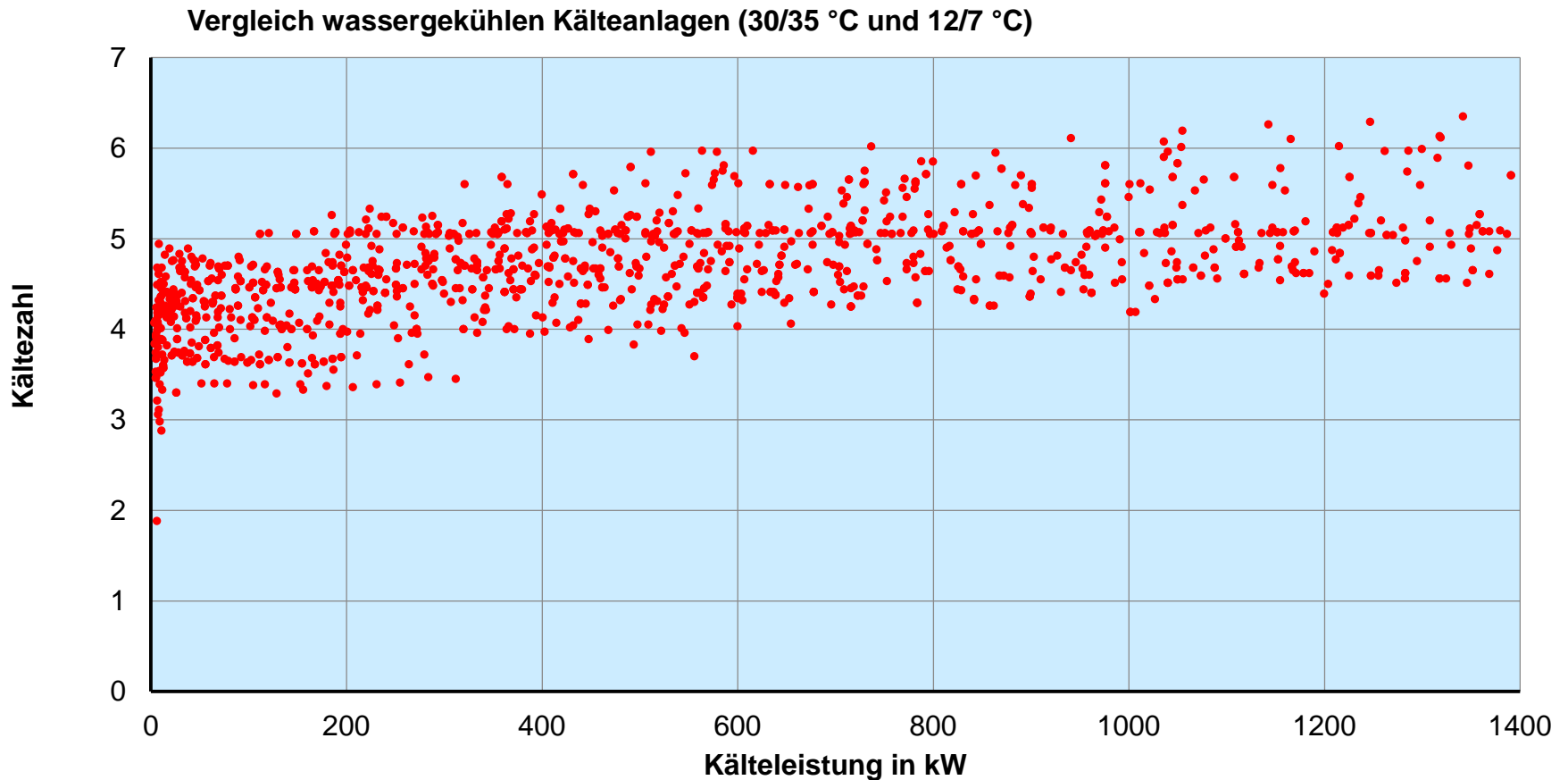
$$\varepsilon = \text{EER} = \frac{T_{\text{Kühltemperatur}}}{T_{\text{Umgebungstemperatur}} - T_{\text{Kühltemperatur}}} = \frac{\text{Kühlleistung}}{\text{Aufnahmeleistung}}$$



