

ETH Zentrum, CHN Gebäude **Vorprojekt, Sanierung der Kälteanlage**



Objekt

Kältezentralen ETH
 Gebäude CHN
 Universitätstrasse 6
 8006 Zürich

Eigentümer

ETH Immobilien AG
 Kreuzplatz 5
 8092 Zürich

Ingenieur

RMB Engineering AG
 Technoparkstrasse 1
 8005 Zürich

Projektleitung

RMB Engineering AG, Fredy Beuchat, fredy.beuchat@rmb.ch
 RMB Engineering AG, Michael Wili, michael.wili@rmb.ch
 RMB Engineering AG, Danijela Pantic, danijela.pantic@rmb.ch

Zürich, 15. Januar 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
1.1	Bestehende Situation	5
2	Zielsetzung und Systemgrenzen	6
2.1	Zielsetzung	6
2.1.1	Kältemaschinen	7
2.1.2	Rückkühlanlage	7
2.1.3	Abwärmenutzung	8
2.1.4	WRG Unterstation, Wärmeverteiler und Leitungen	8
2.1.5	Kältespeicher	8
2.1.6	Kälteverteiler, Kälteleitungen und Leitungen	8
2.1.7	Berücksichtigung Kältering	8
2.1.8	Steuerung und Einbindung ins Gebäudeleitsystem	9
2.1.9	Stromversorgung	9
2.1.10	Betriebssicherheit während des Umbaus	9
2.2	Systemgrenzen	9
3	Bestehendes System	10
3.1	Ausgangslage	10
3.2	Ausstattung	10
3.3	Prinzipschema	12
3.4	Temperaturauslegung	12
4	Situationspläne der Kälteversorgung	13
5	Anforderungen	16
5.1	Temperaturanforderungen	16
5.2	Hydraulische Anforderungen	17
5.3	Kältemittelanforderungen	18
6	Kälte- / Wärmebedarf	19
6.1	Kältebedarf	19
6.2	Wärmebedarf	21
6.2.1	Temperaturniveau der Kältemaschinen kondensatorseitig	21
6.2.2	WRG mit Temperaturniveau 35°C bzw. 34°C	21
6.2.3	WRG mit Temperaturniveau 51°C	22
6.3	Geplante Ablösephasen	26
7	Auslegung Kältemaschine	28
7.1	Auslastung Kältemaschine - Variante 1	30
7.2	Auslastung Kältemaschine - Variante 2	35
7.3	Kältespeicher	39
7.4	Einbringung	41
7.4.1	Kältemaschinen	41
7.4.2	Kältespeicher	41
7.5	Auslegung Statik	42
7.6	Bauarbeiten	42
7.7	Elektrische Versorgung	43
7.8	Regulierung	44
7.8.1	Warnanlage Kältemittelaustritt	45

7.8.2	Brandwarnanlage	45
7.8.3	Sturmlüftung	45
7.8.4	Kältezentralenkühlung	47
7.8.5	Provisorische Kälteanlage	47
8	Auslegung Rückkühlwerke	48
8.1	Montage	55
8.2	Elektrische Leistung	55
8.3	Auslegung Statik	55
8.4	Bauarbeiten	56
8.5	Regulierung	56
9	Planung Energiekanal	57
9.1	Sanierung Kälteleitungen	57
9.2	Sanierung Rückkühlleitungen	57
9.3	Sanierung WRG Verteilung	57
10	Kälteringgruppen	58
11	Umbauetappen der Sanierung	61
11.1	Bestehende Situation	61
11.2	Umbauetappe 1	61
11.3	Umbauetappe 2	61
11.4	Umbauetappe 3	62
11.5	Umbauetappe 4	62
12	Zusätzliche Arbeiten und Komponenten	63
12.1	Bauarbeiten	63
12.2	Elektroarbeiten	64
12.3	Sanitärarbeiten	64
13	Kostenermittlung	65
13.1	Zusammenstellung	65
13.2	Kostenungenauigkeit	66
14	Fotobericht	67
15	Quellenverzeichnis	72
16	Bezeichnungen und Standort der Komponenten	73
17	Anhang	74
17.1	Planverzeichnis	74
17.2	Offerte – Lieferanten	74

1 Einleitung

Das vorliegende Dokument behandelt das Vorprojekt zur Sanierung der Kälteanlagen im CHN Gebäude des ETH Zentrums Zürich.

Die Kältezentrale im CHN Gebäude stammt aus dem Jahr 2001. Der momentane Bestand umfasst drei Kältemaschinen vom selben Typ und derselben Leistung. Als Kältemittel wird R134a verwendet, welches mittels Schraubenkompressoren umgewälzt wird. Die gesamte Kälteleistung beträgt 3.3 MW. Diese Leistung genügt nicht dem künftigen Kältebedarf, welcher im Zuge des neuen Verbundes produziert werden soll. Ebenfalls ist die bestehende Zentrale aufgrund der Gewährleistung der Versorgungssicherheit zu sanieren.

Die bestehende Kälteanlage gibt ihre Abwärme an drei Kühltürme und in Form der AWN an die Lufterhitzer der Lüftungsanlagen im CHN ab. Die Abwärme der geplanten Kälteanlage wird leistungsbedingt nicht mehr vollständig über die bestehenden Kühltürme abgeführt werden können, weshalb die Sanierung und Leistungserweiterung der Kühltürme ebenfalls ein Teil der Erneuerung sein wird.

Ebenso werden die Sanierung der Kälteverteilung, der Wärmeverteilung, der Elektroanlagen und der Steuerung von diesem Vorprojekt abgedeckt.

Die Kältezentrale des CHN Gebäudes soll eine der Kältezentralen werden, welche den künftigen Kältering speist.

Das in diesem Projekte neu entwickelte Konzept wird den zukünftigen Bedürfnissen entsprechen.

Die Kältezentrale im Gebäude CHN versorgt momentan acht Gebäude mit Kälte, deren Gesamtbedarf bei 1.6 MW liegt. Im Jahr 2020 soll die Kältezentrale des CHN Gebäudes an den geplanten Kältering angeschlossen werden, welcher das gesamte ETH Zentrum mit Kälte versorgen soll. Ab diesem Zeitpunkt werden alle belieferten Gebäude ausschliesslich über den Kältering versorgt, mit Ausnahme des Gebäudes CHN. Das Gebäude CHN kann zusätzlich zu der Versorgung über den Kältering ebenfalls direkt von der Kältezentrale CHN versorgt werden. Die in den Kältering abgegebene Leistung der Kältezentrale soll möglichst gross dimensioniert werden, damit eine Redundanz im Kältenetz gewährleistet werden kann.⁹ Die maximale Kälteleistung wird dabei durch den maximalen Bedarf des Kälteringes aus der KZ CHN bei 7 MW begrenzt.⁶ Der Kältering ist nicht Teil dieses Projektes, der Anschluss bis zum Kältering ist jedoch zu planen.

Es ist zu berücksichtigen, dass noch keine abschliessenden Namensdefinitionen für die neu installierten Anlagekomponenten festgelegt worden ist. Der Übersichtlichkeit halber befindet sich in Kapitel 16 eine Auflistung mit den im Dokument verwendeten Abkürzungen und Bezeichnungen.

Das vorliegende Vorprojekt basiert auf dem Konzept „Ausbaupotenzial Kälteerzeugung“, welches von der RMB Engineering AG erstellt wurde.

1.1 Bestehende Situation

Die Kältezentrale KZ CHN, welche sich im D Geschoss des CHN-Gebäudes befindet, versorgt folgende Gebäude mit Kälte:

- Gebäude CHN, CNB und CAB
- Gebäude LFG, LFH, LFO, LFV und LFW

Die obengenannten acht Gebäude befinden sich im Gebäudebereich UN.

Ein Teil der anfallenden Abwärme, welcher bei der Kälteproduktion in der KZ CHN anfällt, kann intern im Gebäude CHN für die Luftvorwärmung genutzt werden.

In der folgenden Abbildung ist die bestehende Versorgung der Kältezentrale CHN schematisch dargestellt.

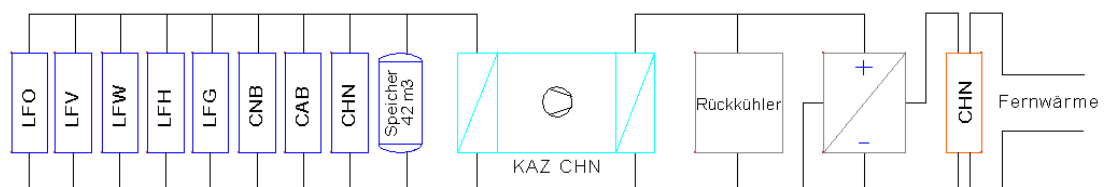


Bild 1-1: Bestand Versorgung KZ CHN

Das Rückkühlwerk umfasst drei hybride Trockenkühler, wovon jeder eine Leistung von 1'100 kW aufweist. Diese werden mit einer Feuchtkugeltemperatur von 20 bis 21°C betrieben.

In der Tabelle 1-1 sind die Leistungsdaten der bestehenden Maschinen der KZ CHN aufgelistet.

Tabelle 1-1

	Kälteleistung	Rückkühlleistung	Abwärmeleistung
Installierte Leistung	3'300 kW	3'900 kW	3900 kW (Umformer 500 kW)
Verfügbare Leistung	ca. 2'200 kW	ca. 2'600 kW	ca. 2'600 kW

Die verfügbare Elektroleistung reicht lediglich zum Betreiben von zwei Kältemaschinen mit voller Kapazität, weshalb die verfügbare Kälteleistung kleiner als die installierte Kälteleistung ist.

Die verfügbare Abwärmeleistung bei einem Temperaturniveau von 35°C entspricht theoretisch der Rückkühlleistung. Für die Luftvorwärmung werden effektiv etwa 220 kW benötigt, welche über eine Umformergruppe von 500 kW eingespeist wird.

2 Zielsetzung und Systemgrenzen

Die folgenden Unterkapitel beschreiben Zielsetzungen und Systemgrenzen des Vorprojekts.

2.1 Zielsetzung

Das Ziel des Vorprojekts ist die Planung der Sanierung der Kältezentrale im CHN Gebäude des ETH Zentrums.

Die Sanierung umfasst:

- Ersatz der Kältemaschinen inkl. Leistungs-Erweiterung
- Leistungs-Erweiterung der Rückkühlanlage
- Abwärmenutzung
- Sanierung der WRG Unterstation, Verteiler und Leitungen
- Zusätzliches Kältespeichervolumen
- Sanierung der in diesem Projekt betroffenen Kälteleitungen und des Kälteverteilers
- Hydraulische Netztrennungsgruppen zwischen KZ CHN und Kältering
- Neue Steuerungen und Einbindung ins Gebäudeleitsystem
- Neue Stromversorgung
(Erweiterung der Elektroleistung und Ausbau der Trafostation)
- Betriebssicherheit während des Umbaus
- Rückbauten
- Statische und bauliche Massnahmen
- Energiemessungen

Mit der Sanierung der Kältezentrale CHN sollen folgende Ziele erreichen werden:

- Entwicklung eines Konzeptes, welches den künftigen Bedürfnissen des ETH Zentrums entspricht
- Erhöhung der energetischen und technischen Versorgungssicherheit durch Erneuerung der Kälte- sowie Rückkühlkomponenten
- Maximierung der Leistung zur Versorgung sowie Redundanz im Kältering
- Effizienter Betrieb aufgrund besserer COP-Werte der Kälte- sowie Rückkühlanlagen
- Geringere Kältemittelnutzung und Einhaltung der Kältemittelvorschriften

2.1.1 Kältemaschinen

Im Rahmen dieses Projekts wird der Ersatz der drei alten Kältemaschinen durch eine neue Versorgungslösung geprüft.

Die installierbare Kälteleistung in der Kältezentrale ist begrenzt durch die räumlichen Dimensionen sowie die Wärmeleistung, welche über die Rückkühler abgegeben werden kann⁹. Abzüglich des Leistungsanteils für die Versorgung der Verbraucher im Gebäude CHN, wird die gesamte Restkälte in den Kältering abgegeben.¹⁰

Vorgesehen sind folgende Kältemaschinen:

- Der Einsatz einer Kältemaschine mit Schraubenverdichter bei einem erhöhten Temperaturbedarf auf der Wärmeseite von ca. 51°C (Betrieb als KM/WP mit WRG ins Heizungsnetz).
- Der Einsatz zweier Kältemaschinen mit Kolben- oder Turbocore-Verdichtern bei Maschinen welche ausschliesslich für die Kälteproduktion verwendet werden (Betrieb als KM ohne WRG).

Räumlich sind für die Installation der Kälteanlage die folgenden Räume verfügbar:

- Die bestehende Kältezentrale Raum-Nr. D95 im D Geschoss des CHN Gebäudes
- Der Serverraum Nr. D94 im D Geschoss des CHN Gebäudes

Die genauen Systemgrenzen des Projektes sind im Plan Nr. 1 im Anhang beigefügt (Planverzeichnis Kapitel 17.1).

