

ETH Planungshinweise Kältemaschinen Areal Zentrum

Die nachfolgend beschriebenen Planungsvorgaben beziehen sich auf ETH-Gebäude im Areal Zentrum. Sie sollen planerisch berücksichtigt und umgesetzt werden. Falls die Umsetzung nicht möglich ist, muss dies schriftlich begründet werden. Eine Abweichung von dem vorliegenden Dokument muss von der ETH Zürich schriftlich bewilligt werden.

Das Dokument richtet sich an die Projektleiter und Planer folgender Art von Projekten:

- Neubau und Ersatz Kältezentralen
- Teilersatz von bestehenden Kältezentralen (z.B. Ersatz einer Kältemaschine)

Mit der Umsetzung dieser Vorgaben wird sichergestellt, dass diese Systeme dem Stand der Technik entsprechend und kompatibel mit dem vorgesehenen Kältenetz geplant werden.

Die Anforderungen werden gemäss untenstehenden Kapiteln detailliert beschrieben:

1. Betrieblich relevante Auslegungen
2. Verdichterteillastbetrieb
3. Betriebspunkte
4. Unterkühler, Economizer und Heissgasenthitzer
5. Elektromotoren
6. Messeinrichtungen

1. Betrieblich relevante Auslegungen

Die in der Ausschreibung festgelegten Leistungs- und Effizienzanforderungen sollen gewährleisten, dass die peripheren Komponenten einer Kältemaschine optimal dimensioniert werden. Die Auslegungsvorgaben gemäss Tabelle 1 beziehen sich auf die Nummern in folgender Grafik:

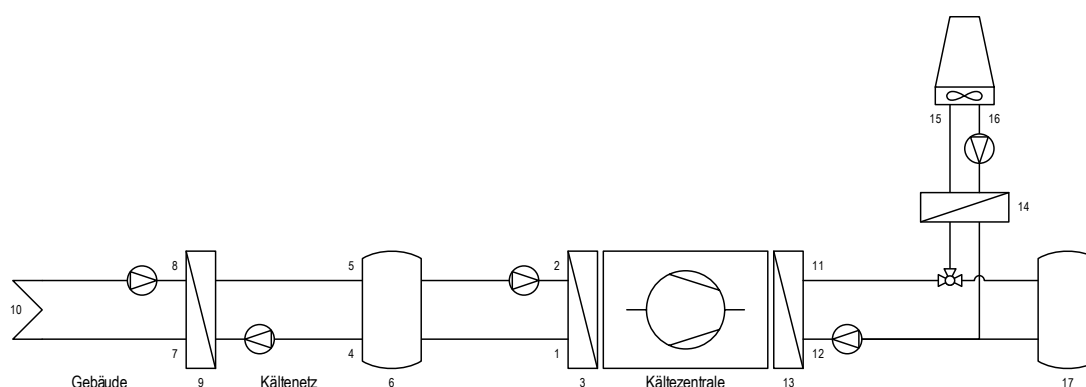


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Komponenten im Kältesystem

#	Bezeichnung	Bemerkung
1	Kaltwasseraustritt Verdampfer [°C]	Spreizung Kaltwassereintritt – Kaltwasseraustritt: 6.0 K *
2	Kaltwassereintritt Verdampfer [°C]	
		<p>Kaltwasseraustrittstemperaturen in Abhängigkeit der Einbindung der Kältemaschine ins Kältesystem:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Direkte Einspeisung ins Gebäude (keine Einspeisung ins Kältenetz): Die Kaltwasseraustrittstemperatur liegt mittelfristig bei 13 °C (KAZ RZ, ETF). Die aktuell erforderlichen minimalen Temperaturen müssen erreicht werden können (z.B. 6 °C im RZ). ▪ Direkte Einspeisung ins Kältenetz: Die Kaltwasseraustrittstemperatur liegt mittelfristig bei 12 °C (KAZ ML-FHK, CLA, CHN). Die aktuell erforderliche minimale Vorlauftemperatur im Kältenetz von 5 °C muss mit allen Maschinen dieser Zentralen erreicht werden können. <p>Wasserseitiger Druckverlust: < 0.4 bar</p>
3	Verdampfungstemperatur [°C]	Kaltwasseraustritt – Verdampfungstemperatur (Grädigkeit): 2.0 K *
4	Vorlauftemperatur Kältenetz [°C]	Spreizung Kaltwasservorlauf – Kaltwasserrücklauf: 6.0 K *
5	Rücklauftemperatur Kältenetz [°C]	
		Kaltwasservorlauftemperatur bei 12 °C (mittelfristig), aktuell bei 5 °C
6	Kaltwasserspeicher	Die netzversorgenden Kälteanlagen (KAZ ML-FHK, CLA, CHN) werden über einen Speicher, aber ohne Systemtrennung ins Kältenetz eingebunden.
7	Vorlauftemperatur Gebäude [°C]	Spreizung Kaltwasservorlauf – Kaltwasserrücklauf: 6.0 K *
8	Rücklauftemperatur Gebäude [°C]	
		Kaltwasservorlauftemperatur bei 13 °C (mittelfristig), aktuell bei 6 °C
9	Wärmetauscher Systemtrennung [K]	Kaltwasservorlauf Gebäude – Kaltwasservorlauf Kältenetz (Grädigkeit): 1.0 K *
10	Kälteverbrauchertemperatur [°C]	Aktuell bei 6°C (minimal); Temperatur bei 13 °C (mittelfristig)
11	Kühlwasseraustritt Kondensator [°C]	Spreizung Kühlwassereintritt – Kühlwasseraustritt: 6.0 K *
12	Kühlwassereintritt Kondensator [°C]	
		<p>Die Temperaturen unterscheiden sich je nach Fall (Rückkühlung oder Abwärmenutzung). Die Kälteanlage muss im Rückkühlbetrieb auf minimale Kondensationstemperaturen (minimaler Temperaturhub) ausgelegt werden. Im Abwärmenutzungsbetrieb sind die Temperaturen durch die Wärmeverbrauchsanforderungen gegeben (siehe Punkt 17).</p> <p>Wasserseitiger Druckverlust: < 0.4 bar *</p> <p>Minimale Kondensatoraustrittstemperatur – Verdampferaustrittstemp. ≤ 15 K *</p>
13	Kondensationstemperatur [°C]	Kondensationstemperatur – Kühlwasseraustritt (Grädigkeit): 2.0 K *
14	Wärmetauscher Systemtrennung [K]	Kühlwassereintritt Kondensator – Kühlwasseraustritt Rückkühler (Gräd.): 1.0 K*
15	Kühlwassereintritt Rückkühler [°C]	Die Rückkühler müssen auf eine Feuchtkugelttemperatur von 23 °C ausgelegt werden.
16	Kühlwasseraustritt Rückkühler [°C]	
		<p>Spreizung Kühlwassereintritt – Kühlwasseraustritt: 6.0 K *</p> <p>Kühlgrenzabstand = Kühlwasseraustritt – Feuchtkugelttemperatur: 5.0 K *</p>
17	Wärmeverbrauchertemperatur (Abwärmenutzung) [°C]	<p>Es wird unterschieden zwischen folgenden Zuständen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Interne Abwärmenutzung: Temperatur vorgegeben durch intern versorgtes Gebäude (lokale Gegebenheit) ▪ Versorgung des WRG-Netzes: Temperatur mittelfristig bei < 50°C (heute ca. 70 °C)

Tabelle 1: Anforderungen an die peripheren Anlagekomponenten gemäss Abbildung 1

* Alle Vorgaben beziehen sich auf die maximale, ungedrosselte Verdichterleistung bei einer Kaltwassertemperatur von 12 °C.

2. Verdichterteillastbetrieb

Die Verdichter müssen auch im Teillastbetrieb mit maximaler Effizienz betrieben werden können. Herkömmliche Leistungsreduktionen über Zylinderabschaltungen bei Kolbenverdichtern oder Schiebersteuerungen bei Schraubenverdichtern dürfen ausschliesslich als Anfahrhilfe eingesetzt werden. Die Leistung der eingesetzten Verdichter (Schrauben, Kolben, Turbo) muss immer mittels Frequenzumformer dem Leistungsbedarf angepasst werden. Das Teillastverhalten muss auf die effektiv benötigten Verdampfer- und Kondensatortemperaturen bezogen werden.

3. Betriebspunkte

Die nachfolgend definierten Betriebszustände müssen vom Unternehmer prognostiziert und garantiert werden. Sie beziehen sich auf die aktuell gegebenen und die zukünftigen Bedingungen für den Abwärmenutzungs- und Rückkühlbetrieb (falls für die Anlage vorgesehen).

Abwärmenutzung unter aktuellen Bedingungen¹

%	Kälteleistung [kW]	Verdampfer Ein-/ Austrittstemperatur [°C]	Verdampfungs-temperatur [°C]		El. Leistungsaufnahme FU-Klemme [kW]	Kondensationstemperatur [°C]		Kondensator Ein-/ Austrittstemperatur [°C]	Leistungszahl [--]
			Verdampfer	Saugstutzen Verdichter		Druckstutzen Verdichter	Kondensator		
100									
75									
50									

Rückkühlung unter aktuellen Bedingungen¹

%	Kälteleistung [kW]	Verdampfer Ein-/ Austrittstemperatur [°C]	Verdampfungs-temperatur [°C]		El. Leistungsaufnahme FU-Klemme [kW]	Kondensationstemperatur [°C]		Kondensator Ein-/ Austrittstemperatur [°C]	Leistungszahl [--]
			Verdampfer	Saugstutzen Verdichter		Druckstutzen Verdichter	Kondensator		
100									
75									
50									