## Theoretische Leistung für 1 kW Kälte



# Wirkungsgrad Kaltwassersätze



Die theoretisch maximale Kältezahl liegt bei  $(273 \text{ K} + 7 \text{ K}) / (35 \text{ K} - 7 \text{ K}) = 10$

Quelle: Eurovent, Datenbank mit 1294 Kaltwassersätzen



# Kühlräume

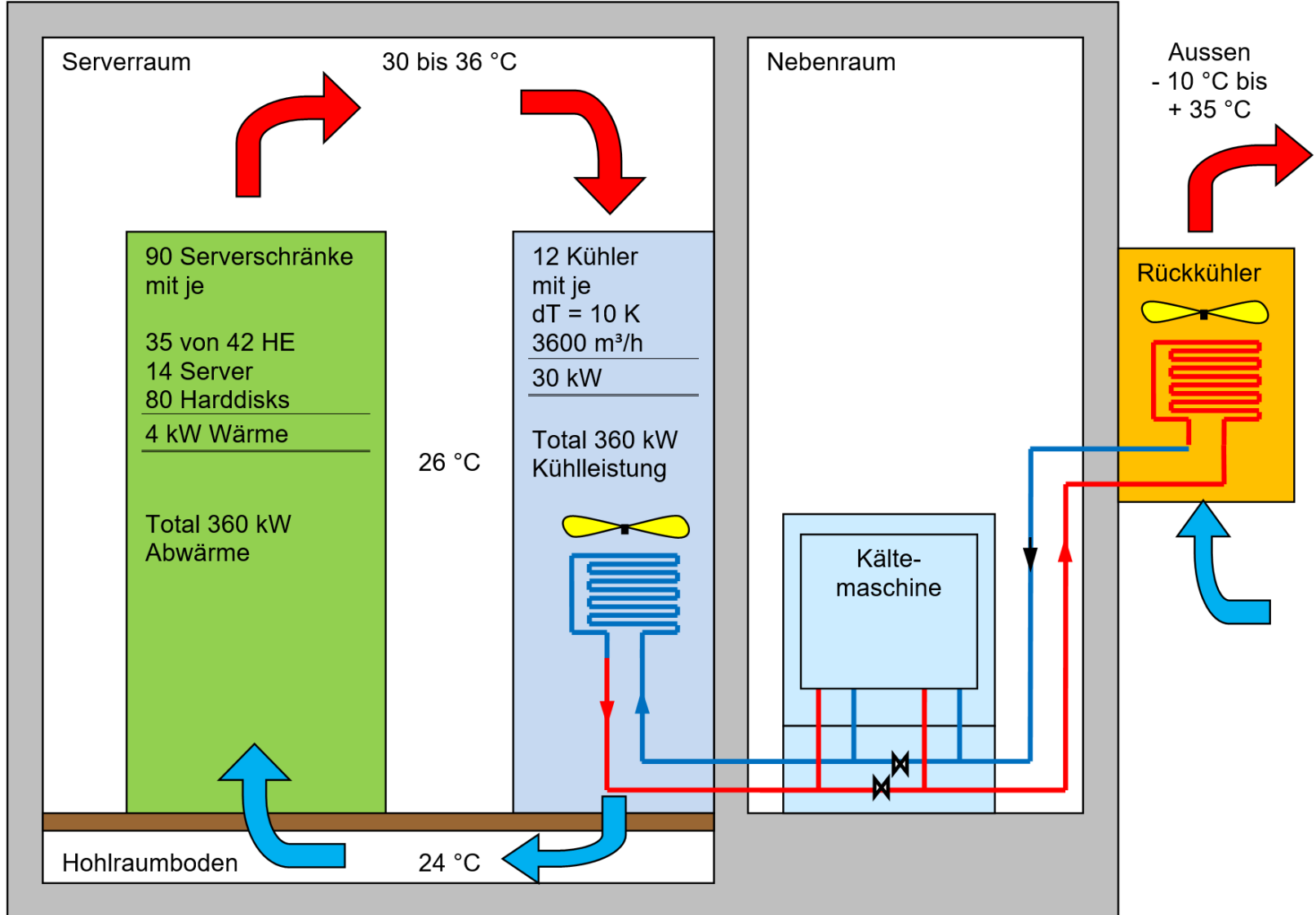
$$Q(T_U - T_K)$$

Bereich	Massnahmen
Kühltemperatur	Aufzeichnen dem Bedarf anpassen
Raumgestaltung	minimale Oberfläche (Kugelform) Unterteilung in abtrennbare Zonen für Teilabschaltung
Raumumgebung	Kühlraum neben kühlen Räumen, Erdreich, Nordfassade Kühlräume nebeneinander, nicht verteilt im Gebäude kühle Vorzone beim Eingang
Wärmedämmung	$U\text{-Wert} \leq 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$ oder $\text{Wärmefluss} \leq 5 \text{ W/m}^2$ (EN-6 der EnFK) vermeiden von Wärmebrücken, wärmereflektierende Fenster
Lüftungsverluste	Türdichtungen, Türen verkleinern Siphon überprüfen
Zugänge	automatische Türen, Luftschleier, LKW-Isolier-Andockstelle warme Güter zuvor auf Raumtemperatur abkühlen
Innere Lasten	effiziente Beleuchtung, Präsenzmelder für Sektoren effiziente Lüfter (Ventilatoren mit EC-Motoren) überwachtes Abtauen
Luftzirkulation	optimale Befüllung des Kühlraums für gute Luftzirkulation

# Abkühlung von Produkten $Q(dm/dt)$

Bereich	Massnahmen
Kühltemperatur	dem Bedarf anpassen
Vorkühlung	warme Produkte zuvor auf Raumtemperatur abkühlen