2.1.2 Rückkühlanlage

Für die Erweiterung der Rückkühlleistung sind standardmässig hybride Trockenkühler vorgesehen. Sie kühlen mittels Umgebungsluft und durch Verdunstung von Wasser. Zur Erfüllung der energetischen Anforderungen muss die Rückkühlung zu grossen Teilen nass erfolgen. Dies bedeutet, dass für die Kühlung der Kühllamellen die Verdampfungsenergie genutzt wird.

Die Leistung der bestehenden Rückkühler beträgt je 750 kW, wobei insgesamt 2'250 kW installierte Leistung vorhanden ist (Feuchtkugeltemperatur liegt bei 23°C). Diese Anforderung wurde vom Eigentümer definiert. Eine zusätzliche Installation von 4'400 kW ist mit diesem Projekt zu planen.

Für die Erweiterung der Rückkühlleistung sind folgende Räume zu planen:

- Raum-Nr. Q18 im Geschoss Q des Hochhauses, neben welchem die bestehenden Rückkühler platziert sind. An die bestehende Steigzone DN 300 kann eine Leistungserweiterung bis 1 MW angeschlossen werden.
- Das Dach des Flachhauses oberhalb der Kältezentrale. Die Steigzonen von dieser Installation bis zu der Kältezentrale sind ebenfalls in diesem Vorprojekt zu dimensionieren und zu planen.

2.1.3 Abwärmenutzung

Die Abwärme der Kälteproduktion sollte soweit möglich vollständig rückgewonnen werden. Neben der Verwendung im Gebäude CHN soll die Nutzung in den Gebäuden CAB und CNB berücksichtigt werden. Bestimmend für die Nutzungsmöglichkeit sind die benötigten Temperaturniveaus der Verbraucher. Diese liegen etwa bei 30°C und 55°C.

Die Abwärme der einstufigen KM/WP1 kann maximal eine Temperatur von 52°C erreichen. Es ist keine zweistufige KM/WP für die Anhebung des Temperaturniveaus zu planen⁹. Die Abwärme soll in erster Priorität für die Wärmedeckung im CHN Gebäude genutzt werden. Die Deckung der Gebäude CAB und CNB soll auch berücksichtigt werden.

Die Verbraucher, welche ein Temperaturniveau von über 50°C benötigen, werden sich wie bis anhin aus dem Fernwärmenetz versorgen, welches zudem als Redundanz im CHN Gebäude fungiert. Überschüssige Abwärme der KM/WP1 soll zusätzlich in den Rücklauf eingespeist werden können.

2.1.4 WRG Unterstation, Wärmeverteiler und Leitungen

Die bestehende WRG-Umformergruppe (ein Umformer mit einer Leistung von 500 kW) wird saniert. Die Wärmeverteilung, die Umwälzpumpen, Armaturen und Leitungen sind zu sanieren bzw. zu planen.

2.1.5 Kältespeicher

Das bestehende Kältespeichervolumen vom 42 m³ (vier Speicher) genügt nicht den künftigen Ansprüchen. Um eine Kälteproduktion von ca. 5.5 MW zu unterstützen, ist ein Speichervolumen von etwa 100 m³ zu planen.

Die bestehenden vier Speicher sind im Raum D68.3 im D Geschoss des CHN Gebäudes platziert. Für die Erweiterung des Speichervolumens ist dieser Raum zu klein, weshalb zusätzlich die Räume B68.1 und B68.3 im B Geschoss berücksichtigt werden, welche sich darunter befinden.

Im momentanen Bestand sind keine WRG Speicher vorhanden. Die bestehenden vier Speicher werden somit für WRG Zwecke genutzt und für die Kälteproduktion wird das nötige Volumen vollständig neu installiert.

2.1.6 Kälteverteiler, Kälteleitungen und Leitungen

Alle Leitungen, Pumpen und Armaturen, die sich in der Kältezentrale befinden werden ersetzt. Ebenfalls saniert werden alle durch dieses Projekt betroffenen Kälteverteiler und Leitungen ausserhalb der Kältezentrale.

2.1.7 Berücksichtigung Kältering

Bei der Planung der Kältezentrale wird die künftige Einspeisung in den Kältering berücksichtigt. Dabei soll die Kältezentrale hydraulisch vom Kältering getrennt sein. Dafür sind zwei Umformergruppen vorgesehen, mit einer Leistung von je 2'750 kW. Die netztrennenden Wärmetauscher sind mit einer Grädigkeit von einem Kelvin auszulegen.⁸ Die Leitungsführung von der KZ CHN zum Kältering erfolgt bis zum Leitungskanal für den Kältering. Die detaillierte Auslegung ist im Kapitel 8 einsehbar.

2.1.8 Steuerung und Einbindung ins Gebäudeleitsystem

Alle Steuerungen und Regulierungen der Kältemaschinen, Rückkühlwerke und des Verteilsystems sind zu ersetzen. Diese werden ins Gebäudeautomationssystem (GA) eingebunden.

2.1.9 Stromversorgung

Die Elektroverkabelung der Kältemaschinen, Rückkühlwerke, WRG- und Kältering-Umformergruppen (Pumpen und Ventile) ist mit der Sanierung zu ersetzen, beziehungsweise neu zu installieren.

Die Leistung der bestehenden Trafostationen genügen dem künftigen Bedarf nicht. An dem Leerplatz-Trafostation Nr. 4 soll daher eine zusätzliche Trafostation gebaut werden. Dazu sind folgende Punkte im Bauprojekt zu prüfen und zu planen:

- Leistung der Leitung bis zur Trafostation
- notwendige Leistung der Trafostation (die bestehenden Trafostationen verfügen je über eine Leistung von 1'000 kW).

2.1.10 Betriebssicherheit während des Umbaus

Die Sicherstellung des Betriebes während des Umbaus soll durch den Umbau in einzelnen Etappen sowie der Installation einer provisorischen Kälteanlage gewährleistet werden. Der Umfang der einzelnen Etappen ist im Kapitel 11 detailliert beschrieben.

2.2 Systemgrenzen

Die Sanierung umfasst die Kälteanlagen, die WRG-Umformergruppen, die MSR-Schaltung, die Rückkühlwerke sowie die Lüftungsanlage die sich in der Kältezentrale befindet.

Die Kälteerzeugungsanlagen befinden sich in der Kältezentrale im D Geschoss, ebenso die betroffenen WRG-Umformergruppen. Die Kälteverbrauchergruppen sowie Kältespeicher befinden sich im Technikraum im D Geschoss. Die Kühltürme sind im Technikraum des Q Geschosses des Hochhauses platziert.

Alle der obengenannten Komponenten sollen samt Leitungen, Umwälzpumpen und Armaturen erneuert werden.

Im Jahr 2020 soll der neue Kältering für die Versorgung des gesamten ETH Zentrums erstellt werden. Aus diesem Grund ist bereits die Einbindung von Seiten der Kältezentrale mit zu planen. Die Erschliessung zum Kältering umfasst dabei die Leitungsführung von der KZ CHN bis zum Leitungskanal, einschliesslich der Kälteringgruppe im Geschoss D.

Das Prinzipschema mit der gekennzeichneten Systemgrenze ist dem Anhang beigelegt (Planverzeichnis Kapitel 17.1, Plan Nr. 1).

3 Bestehendes System

3.1 Ausgangslage

Die Gebäude, welche von der Kältezentrale CHN versorgt werden, bedürfen gegenwärtig folgender Temperaturniveaus:

Tabelle 3-1

Kälte	Abwärme für die Lufterhitzer
CHN, CNB, CAB, LFG, LFH, LFO, LFV, LFW	CHN
6°C (Winter 8°C)	35°C

3.2 Ausstattung

In der Kältezentrale CHN sind zurzeit drei Kältemaschinen aus dem Baujahr 2001 aufgestellt. Diese drei bestehenden Kältemaschinen, die mit dem Kältemittel Tetrafluorethan R134a betrieben werden, sollen ersetzt werden.

Alle drei installierten Kältemaschinen sind betriebsbereit und haben eine installierte Gesamtleistung von etwa 3'300 kW. Die verfügbare elektrische Leistung reicht jedoch nur für den Betrieb von zwei Kältemaschinen, weshalb mit einer verfügbaren Kälteleistung von 2'200 kW zu rechnen ist.

Die momentan installierten Rückkühlwerke bestehen aus drei hybriden Trockenkühlern des Herstellers Jäggi mit einer gesamten Leistung von 3'300 kW (FKT-Auslegung bei 21°C). Die Sanierung der bestehenden Rückkühlanlage sowie die Erweiterung der Rückkühlleistung werden im Kapitel 8 eingehend behandelt.

In der folgenden Tabelle werden die technischen Daten der bestehenden Kältemaschinen, Rückkühler, Speicher sowie Wärmetauscher aufgeführt.

Tabelle 3-2

Gerät	Beschrieb	Technische Daten (pro Gerät)
Kältemaschine 1/2/3	Fabrikat	Trane
	Typ	TRHC / D1 FA 3B
	Baujahr	2001
	Anzahl der Maschinen	3
	Kompressortyp	Schraubenkompressor
	Art des Kältemittels	R 134 a
	Kälteleistung [kW]	1'100
	El. Leistung [kW]	185
	Kältemittelmenge [kg]	260
Kältespeicher 1/2	Volumen [m ³]	11
	Baujahr	2001
	Anzahl	2
Kältespeicher 3/4	Volumen [m ³]	10
	Baujahr	2001
	Anzahl	2
Wärmespeicher	Nicht vorhanden	-
Rückkühler 1/2/3	Fabrikat	Jäggi / Güntner (Schweiz) AG
	Typ	HTK 2.4/4.6-1-P-4
	Baujahr	2000
	Anzahl	3
	Rückkühlleistung [kW]	1'100 (FKT 21°C)
	Anzahl Ventilatoren	2
	El. Leistung [kW]	11 kW, 3x400 V
Wärmeüberträger bei WRG	Fabrikat	Tranter
	Typ	GX-42Mx121
	Leistung	500 kW
	Primär ^{a)}	29°C/35°C - 71.1 m ³ /h – 24kPa
	Sekundär ^{a)}	27°C/33°C – 81.6 m ³ /h – 29kPa

a) Die Temperaturen entsprechen den Auslegungen des Umformers

3.3 Prinzipschema

Das Prinzipschema der bestehenden Installation kann dem Bild 3-1 entnommen werden.

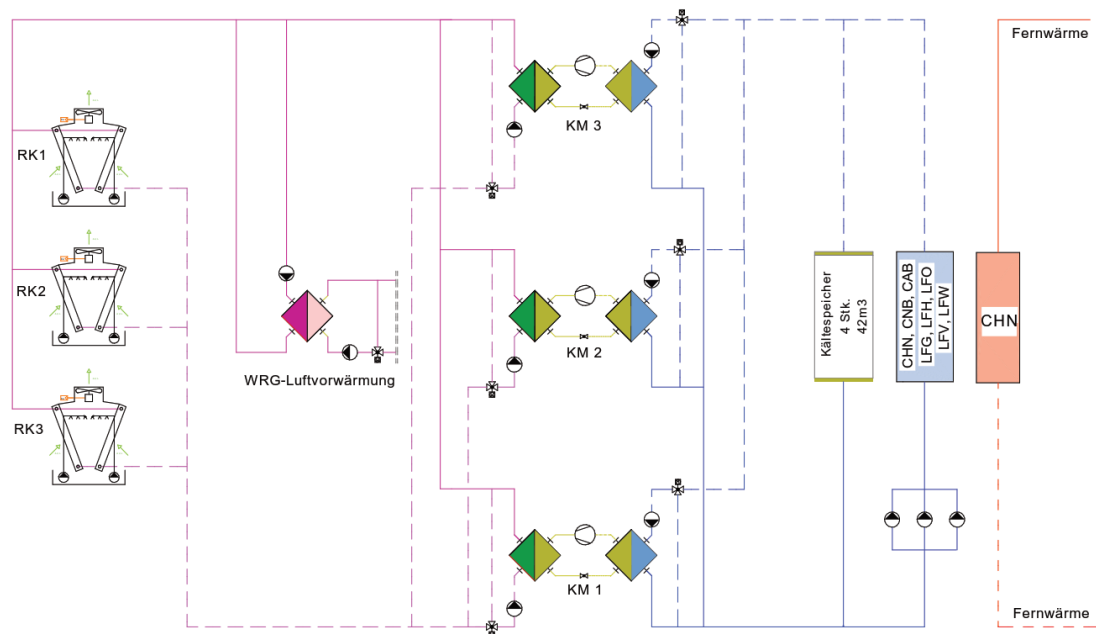


Bild 3-1: Prinzipschema Bestand

3.4 Temperaturlauslegung

In der untenstehenden Tabelle sind die bestehenden Temperaturniveaus dargestellt.