Abwärmenutzung und Rückkühlung unter zukünftigen Bedingungen

%	Kälteleistung [kW]	Verdampfer Ein-/ Austrittstemperatur [°C]	Verdampfungs-temperatur [°C]		El. Leistungsaufnahme FU-Klemme [kW]	Kondensationstemperatur [°C]		Kondensator Ein-/ Austrittstemperatur [°C]	Leistungszahl [--]
			Verdampfer	Saugstutzen Verdichter		Druckstutzen Verdichter	Kondensator		
100 ²									
100 ³									

¹ Das aktuelle Regime bezieht sich auf die gegenwärtig erforderliche Kaltwasser-Vorlauftemperatur im entsprechenden Kältesystem (z.B. 5 °C für die Kältemaschinen im CLA). Kondensatorseitig muss im Abwärmenutzungsbetrieb die aktuell nötige Heizungs-Vorlauftemperatur als Kondensator-Austrittstemperatur berücksichtigt werden (z.B. 52 °C bei KAZ CLA). Der Rückkühlfall muss auf die gemäss Komponentenvorgaben resultierende Kondensator-Eintrittstemperatur im Hochsommer bezogen werden.

² Das zukünftige Abwärmenutzungsregime bezieht sich auf die angestrebten Kaltwasservorlauftemperaturen (z.B. 12 °C bei KAZ ML-FHK, CLA oder CHN) und auf die zukünftig mögliche Heizungs-Vorlauftemperatur als Kondensator-Austrittstemperatur (z.B. 48 °C bei KAZ CLA).

³ Das zukünftige Rückkühlregime bezieht sich auf die angestrebte Kaltwasservorlauftemperatur im entsprechenden Kältesystem (z.B. 12 °C bei KAZ ML-FHK, CLA oder CHN) und auf die resultierende Kondensator-Eintrittstemperatur im Hochsommer.

4. Unterkühler, Economizer und Heissgasenthitzer

Es soll planerseitig geprüft werden, ob die Systemeffizienz durch den Einsatz von Unterkühlern/Economizern erhöht werden kann. Wenn die Effizienzerhöhung wirtschaftlich umgesetzt werden kann, soll sie in der Ausschreibung definiert und verlangt werden. Ebenfalls soll planerseitig geprüft werden, ob ein allfällig lokal vorhandenes BWW-Erwärmungssystem mit vernünftigem Aufwand über einen Heissgasenthitzer versorgt werden kann. Wenn dies der Fall ist, soll der Enthitzer entsprechend ausgelegt und mit der Kälteanlage ausgeschrieben werden.

5. Elektromotoren

Es sollen die aktuellen ETH Richtlinien Heizung, Lüftung, Klima, Kälte, Sanitär eingehalten werden bzgl. dem Einsatz von Elektromotoren (siehe Kapitel 1.2.1 in der ETH Richtlinie).

6. Messeinrichtungen

Das Messkonzept sollte so aufgebaut und vorgegeben werden, dass die vereinbarten Kennzahlen vor Ort überprüft werden können. Die in der Ausschreibung festgelegten und in den Werkvertrag übernommenen Leistungs- und Effizienzanforderungen sollen im Rahmen des Betriebsnachweises (Kontrolle Kapazität, Effizienz und Funktionalität) ohne zusätzliche Messinstallationen überprüft werden können. Folgende Kennzahlen sollen mit Messeinrichtungen idealerweise überprüft werden können.

- Verdampfungstemperatur im Verdampfer und am Saugstutzen (abgeleitet aus Druckmessung)
- Kondensationstemperatur im Kondensator und am Druckstutzen (abgeleitet aus Druckmessung)
- Ein- und Austrittstemperaturen je Verdampfer und Kondensator
- Leistungsaufnahme je Verdichter an der FU-Klemme
- Leistungsaufnahme Hilfsbetriebe Kältemaschinen (Verdampfer- und Kondensatorpumpen, Maschinensteuerung) an der Schaltschrankklemme
- Leistungsaufnahme Hilfsbetriebe Rückkühlung (Rückkühlpumpen, Sprühwasserpumpen, Rückkühlventilatoren) je Rückkühler an der Schaltschrankklemme
- Sprühwasserbedarf je Rückkühler
- Verdampfer- und Kondensatorleistung (für mehrere Maschinen gemeinsam, sofern diese verdichterseitig einzeln ausgemessen werden können)

7. Versionen

Der Dokumenteigner dieses Dokuments ist: Wolfgang Seifert

Version:	Geändert am:	Geändert durch:	Bemerkung:
1.0	01.04.2016	Wolfgang Seifert	
1.1	26.02.2018	Wolfgang Seifert	Änderung Pkt. 6., FU-Klemme
1.2	27.11.2018	Wolfgang Seifert	Änderung Netzeinbindung KAZ und Verbraucher, Messeinrichtungen Rückkühlung