Kältenutzung	Beim Wiedererwärmen von Produkten Kälterückgewinnung
Produktebehälter	Behälter mit geringer thermischer Masse Benutzte Behälter gekühlt wieder verwenden (wenn möglich)
Raum	Minimale Oberfläche Vermeiden von hohen Umgebungstemperaturen (Zusatzdämmung)
Wärmedämmung	U-Wert $\leq 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Vermeiden von Wärmebrücken wärmereflektierende Oberflächen und Fenster
Lüftungsverluste	Türdichtungen, Serviceöffnungen, Materialöffnungen
Ein- und Ausgänge	Automatische Türen, Luftschleier
Innere Lasten	Effiziente Beleuchtung, Betrieb nur wenn erforderlich Effiziente Lüfter (Ventilatoren mit EC-Motoren) Effiziente Förderanlagen (geringe Reibung) überwachtes Abtauen
Luftzirkulation	Optimale Luftführung auf zu kühlende Objekte

# Beispiel Serverraum



# Energieeffiziente Kälteanlagen

## 1. Stromverbrauch erfassen

Alle Anlagenteile einbeziehen, Betriebsstunden, Stromzähler, Lastgang

## 2. Kälteanwendungen erfassen

Kühltemperatur und Kältebedarf, Vergleich mit Stromverbrauch

## 3. Einstellungen optimieren

Kühltemperatur, Druckverlust, Temperaturverlust, Abwärmenutzung ...

## 4. Anlagenteile optimieren

Kühlraum, Verdichter, Motoren, Expansionsorgane, Wärmetauscher, Leitungen, Pumpen, Ventilatoren, Sensoren, Steuerung ...

## 5. Anlage gut betreiben

Wartung, Schulung, Überwachung Anlagenzustand, Input und Output