Tabelle 3-3

Auslegungstemperaturen	KM/WP1	KM2	KM3
Verdampferseitig [°C]	5 / 11		
Kondensatorseitig ins WRG-Netz [°C]	29 / 35		
Kondensatorseitig ins Rückkühlnetz [°C]	29 / 35		
Auslegungstemperaturen	Kühltürme KT 1 / KT 2 / KT 3		
Feuchtkugeltemperatur [°C]	20		
Luftzustand am Eintritt	32°C / 38 % rF		
Auslegungstemperaturen	Plattentauscher bei WRG		
Primärseite [°C]	29 / 35		
Sekundärseite [°C]	27 / 33		

Das CHN Gebäude gliedert sich in zwei Teile: Hochhaus und Flachhaus (siehe Bild 4-5). Im D Geschoss des CHN Flachhauses befindet sich die Kältezentrale (blau in Bild 4-2), in welcher die Kälteanlagen platziert werden können. Der Serverraum neben der Kältezentrale kann ebenfalls für die neue Kälteerzeugungsinstallation verwendet werden. Ein Teil der Tiefgarage kann für die Installation der Kälteringgruppe genutzt werden. Der Serverraum und der geplante Teil der Tiefgarage gehören nicht zum Fluchtweg aus der Tiefgarage. Der Fluchtwegplan ist im Bild 14-11 dargestellt. Der Kältering wird durch den Energiekanal (im Bild als Medienkanal bezeichnet) geführt (rot in Bild 4-2).

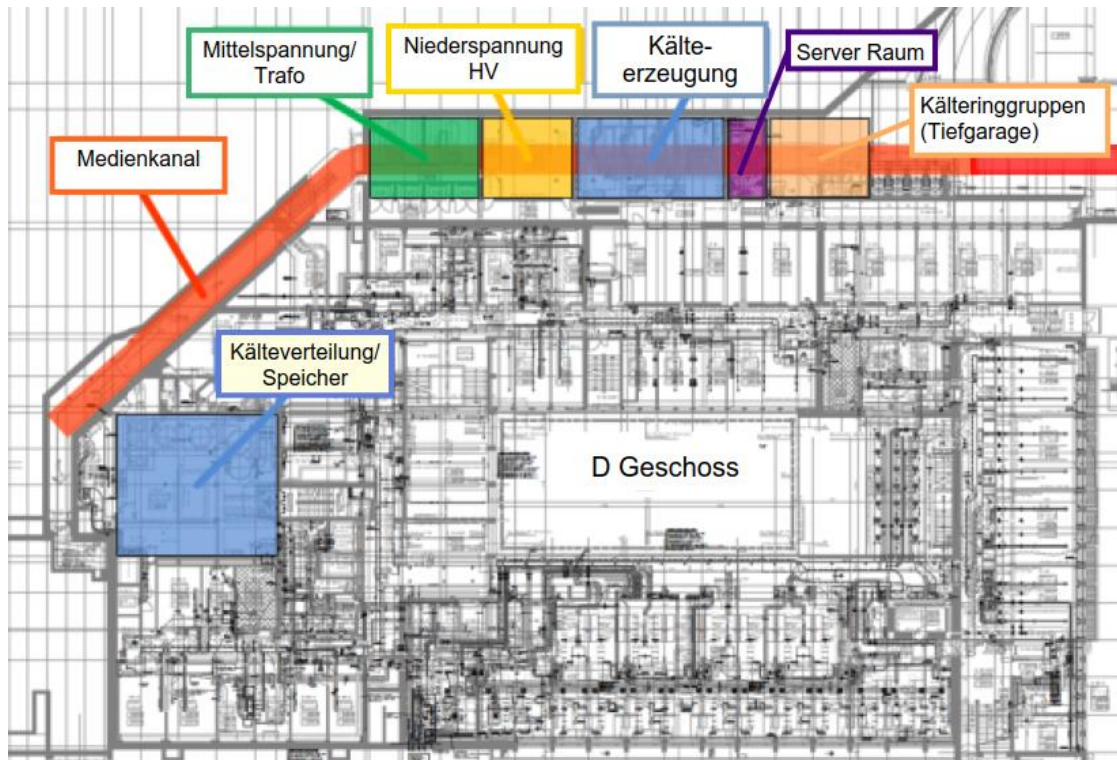


Bild 4-2: Situation D Geschoss im CHN Gebäude

Im Q Geschoss des CHN Hochhauses befindet sich der Technikraum mit den drei Kühltürmen. In Bild 4-3 (blau eingekreist) ist die Dachansicht der Kühltürme zu sehen.

Rückkühlung

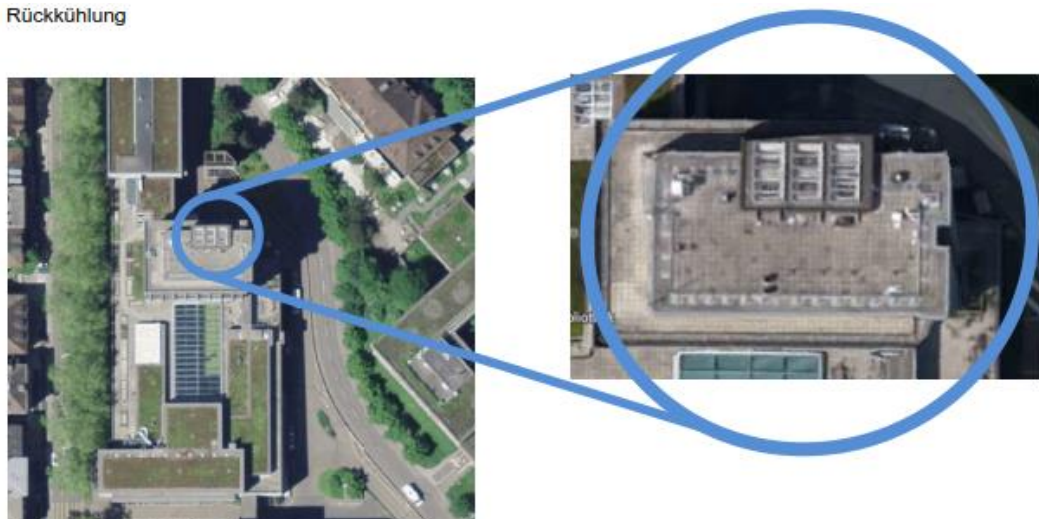


Bild 4-3: Bestehende Rückkühlanlage im Q Geschoss des Flachhauses, Raum Q17

Ebenfalls im Q Geschoss des CHN Hochhauses ist im Nebenraum des Technikraumes zusätzlicher Platz für die Erweiterung der Rückkühlanlage vorhanden (Bild 4-4).



Bild 4-4: Zusätzliche Rückkühler (Rückkühlanlage 1) im Q Geschoss des Hochhauses

Damit der gesamte Rückkühlbedarf gedeckt werden kann, ist noch ein zusätzlicher Standort auf dem Dach des Flachhauses für weitere Rückkühlanlagen vorgesehen (Bild 4-5). Der vorgesehene Platz befindet sich in der vertikalen Verlängerung oberhalb der Kältezentrale, welche im Bild 4-5 ebenfalls gekennzeichnet ist.

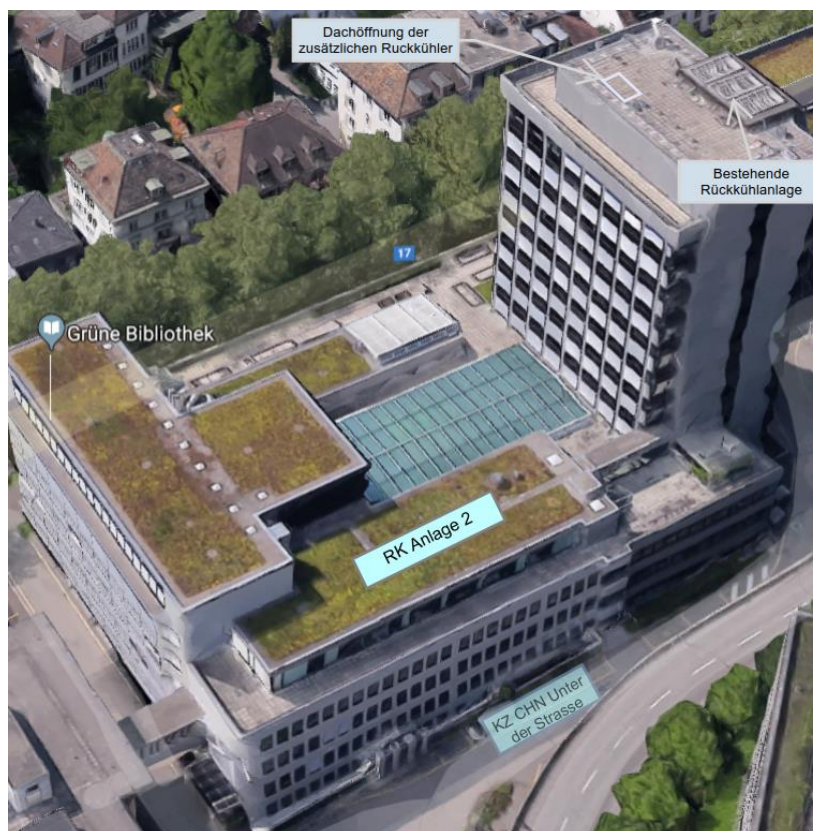


Bild 4-5: Zusätzliche Rückkühler (Rückkühlanlage 2) auf dem Dach des Flachhauses

5 Anforderungen

5.1 Temperaturanforderungen

Bild 5-1 enthält von der ETH vorgeschriebene Temperaturanforderungen.⁸ Zu den einzelnen Vorgaben der ETH befinden sich in der Spalte ganz rechts Anmerkungen der RMB mit weiteren Ausführungen folgend zur Abbildung. Die Zuweisung der Ausführungen erfolgt durch die lateinischen Grossbuchstaben.

1 Kaltwasseraustritt Verdampfer [°C]	<p>Spreizung Kaltwassereintritt – Kaltwasseraustritt: 6.0 K *</p> <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 CHN, CLA, RZ, ETF). Die aktuell notwendigen minimalen Temperaturen müssen erreicht werden können (z.B. 6 °C im CLA). ▪ Einspeisung über Wärmetauscher ins Kältenetz: Die Kaltwasseraustrittstemperatur liegt mittelfristig bei 11 °C (KAZ CHN, CLA, RZ, KAZ ETF (erst wenn Kältenetz bis ETF umgesetzt ist)). Die aktuell erforderlichen minimalen Temperaturen müssen erreicht werden können (z.B. 4 °C der KAZ CLA für das RZ). ▪ Direkte Einspeisung ins Kältenetz: Die Kaltwasseraustrittstemperatur liegt mittelfristig bei 12 °C (KAZ ML FHK). Die aktuell notwendigen minimalen Temperaturen im Kältenetz zur Abdeckung des Kältebedarfs müssen erreicht werden können (z.B. 5 °C der KAZ ML FHK für das CLA). <p>Wasserseitiger Druckverlust: < 0.4 bar</p>	Eingehalten
3 Verdampfungstemperatur [°C]	Kaltwasseraustritt – Verdampfungstemperatur (Grädigkeit): 2.0 K *	C. Bemerkung
4 Vorlauftemperatur Kältenetz [°C]	Spreizung Kaltwasservorlauf – Kaltwasserrücklauf: 6.0 K *	Eingehalten
5 Rücklauftemperatur Kältenetz [°C]	Kaltwasservorlauftemperatur bei 12 °C (mittelfristig)	
6 Wärmetauscher Systemtrennung [K]	Kaltwasservorlauf Kältenetz – Kaltwasservorlauf Kältezentrale (Gräd.): 1.0 K * Druckverlust beidseitig: < 0.4 bar *	
7 Vorlauftemperatur Gebäude [°C]	Spreizung Kaltwasservorlauf – Kaltwasserrücklauf: 6.0 K *	
8 Rücklauftemperatur Gebäude [°C]	Kaltwasservorlauftemperatur bei 13 °C (mittelfristig)	
9 Wärmetauscher Systemtrennung [K]	Kaltwasservorlauf Gebäude – Kaltwasservorlauf Kältenetz (Grädigkeit): 1.0 K *	Eingehalten
10 Kälteverbrauchertemperatur [°C]	Aktuell bei 6°C (minimal); Temperatur bei 13 °C (mittelfristig)	
11 Kühlwasseraustritt Kondensator [°C]	<p>Spreizung Kühlwassereintritt – Kühlwasseraustritt: 6.0 K *</p> <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 *	D. Bemerkung
14 Wärmetauscher Systemtrennung [K]	Kühlwassereintritt Kondensator – Kühlwasseraustritt Rückkühler (Gräd.): 1.0 K *	
15 Kühlwassereintritt Rückkühler [°C]	Die Rückkühler müssen auf eine Feuchtkugeltemperatur von 23 °C ausgelegt werden.	Eingehalten
16 Kühlwasseraustritt Rückkühler [°C]	<p>Spreizung Kühlwassereintritt – Kühlwasseraustritt: 6.0 K *</p> <p>Kühlgrenzabstand = Kühlwasseraustritt – Feuchtkugeltemperatur: 5.0 K *</p>	E Bemerkung
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 70 °C) 	Eingehalten

Tabelle 1: Anforderungen an die peripheren Anlagekomponenten gemäss Abbildung 1

Bild 5-1: Planungshinweise Kältemaschinen Areal, ETH Zentrum⁸

Weiterführende Anmerkungen:

- A.** Mit der vorgesehenen Kältemaschine sind Kaltwasservorlauftemperaturen von 4°C erreichbar.
- B.** Die Kältemaschinen sind auch für mittelfristige Kaltwasservorlauftemperatur von 12°C ausgelegt. (höhere Leistung) Der wasserseitige Druckverlust beträgt dabei 0.35 bar.
- C.** Die Vorlauftemperatur des Kaltwassers soll 6°C betragen. Bei einer Grädigkeit von 1.5 K entspricht dies einer Verdampfungstemperatur von 4.5°C.
- D.** Position 13: Die Kondensationstemperatur der vorgesehenen Kältemaschine liegt bei 36°C. Die Vorlauftemperatur des Kühlwassers beträgt dabei 34°C. Dies entspricht einer Grädigkeit von 2 K.
Position 14: Die Kondensationstemperatur der vorgesehenen Kältemaschinen liegt bei 36°C. Die Vorlauftemperatur des Kühlwassers beträgt dabei 34°C. Die Umformer sind bei einer Temperaturdifferenz von 1 K ausgelegt. Das neue System wird im Gegensatz zum Bestand mit einer Netztrennung geplant und gebaut.
- E.** Der Kühlgrenzabstand (Differenz Feuchtkugeltemperatur zu Kaltwassertemperatur) beträgt 5 K. Damit liegt bei einer Feuchtkugeltemperatur von 23°C die Kaltwassertemperatur bei 28°C. Die Rückkühlanlage sowie die Kältemaschinen kondensatorseitig sind somit bei einer Temperatur von 28 / 34°C ausgelegt.

Tabelle 5-1 gibt einen Überblick über die wichtigsten Temperaturanforderungen.

Tabelle 5-1

Bezeichnung	Bemerkung/Anforderung
Kaltwasservorlauftemperatur	Mindestens 4°C, Betrieb bei 5°C bzw. 12°C ^{a)}
Temperaturdifferenz	6 K
Umformer Grädigkeit Wasser / Wasser	1 K
Umformer Grädigkeit Wasser / Kältemittel	2 K
Umformer Grädigkeit Wasser / Glykol	1 K
Auslegung Rückkühler	Feuchtkugel 23°C → ≈ 35°C / 50% rF Kühlgrenzabstand: 5 K (28/34 °C)

a) Die Vorlauftemperatur wird ab dem Jahr 2030 auf 12°C gehalten, bis dahin wird eine Vorlauftemperatur von 6°C gefahren.

5.2 Hydraulische Anforderungen

Die Wärmeleistung der KM/WP1 (51 / 45°C) wird dem WRG-Netz zugeführt und für die Heizung der belieferten Gebäude verwendet. Das WRG-Netz soll hydraulisch vom Rückkühlnetz getrennt sein. Dies wird mit einer WRG-Umformergruppe realisiert.

Die beim Kälteprozess produzierte Abwärme wird von den Kältemaschinen an ein Rückkühlnetz abgegeben. Das Rückkühlnetz führt die Abwärme zum Rückkühlkreis (34 / 28°C). Da nicht immer Heizwärme benötigt wird, müssen die Rückkühler für die Abwärmeleistung aller Kältemaschinen ausgelegt werden.

5.3 Kältemittelanforderungen

Als mögliche Kältemittel für die Kältemittelkreisläufe kommen für die ETH folgende Optionen in Frage¹⁰:

- Ammoniak: R717 (NH₃)
- Teilhalogenierte Hydro-Fluor-Olefine: HFO-1234ze

In diesem Vorprojekt werden Kältemaschinen mit Schrauben- und Kolbenverdichtern mit dem Kältemittel R717 (NH₃) eingesetzt. Da dieses Kältemittel nicht für Kältemaschinen mit Turbocore-Verdichtern verwendet werden kann, werden diese Kältemaschinen mit HFO vorgesehen.

6 Kälte- / Wärmebedarf

In diesem Kapitel wird der momentane sowie künftige Kälte- und Wärmebedarf, welcher über die KZ CHN bezogen wird, berücksichtigt.

6.1 Kältebedarf

Der momentane Kältebedarf aus der CHN Kältezentrale beträgt ca. 1'400 kW. Die Kältezentrale versorgt damit die folgenden 8 Gebäude mit Kälte:

- CHN, CNB, CAB
- LFG, LFH, LFO, LFV, LFW

Diese acht Gebäude befinden sich auf dem UN Gebäudebereich des ETH Zentrums.

In der folgenden Tabelle sind der Kälteleistungsbedarf sowie der erwartete Anstieg des Kälteleistungsbedarfs pro Gebäude bis zum Jahr 2030 dargestellt¹. Im prognostizierten Anstieg des Kälteleistungsbedarfs ist ein Zuwachs von 0.3% pro Jahr bedingt durch Klimafaktoren berücksichtigt worden.

Tabelle 6-1

		Absatz 6																	
		Zuwachs pro Jahr																	
US	Gebäude	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	0.30%	
CHN	CHN	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	[kW]	
CHN	CNB	262	263	264	265	266	266	267	268	269	270	271	271	272	273	274	275		
CHN	CAB	86	86	86	87	87	87	87	88	88	88	88	89	89	89	90	90		
CHN	LFG	272	273	274	275	276	277	278	278	279	280	281	282	283	284	284	285		
CHN	LFH*	45	46	46	46	46	46	46	46	47	47	47	47	47	47	47	48		
CHN	LFO	k.A	k.A	k.A	k.A	k.A	k.A	k.A	k.A	k.A	k.A	k.A	k.A	k.A	k.A	k.A	k.A		
CHN	LFV	172	172	173	173	174	174	175	175	176	176	177	177	178	179	179	180		
CHN	LFW	151	152	152	153	153	154	154	155	155	156	156	157	157	158	158	158		
Total Beste- hend aus KZ CHN		333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	347	348	349		
		1'321	1'326	1'330	1'335	1'339	1'342	1'346	1'350	1'355	1'359	1'363	1'367	1'371	1'377	1'380	1'385		

*Bei diesen Kälteverbrauchern sind keine Kälteleistungsdaten vorhanden.
US = Unterstation CHN, KZ CHN

Beim Gebäude LFH ist mit einem Kältebedarf von 50 kW zu rechnen.¹

Die in der Tabelle dargestellten Bedarfszunahmen aufgrund klimatischer Faktoren sind unwesentlich, bezogen auf die Leistungserhöhung bedingt durch die Bedarfszunahme aufgrund der Versorgung des Kälteringes.

Im Jahr 2020 soll das Kältenetz (Kältering) des ETH Zentrums in Betrieb genommen werden. Die Kältezentrale KZ CHN soll die Erhöhung der Versorgungssicherheit im Kältering gewährleisten. Die ganze Kälteproduktion kann, gemäss der Priorisierung des Kälterings⁴, in den Kältering abgegeben werden. Dafür soll in der Kältezentrale die maximal mögliche Kälteleistung installiert werden¹, welche durch örtliche Dimensionen begrenzt wird. Diese Begrenzungen erlauben eine maximal installierte Kälteleistung in der KZ CHN von 5.5 MW.

Bis zum Jahr 2030 soll das Kältenetz auf dem Temperaturniveau 5 / 11°C betrieben werden. Zukünftig (ab 2030) sollen die Kälteverbraucher bei minimal 12°C Kälte beziehen. Das Temperaturniveau wird ab diesem Zeitpunkt auf 11 / 17°C beziehungsweise 12 / 18 °C (für die Kühlung gebäudeintern) erhöht.

In Bild 6-1 ist die Entwicklung des Kälte- und Wärmebedarfs dargestellt. Der Kälte- bzw. Wärmebedarf der einzelnen Gebäude ist dem Vorprojekt Kältenetz (Schlussbericht 9. Mai 2016, Kapitel 6.2 Gebäudediagramme) entnommen.

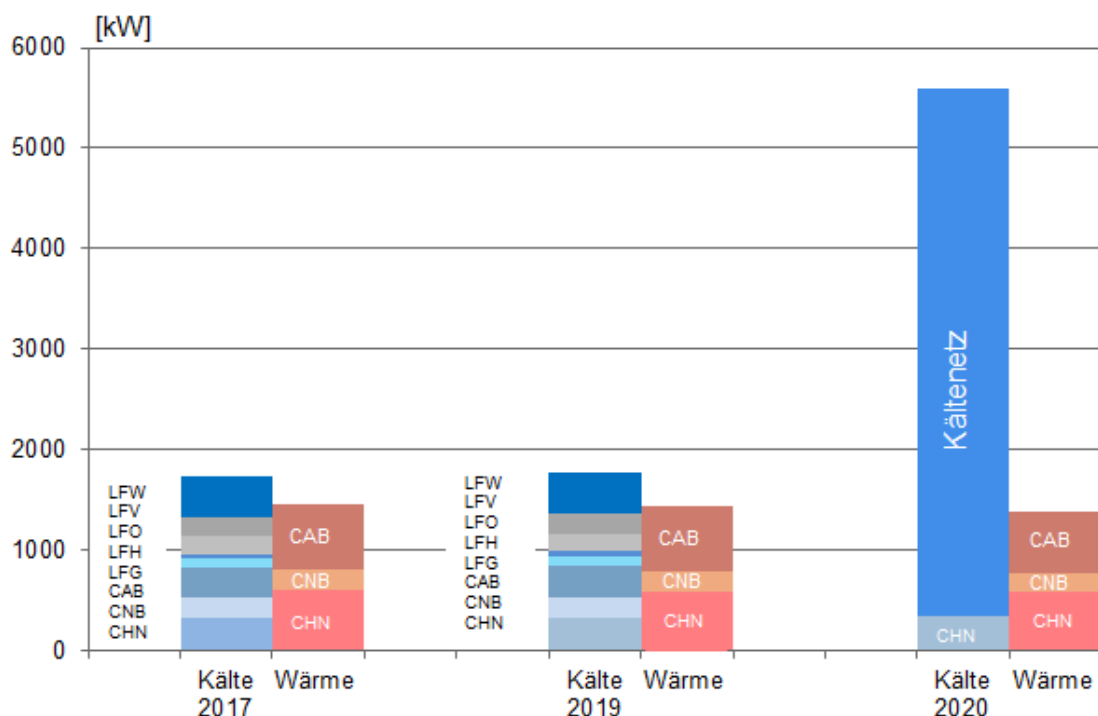


Bild 6-1: Energiebedarf CHN-Kältezentrale

6.2 Wärmebedarf

Der gesamte Wärmebedarf der Gebäude CHN, CAB und CNB ist in der untenstehenden Tabelle dargestellt. Die Deckung dieser drei Gebäude soll über die KZ CHN erfolgen, dies wird im Projekt entsprechend berücksichtigt.

Tabelle 6-2

Gebäude	Wärmebedarf [kW]
CHN	550
CAB	600
CNB	200

Gemäss den Monitoringsberichten² sowie dem Vorprojekt Kältenetz⁴ beträgt der Wärmebedarf des CHN Gebäudes momentan ca. 550 kW. Die Monitoringsberichte wurden im Jahr 2016 aktualisiert (nach der Fassadesanierung bzw. -Isolierung).

Vom gesamten Wärmebedarf wurden ca. 330 kW mit Fernwärme über drei Übergabestationen gedeckt (bei 75°C). Die restliche ca. 220 kW wurden mit Abwärme aus der Kälteproduktion gedeckt (bei 35 °C).

Der Wärmebedarf des CAB Gebäudes beträgt ca. 600 kW. Im CAB Gebäude gibt es eine Übergabestation, über welche der gesamte Wärmebedarf durch Fernwärme gedeckt wird.

Der Wärmebedarf des CNB Gebäudes beträgt ca. 200 kW. Hier ist analog zum Gebäude CAB eine Übergabestation installierte, welche den gesamten Wärmebedarf mittels Fernwärme deckt.

6.2.1 Temperaturniveau der Kältemaschinen kondensatorseitig

In der folgenden Tabelle sind die bestehenden und künftigen Temperaturniveaus der Abwärme der Kälteproduktion bzw. Kältemaschinen kondensatorseitig dargestellt.

Tabelle 6-3

Kältemaschine	Temperaturniveau Kondensatorseitig - Bestand [°C]	Temperaturniveau Kondensatorseitig - Neu [°C]
KM1 bzw. KM/WP1	35 / 29	51 / 46 und 34 / 28
KM2	35 / 29	34 / 28
KM3	35 / 29	34 / 28

6.2.2 WRG mit Temperaturniveau 35°C bzw. 34°C

Die Umformergruppe von 500 kW befindet sich in der KZ CHN und ist mit den Kältemaschinen am Vorlauf kondensatorseitig verbunden. Das Prinzipschema ist in Bild 3-1 ersichtlich. Die Abwärme von 35°C wird für die Vorwärmung der Luft in den Klimaanlage verwendet. Die versorgten Anlagen sind der Tabelle 6-4 zu entnehmen. Künftig wird diese Versorgung mit der KM/WP1, KM2 und KM3 auf einem Temperaturniveau von 34°C gewährleistet, welche analog dem Bestand in die Umformergruppe eingebunden wird. Der Umformer sowie die Leitungen von der KZ CHN zu Lüftungsanlage können dabei weiterhin verwendet werden, die Umwälzpumpen und Armaturen sowie die Leitungen in der KZ sollen neu installiert werden. Die Platzierung der Gruppen ist den Layouts der Kältezentrale zu entnehmen (Bild 7-1 bzw. Bild 7-4).

Die Leitungen bis zum Umformer sowie die Umwälzpumpen und die Armaturen sind zu ersetzen. Der bestehende Umformer kann weiterhin verwendet werden.

6.2.3 WRG mit Temperaturniveau 51°C

Neu soll ein Teil der Abwärme auf einem Temperaturniveau von 51°C produziert werden, was über die KM/WP1 ermöglicht wird. KM2 und KM3 können künftig nur Temperaturen von 34°C erreichen.

Es ist Ziel dieses Vorprojektes, einen möglichst hohen Wärmebedarfsanteil mit der Abwärme der Kälteproduktion zu decken. Als mögliche Verbraucher werden deshalb die Gebäude CHN, CAB und CNB berücksichtigt, da sich die Wärmeverteiler dieser Gebäude örtlich gut erschliessen lassen.

Die KM/WP1 kann 1'250 kW Abwärme auf einem Temperaturniveau von 51°C produzieren. Mit dieser Abwärme können die Gebäude CHN (330 kW), CAB (600 kW) und CNB (200 kW) betrieben werden.

Die Fernwärme-Übergabestationen liefern Fernwärme mit einer Temperatur von 75°C. Die Abwärme der KM/WP1 wird deshalb in den Rücklauf eingespeist. Durch diese Einspeisung ist es möglich, die Rücklauftemperatur um ca. 12 K anzuheben (von bestehend 38°C auf neu ca. 50°C). Bei einer zukünftigen Absenkung des Temperaturniveaus der Verbraucher kann der Wärmebedarf alle drei Gebäude (CHN, CAB und CNB) durch WRG gedeckt werden. Dies gilt bei einem ausreichend hohem Kältebedarf des CHN Gebäudes oder des Kälterings. Die Kälteproduktion kann gemäss der Priorisierung des Kälterings⁴ in den Kältering abgegeben werden.

Die hydraulische Einbindung der WRG ist in Bild 6-2 sowie im Prinzipschema-Kälteerzeugung (Planverzeichnis Kapitel 17.1, Nr. 2) ersichtlich.

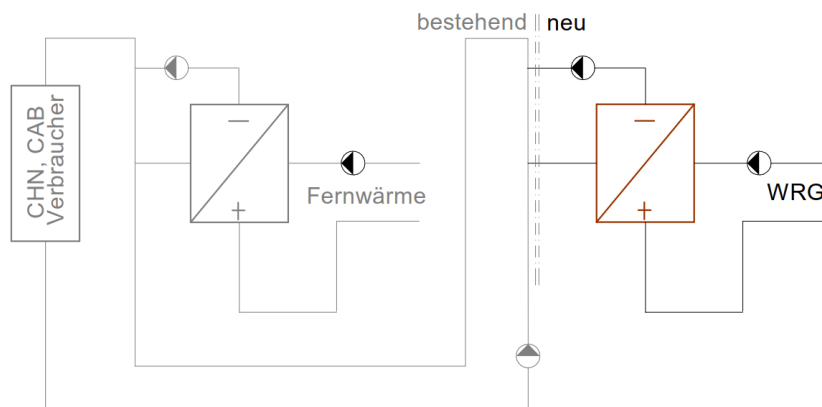


Bild 6-2: WRG Einspeisung in Rücklauf

CHN Gebäude

Das CHN Gebäude wird über drei Fernwärme-Übergabestationen versorgt:

- CHN A: Geschoss C, Raum C.44
- CHN B: Geschoss B, Raum B10.2
- CHN C: Geschoss E, Raum E.70

Die Positionen der Übergabestationen sind in Bild 6-3 ersichtlich. Die Übergabestationen CHN B und CHN C befinden sich neben dem Technikraum D68.3 in welchem die WRG - Umformergruppe platziert wird.

Die Leitungen zur Übergabestation CHN A können von der ÜS CHN B durch den Korridor B 10.002, B25.002 und C 25.0011 geführt werden.

Platz für die notwendigen Umwälzpumpen des Pumpenkreises von den WRG-Speichern zur Fernwärmeübergabestation ist im Technikraum D68.3 vorgesehen. Die Umformergruppe ist im selben Raum vorgesehen.

Der Grundriss ist dem Plan Nr. 3 im Anhang zu entnehmen.

Der gesamte Wärmebedarf des CHN Gebäudes beträgt gemäss dem Monitoringbericht² 1'085 MW/h beziehungsweise ca. 550 kW. Davon sollen 330 kW mit Abwärme auf dem Temperaturniveau von 51°C gedeckt werden.

Die drei Fernwärmeübergabestationen des CHN Gebäudes werden mit einer Verbraucherleistung von 1'122 kW belassen, da die Neudimensionierung ausserhalb der definierten Systemgrenzen liegt. Die entsprechenden Verbraucher benötigen eine gesamte Leistung von 330 kW. Die Verbraucher sowie die Leistungen der Umformer sind in Tabelle 6-4 dargestellt.

CAB Gebäude

Die Fernwärmeübergabestation des CAB Gebäudes hat eine Leistung von 1'200 kW (siehe Tabelle 6-4). Der effektive Wärmebedarf des CAB Gebäudes beträgt ca. 600 kW⁴.

Das CAB Gebäude wird ebenfalls über die Fernwärmeübergabestation mit 75°C Wärme versorgt. Die Übergabestation befindet sich im CAB Gebäude D Geschoss Raum D10.3 und ist vom CHN Gebäude aus gut erschliessbar. Die Leitungen dafür können über den bestehenden Energiekanal geführt werden. Die Distanz zwischen den technischen WRG-Speichern im CHN Gebäude und der Fernwärme-Übergabestation im CAB Gebäude beträgt dabei ca. 150 m.

CNB Gebäude

Die Verbraucher des CNB Gebäudes, verbrauchen Wärme auf einem Temperaturniveau von 75°C. Der Wärmebedarf des CNB Gebäudes beträgt ca. 200 kW. Die Versorgung des CNB Gebäudes mit WRG aus der KZ CHN könnte ebenfalls über den Energiekanal geführt werden. Aufgrund der nötigen Leitungsdistanz, welche von der Übergabestation CAB bis zu der Übergabestation im CNB ca. 160 m beträgt, ist dies noch zu prüfen.

In Bild 6-3 ist die Situation der Fernwärme- bzw. WRG-Übergabestationen abgebildet.

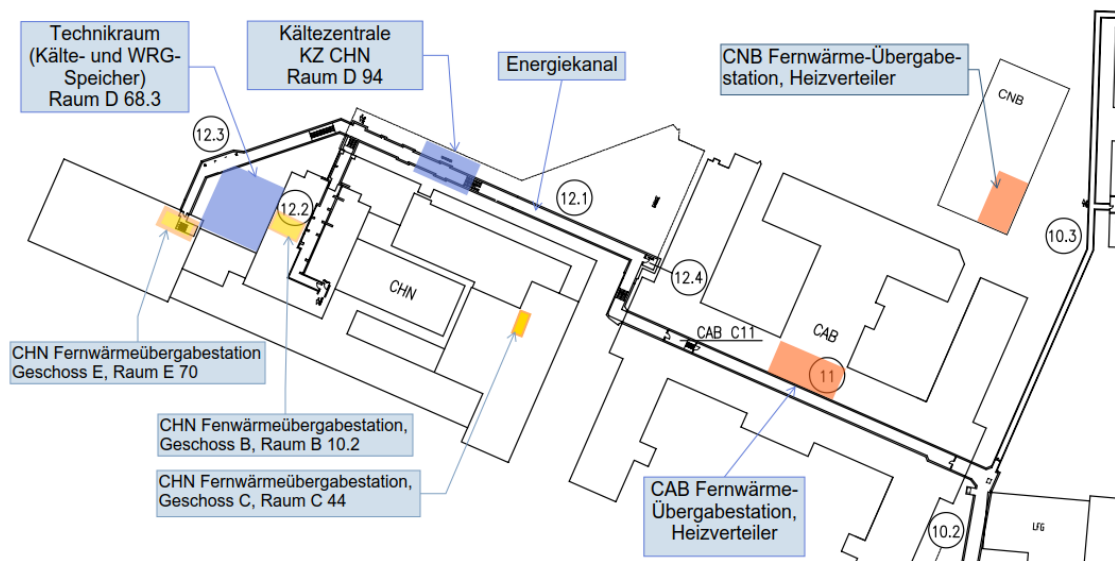


Bild 6-3: Situation Fernwärme-Übergabestation

In der folgenden Tabelle sind die Fernwärmeübergabestationen der Gebäude CHN und CNB mit den Verbrauchergruppen aufgeführt.

Tabelle 6-4

Übergabestation / Temperatur der Erzeugung	Anzahl der Wärmetauscher	Leistung der Wärmetauscher pro Stück [kW]	Bestehende Versorgung	Gruppe der Verbraucher	Leistung der Verbraucher [kW]	Temp.-Niveau der Verbraucher [°C]	Leistung der Übergabestation [kW]
CHN A (75 / 44°C) Raum Nr. C44	1	150	Fernwärme	Gruppe A	110	55 / 40	121
				Gewächshaus A	11	55 / 40	
CHN B (75 / 44°C) Raum Nr. B 10.2	2	1'000	Fernwärme	Treppenhaus B	30	55 / 40	791
				Turm	35	55 / 40	
				Nord B Turm	50	55 / 40	
				West B Turm	60	55 / 40	
				Süd B Turm	35	55 / 40	
				Nord B Ost	105	55 / 40	
				West B	55	55 / 40	
				Süd B Ost	15	55 / 40	
				Ost B Turm	20	55 / 40	
				Atrium B	10	55 / 40	
				Untergeschosse B	116	55 / 35	
				Lufterhitzer B Turm	260	55 / 35	
CHN C (75 / 44°C) Raum Nr. E 70	2	150	Fernwärme	Lufterhitzer B West	45	55 / 35	210
				LEH Büros	25	50 / 35	
				LEH Nebenräume	20	50 / 35	
				RH West	60	55 / 40	
				RH Ost	60	55 / 40	
CAB (75 / 44°C)	2	600	Fernwärme	RH WH Nord	10	55 / 40	1'102
				RH WH Süd	10	55 / 40	
				RH Hauptbau	170	55 / 40	
				RH Hauptgr. T-Bau	280	55 / 40	
				RH NO Flügel	90	55 / 40	
				RH NW Flügel	60	55 / 40	
				RH SW Flügel	60	55 / 40	
				RH SO Flügel	80	55 / 40	
				LEH Zentralen	342	55 / 35	
WRG, Temp.- Niveau	Anzahl der Wärmetauscher	Leistung der Wärmetauscher [kW]	Bestehende Versorgung	Gruppe der Verbraucher	Leistung der Wärmetauscher [kW]	Temp.-Niveau der Verbraucher [°C]	Leistung der Verbraucher [kW]
WRG von der Kälteproduktion KZ CHN (33 / 27°C)	1	500	WRG	Zentrale B17.2	60	21.7 / 11	305
				Zentrale D68.2	35	26.5 / 14.2	
				Zentrale C52 KLI14	80	26 / 15.3	
				Zentrale C52 LU-E01	30	25.6 / 15	
				Zentrale C52 LU-E03	25	25.8 / 15.6	
				Zentrale KLI11	75	26.9 / 14.3	

6.3 Geplante Ablösephasen

Gemäss dem Vorprojekt „Kältenetz ETH Zentrum“⁶ soll die Kältezentrale CHN über den Knotenpunkt 11 mit dem Kältenetz verbunden werden.

Der geplante Umbau der Kältezentrale und dessen Kälteeinspeisung in den Kältering soll gemäss dem Masterplan „Energie ETH Zentrum“¹ folgende Ablösephasen im thermischen System des CHN-Gebäudes durchlaufen:

- Bis Ende 2019 sollen alle Kältemaschinen blockweise ersetzt werden. Während dieser Zeit wird die Kälteproduktion teilweise über Provisorien sichergestellt.
- Die bestehenden vier Kältespeicher mit einem Fassungsvermögen von gesamthaft 42 m³ werden bis Ende 2019 durch zwei neue Speicher mit einem Gesamtvolumen von ca. 90 m³ ersetzt. Die ausgetauschten Speicher werden neu zur Wärmespeicherung (WRG) eingesetzt.
- Ab 2020 soll die Kältezentrale die Verbraucher über den Kältering speisen. Mittelfristig ist dabei eine Vorlauftemperatur von 5°C für die Versorgung des Kältringes zu gewährleisten. Die Kälteverbraucher sollen Kälte von 6°C beziehen. Ob die Einspeisung der Kälte in den Kältering direkt oder über Umformergruppen erfolgen wird, ist noch nicht definiert. Eine direkte Einspeisung der Kälte in den Kältering würde die Möglichkeit der direkten Versorgung der CHN Verbraucher aus der KZ CHN ausschliessen. Die entsprechenden Schemas sind folgend dargestellt. Die Umformer sollen bei einer Grädigkeit von einem Kelvin ausgelegt werden.
- Langfristig (ca. ab 2030) soll die Kältezentrale Kälte von 11°C für die Kälteringversorgung, beziehungsweise 12°C für die direkte Versorgung der CHN-Verbraucher produzieren.
- Die Abwärme der Kälteerzeugung (KM/WP1) bei etwa 51°C wird ab Mitte 2019 für den Heizkreis der belieferten Gebäude verwendet. Die Gebäude werden zusätzlich mit Wärme bei 75°C aus dem Fernwärmekreislauf versorgt.
- Die Abwärme der neuen Kältemaschinen wird über gesamthaft sechs Rückkühler abgeführt, wobei diese bis Ende 2019 komplett installiert sein werden.

Die Ablösephasen sind im Anhang beigelegt (Planverzeichnis Kapitel 17.1, Nr. 7).

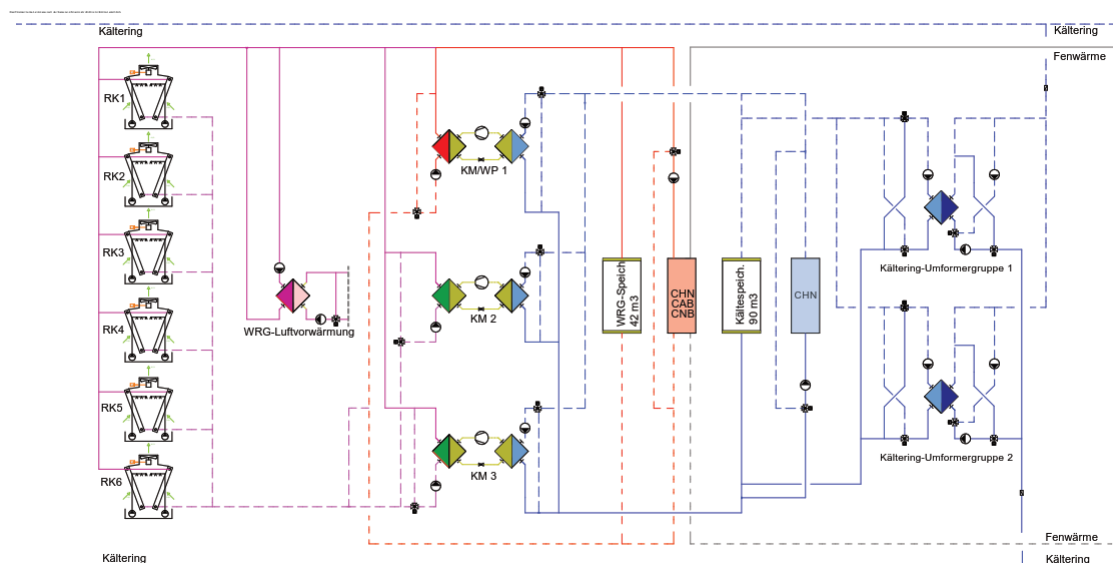


Bild 6-4: Prinzipschema nach der Sanierung, Einspeisung der Kälte über die Umformergruppen, Stand Jahr 2020

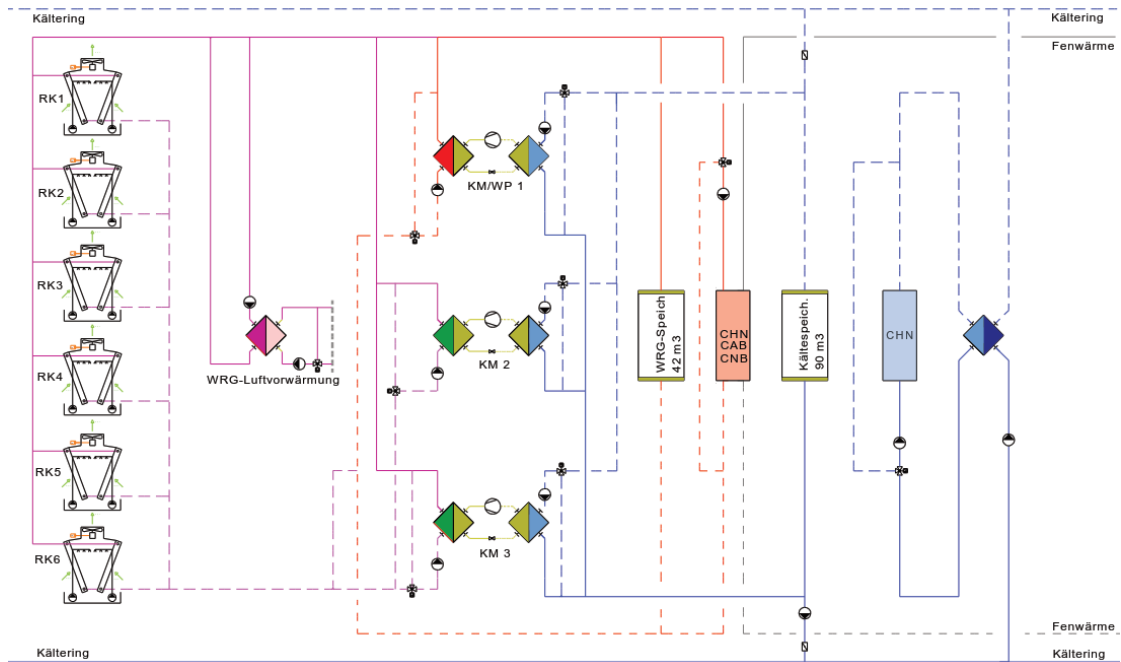


Bild 6-5: Prinzipschema nach der Sanierung, Einspeisung der Kälte direkt in den Kältering, Stand Jahr 2020

7 Auslegung Kältemaschine

Für eine optimale Auslegung der Kältemaschinen darf die Abwärmeleistung des Rückkühlvermögens der Rückkühlwerke nicht überschreiten. Die Auslegung der Kältemaschinen im Vergleich zu der Leistung der Rückkühler ist in diesem Kapitel dargestellt. Die Auslegung der Rückkühlwerke ist in Kapitel 8 einsehbar.

Zwei Optionen der Kältemaschinen wurden in diesem Kapitel berücksichtigt:

- Variante 1: Aufbau zweier Kältemaschinen mit Kolbenverdichtern und je 2.3 MW Kälteleistung sowie einer Kältemaschine mit Schraubenverdichter und einer Kälteleistung von 1.1 MW.
- Variante 2: Aufbau zweier Kältemaschinen mit 7 Turbocore-Verdichtern und je 2.3 MW Kälteleistung sowie einer Kältemaschine mit Schraubenverdichter von 1.1 MW Kälteleistung.

In diesem Vorprojekt wurden die Kältemaschinen mit Kolben- und Schraubenverdichtern durch den Hersteller Johnsons Controls ausgelegt. Am Schweizer Markt sind jedoch auch weitere Hersteller vertreten, welche als Alternative in Frage kommen, z.B. Wettstein o.ä.

Die Kältemaschinen mit Turbocore-Verdichtern sind von der Firma Friochem AG ausgelegt worden, alternative Hersteller wären hier z. B. Engie, CTA, o.ä.

Variante 1: KM mit Schrauben- und Kolbenverdichtern

Die Kältemaschine mit Schraubenverdichter kann WRG auf dem höchsten Temperaturniveau produzieren. Deswegen wird in dieser Variante die Kältemaschine KM/WP1 mit einem Schraubenverdichter ausgelegt. Kältemaschinen mit einem Kolbenverdichter haben einen besseren COP bezogen auf jene mit Schraubenverdichtern, weswegen die restlichen zwei Kältemaschinen (KM2 und KM3) in dieser Variante mit Kolbenverdichtern vorgesehen sind. Mit den Kältemaschinen KM2 und KM3 wird keine WRG betrieben.

Die Auslegung der Komponenten wird in Tabelle 7-1 aufgeführt. Die Bezeichnungen der Anlagen sind der Tabelle 16-2 zu entnehmen.

Beim Betrieb der Kühltürme mit einer Feuchtkugelttemperatur von 23°C (Luftzustand am Eintritt 32°C und 50% rF) können die Kältemaschinen die volle Kälteleistung erreichen. Dabei sind über die Rückkühler maximal 7'000 kW abzugeben. Die volle Kondensatorleistung der drei Kältemaschinen im Auslegungszustand beträgt 6'596 kW. Die in der Tabelle 7-1 dargestellten Leistungen sind ohne WRG Betrieb der KM/WP1 ausgelegt (Die gesamte Rückkühlleistung aller drei Maschine kann über die Rückkühlanlage abgegeben werden).

Tabelle 7-1

	Rückkühlleistung FKT =23°C [kW]	Kältemaschine Kondensator [kW]	Kältemaschine Verdampfer [kW]
KM/WP1		1'276	1'118
KM2		2'660	2'286
KM3		2'660	2'286
Total	7'000	6'596	5'690

Alle drei Kältemaschinen in der Variante 1 sollen mit dem Kältemittel Ammoniak betrieben werden.

Variante 2 - KM mit Schrauben- und Turbocore-Verdichtern

Die KM/WP1 wird identisch geplant wie in der Variante 1, damit die WRG auf einem Temperaturniveau von ca. 52°C betrieben werden kann. Die Kältemaschinen KM2 und KM3 werden mit je 7 Turbocore-Verdichtern geplant.

Tabelle 7-2

	Rückkühlleistung FKT= 23 °C [kW]	Kältemaschine Kondensator [kW]	Kältemaschine Verdampfer [kW]
KM/WP1		1'276	1'118
KM2		2'800	2'300
KM3		2'800	2'300
Total	7'000	6'876	5'718

Die Kältemaschine KM/WP1 wird mit dem Kältemittel Ammoniak ausgelegt, die Kältemaschinen KM2 und KM3 mit dem teilhalogenierten Kältemittel Fluorolefine – HFO R-1234ze.

Empfehlung

Mit der Variante 2 lässt sich eine unwesentlich höhere Kälteleistung produzieren als mit der Variante 1. Sie ist auch bezüglich Energieeffizienz der Variante 1 überlegen, da die Kältemaschinen mit Turbocore-Verdichter einen COP von 5.7 aufweisen, jene mit Kolbenverdichter lediglich 5.4. Damit ist Variante 2 der Variante 1 vorzuziehen.

Wartungstechnisch ist die Verwendung von verschiedenen Verdichter-Typen mit unterschiedlichen Kältemitteln problemlos möglich, da im ETH-Zentrum bereits alle vorgesehene Verdichter-Typen (Hersteller) und Kältemittel präsent sind.

In den folgenden Kapiteln 7.1 und 7.2 sind die technischen Daten der Kältemaschinen aufgeführt. Die dargestellten Kältemaschinen mit Schrauben- und Kolbenverdichtern stammen dabei vom Hersteller Johnson Controls AG. Die Kältemaschinen mit Turbocore-Verdichtern kommen vom Hersteller Friothers AG. Falls die ETH in der Variante 2 die Kälteanlagen ebenfalls von nur einem Hersteller beziehen möchte, wird dies in der nächsten Projektierungsphase berücksichtigt.

7.1 Auslastung Kältemaschine - Variante 1

Vorgesehen ist eine Kältemaschine (KM/WP1) mit Schraubenverdichter und zwei Kältemaschinen (KM2 und KM3) mit Kolbenverdichtern. Als Kältemittel wird bei allen Kältemaschinen Ammoniak eingesetzt. In Bild 7-1 ist das Layout der Kältezentrale dargestellt. Das Schnitt A-A ist im Bild 7.9 dargestellt.

Die KM/WP1 besitzt verdampferseitig eine Kälteleistung von 1'118 kW, die KM2 und KM3 besitzen je eine Kälteleistung von 2'286 kW. Damit beträgt die gesamthaft installierte Kälteleistung 5'690 kW.

In dieser Variante sind die Auslegungen der Kältemaschinen durch den Hersteller „Johnsons Controls“ dargestellt.

Eine Zusammenfassung der technischen Daten der neuen Kältemaschinen ist in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 7-3

Kälteanlage, Hersteller „Johnsons Controls“			
Kältemaschine 1 mit Schrauben- verdichter (alle Daten sind pro KM gegeben)	Verdichter Typ		PACSAB193L VE KW-Betrieb
	Verdichter Anzahl		1
	KW Betrieb	Kälteleistung 100%	1'118 kW
		Elektrische Leistung	213 kW
		EER	5.24
		Wärmeleistung	1'276 kW
	WP Betrieb	Kälteleistung 100%	1'084 kW
		Elektrische Leistung	325 kW
		EER	3.85
		Wärmeleistung	1'252 kW
	Kältemittel		ca.130 kg / NH ₃
Kältemaschine 2 und Kältemaschine 3 mit Kolbenverdichter (alle Daten sind pro KM gegeben)	Druckverlust Verdampfer		ca. 35 kPa
	Druckverlust Kondensator		ca. 35 kPa
	Abmessungen L x B x H		3'750 x 3'150 x 2'200
	Verdichter Typ		SMC 116L V
	Verdichter Anzahl		2
	Kälteleistung		2'286 kW
	Elektrische Leistung		418 kW
	EER		5.46
	Kältemittel		ca.150 kg / NH ₃
	Druckverlust Verdampfer		ca. 35 kPa
	Druckverlust Kondensator		ca. 35 kPa
	Abmessungen L x B x H		7'500 x 2'600 x 3'800

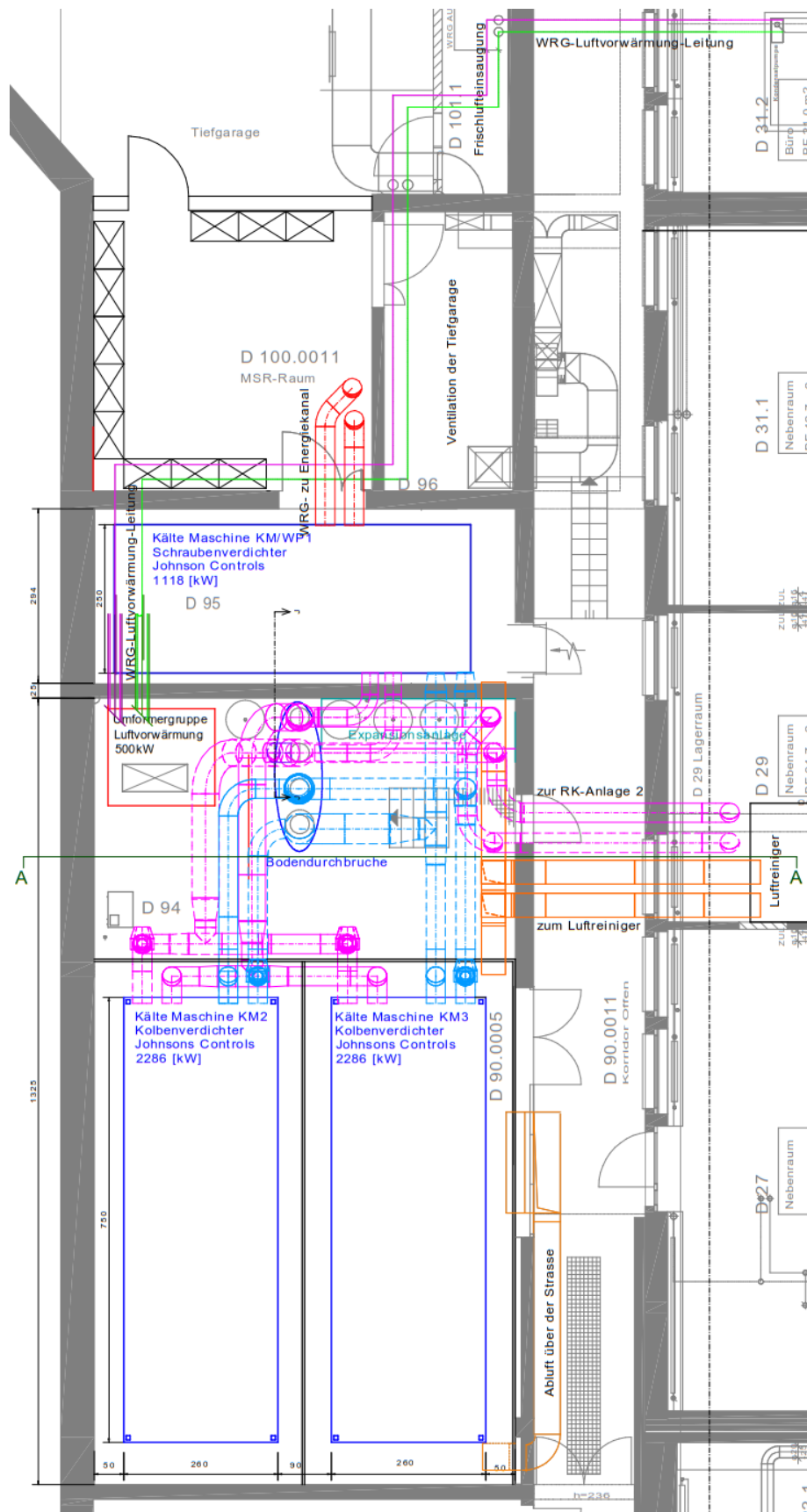


Bild 7-1: Layout der Kältezentrale

Bild 7-2 zeigt die technischen Zeichnungen einer Kälteanlage mit Schraubenverdichter und einer Kälteleistung von ca. 1'100 kW (Hersteller: Johnsons Controls). Diese Abbildungen entsprechen dem benötigten Kältemaschinentyp, die effektive Ausführung ist jedoch speziell für die räumlichen Anforderungen zu bauen.

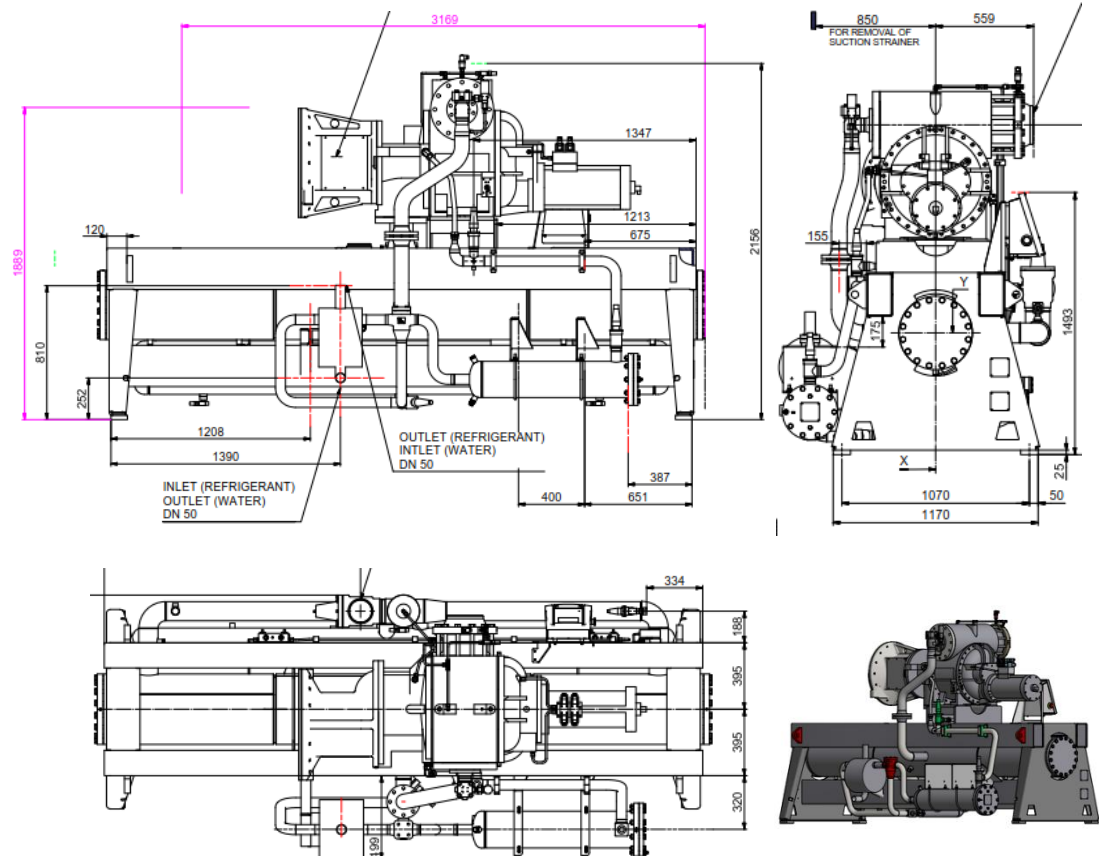


Bild 7-2: Kältemaschine mit Schraubenverdichter „Johnsons Controls“ – Technische Zeichnung

Bild 7-3 zeigt die technischen Zeichnungen der Kälteanlage mit Kolbenverdichter und einer Kälteleistung von ca. 2'300 kW (Hersteller: Johnsons Controls). Diese Abbildungen entsprechen dem benötigten Kältemaschinentyp, die effektive Ausführung ist jedoch speziell für die räumlichen Anforderungen zu bauen.

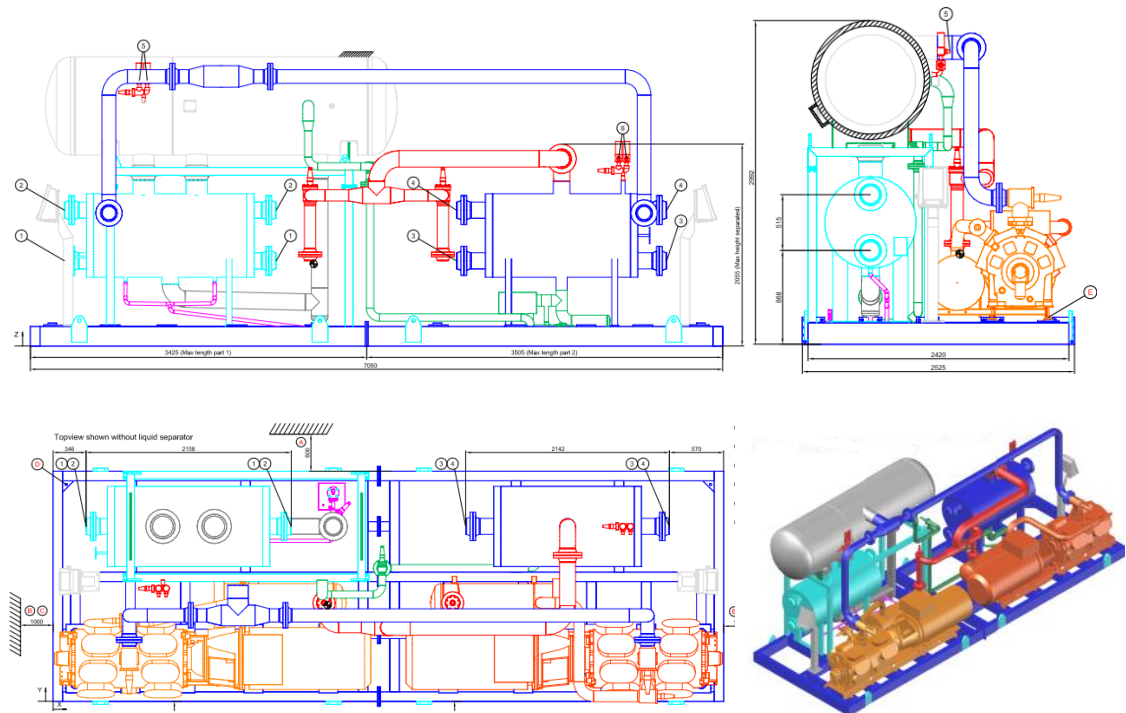


Bild 7-3: Kältemaschine mit Kolbenverdichter „Johnsons Controls“ – Technische Zeichnung

Die Kälteanlagen werden in dichten Gehäusen untergebracht, damit im Falle eines Kältemittelaustritts (siehe Kapitel 7.8.1) nur die betroffene Maschine ausgeschaltet werden muss und der Betrieb der übrigen gewährleistet werden kann.

Aufgrund der Platzverhältnisse sollten die Gehäuse die Maschinen sehr eng umschliessen. Es bietet sich an, pro Seite lediglich einen Spielraum von etwa 15 cm von der Gehäusewand zur Maschine zu belassen. Dies bedingt jedoch für jeden Service die Demontage des Gehäuses. Um den Aufwand so gering wie möglich zu halten, sind diese Gehäuse deshalb so zu konzipieren, dass sie leicht zu montieren und demontieren sind.

Gemäss den Anforderungen der ETH sind die Kältemaschinen bei 100%, 75% und 50% Auslastung auszulegen.¹⁰ Die detaillierten technischen Daten bei diesen unterschiedlichen Auslastungen können der Tabelle 7-4 entnommen werden.

Tabelle 7-4

			100%	75%	50%
KM/WP1	Ohne WRG	Kälteleistung	1'118 kW	838 kW	559 kW
		Elektrische Leistung	213 kW	158 kW	104 kW
		EER	5.24	5.31	5.38
		Volumenstrom [m ³ /h]	160	120	80
		Temperatur[°C] verdampferseitig kondensatorseitig	5 / 11 28 / 34	5 / 11 28 / 34	5 / 11 28 / 34
	Mit WRG	Kälteleistung	1'084 kW	813 kW	542 kW
		Elektrische Leistung	325 kW	214 kW	142 kW
		EER	3.34	3.81	3.73
		Volumenstrom [m ³ /h]	154	116	77
		Temperatur[°C] verdampferseitig kondensatorseitig	5 / 11 51 / 45	5 / 11 51 / 45	5 / 11 51 / 45
KM2/ KM3 Variabler Durch- fluss	Ohne WRG	Kälteleistung	2'286 kW	1'715 kW	1'143 kW
		Elektrische Leistung	246 kW	300 kW	191 kW
		EER	5.46	5.72	5.97
		Volumenstrom [m ³ /h]	328	246	164
		Temperatur[°C] verdampferseitig kondensatorseitig	5 / 11 28 / 34	5 / 11 28 / 34	5 / 11 28 / 34

Die Temperaturanforderung (Bild 5-1, Punkt 3) verlangt, dass bei einer kälteseitigen Austrittstemperatur von 5°C die Verdampfungstemperatur 3°C zu betragen hat. Die vom Hersteller Johnsons Controls ausgelegten Maschinen weisen eine Verdampfungstemperatur von 2°C auf. In der nächsten Projektphase ist die Auslegung der vorprojektierten Maschinen anzupassen bzw. sind Alternativen zu prüfen.

Im Jahr 2030 soll das Temperaturniveau im Kältering von 5 / 11°C auf 12 / 18°C angehoben werden.⁶ In den nächsten Projektierungsphasen sollen die Kältemaschinen auch für diese Temperaturen ausgelegt werden.

7.2 Auslastung Kältemaschine - Variante 2

Die KM/WP1 soll identisch derjenigen aus Variante 1 sein (siehe Kapitel 7.1). Ebenfalls wird die Platzierung dieselbe sein.

Die zwei zusätzlichen Kältemaschinen KM2 und KM3 sind mit Turbocore-Verdichtern ausgestattet. Jede mit einer Kälteleistung von 2'300 kW. In Bild 7-1 ist das Layout der Kältezentrale dargestellt.

Eine Zusammenfassung der technischen Daten der neuen Kältemaschinen ist in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 7-5

Kälteanlage, Hersteller : „Johnsons Controls“			
Kältemaschine 1 mit Schrauben- verdichter (alle Daten sind pro KM gegeben)	Verdichter Typ		PACSAB193L VE KW-Betrieb
	Verdichter Anzahl		1
	KW Betrieb	Kälteleistung 100%	1'118 kW
		Elektrische Leistung	213 kW
		EER	5.24
		Wärmeleistung	1'276 kW
	WP Betrieb	Kälteleistung 100%	1'084 kW
		Elektrische Leistung	325 kW
		EER	3.85
		Wärmeleistung	1'252 kW
	Kältemittel		ca.130 kg / NH ₃
	Druckverlust Verdampfer		ca. 35 kPa
	Druckverlust Kondensator		ca. 35 kPa
	Abmessungen L x B x H		3'750 x 3'150 x 2'200
Kältemaschine 2 und Kältemaschine 3 mit Turbocore- Verdichter (alle Daten sind pro KM gegeben)	Verdichter Typ		Turbocore TG 390
	Verdichter Anzahl		7
	Kälteleistung		2'300 kW
	Elektrische Leistung		396 kW
	EER		5.8
	Kältemittel		HFO1234ze
	Druckverlust Verdampfer		ca. 40 kPa
	Druckverlust Kondensator		ca. 45 kPa
	Abmessungen L x B x H		5'450 x 2'530 x 2'003

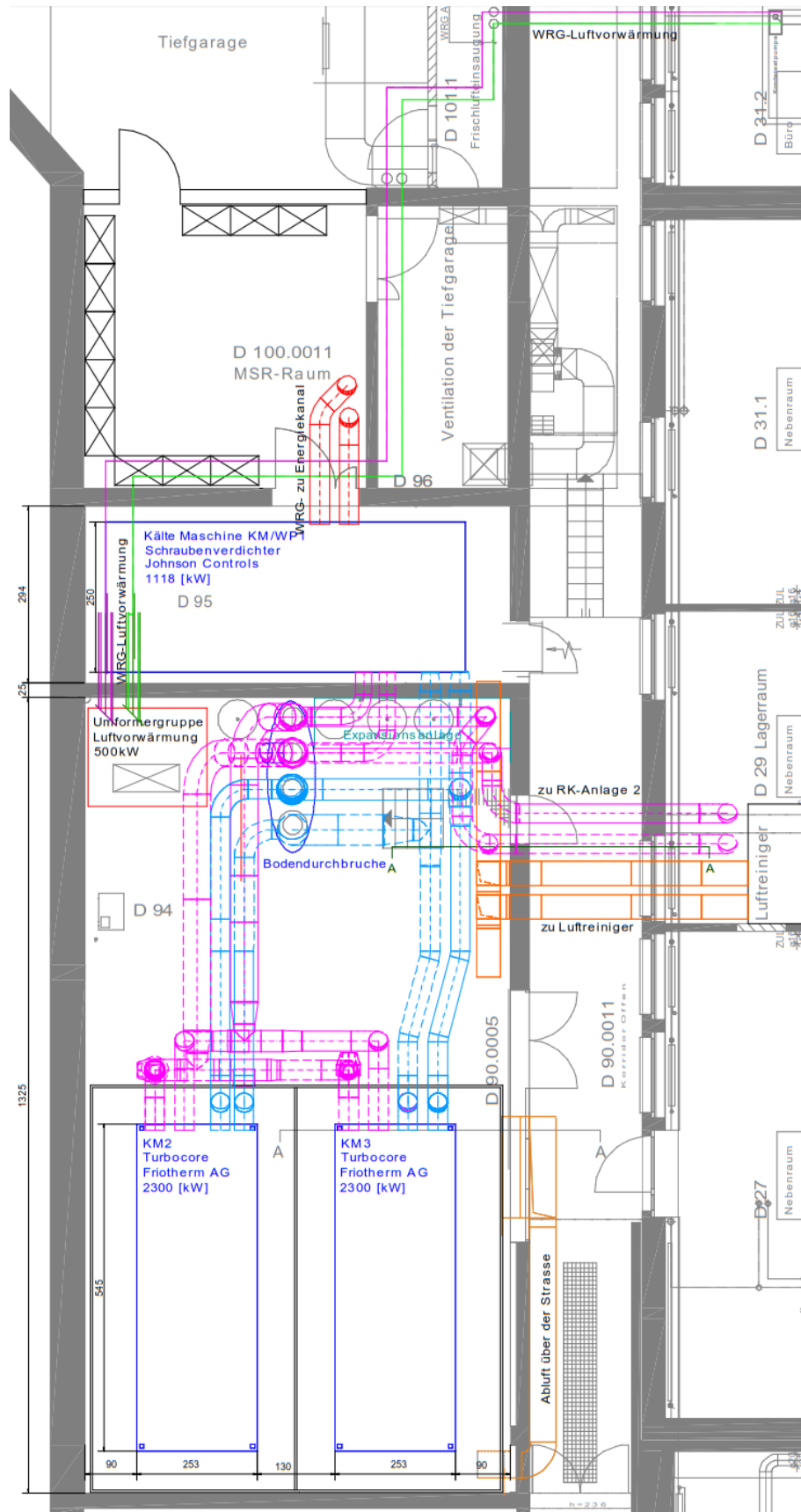


Bild 7-4: Layout der Kältezentrale

Die Einhausung der Kältemaschinen wird analog der Variante 1 erfolgen.

Bild 7-5 zeigt die technischen Zeichnungen der Kälteanlage mit Turbocore-Verdichter und einer Kälteleistung von ca. 2'300 kW (Hersteller: Friotherm AG).

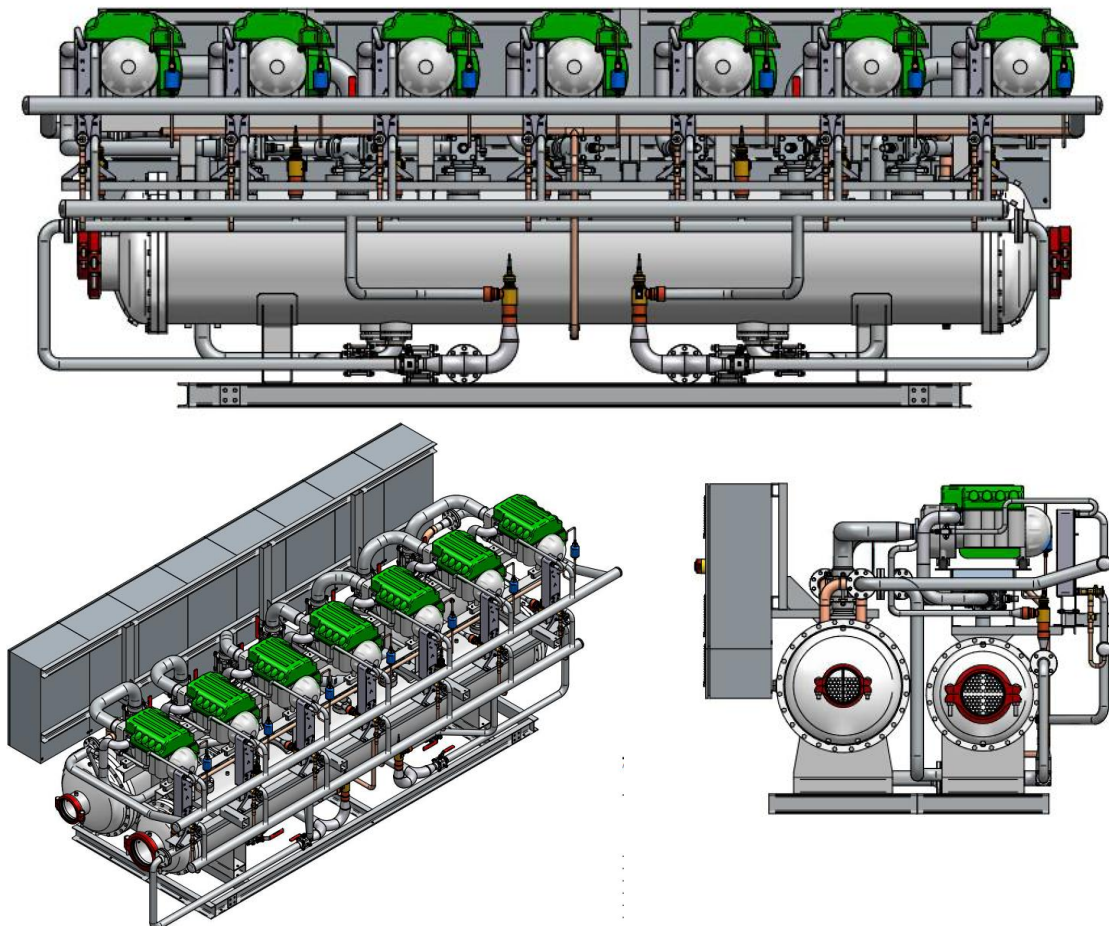


Bild 7-5: Kältemaschine mit Turbocore-Verdichter „Friotherm AG“ – Technische Zeichnung

Die detaillierten technischen Daten bei den Auslastungen 100%, 75% und 50% können der Tabelle 7-6 entnommen werden.

Tabelle 7-6

			100%	75%	50%
KM/WP1	Ohne WRG	Kälteleistung	1'118 kW	838 kW	559 kW
		Elektrische Leistung	213 kW	158 kW	104 kW
		EER	5.24	5.31	5.38
		Volumenstrom [m ³ /h]	160	120	80
		Temperatur[°C] verdampferseitig kondensatorseitig	5 / 11 28 / 34	5 / 11 28 / 34	5 / 11 28 / 34
	Mit WRG	Kälteleistung	1'084 kW	813 kW	542 kW
		Elektrische Leistung	325 kW	214 kW	142 kW
		EER	3.34	3.81	3.73
		Volumenstrom [m ³ /h]	154	116	77
		Temperatur[°C] verdampferseitig kondensatorseitig	5 / 11 51 / 45	5 / 11 51 / 45	5 / 11 51 / 45
KM2/KM3 variabler Durchfluss	Ohne WRG	Kälteleistung	2'300 kW	1'725 kW	1'150 kW
		Elektrische Leistung	397 kW	274	k.A.
		EER	5.46	5.8	k.A.
		Volumenstrom [m ³ /h]	328	246	k.A.
		Temperatur[°C] verdampferseitig kondensatorseitig	5 / 11 28 / 34	5 / 11 28 / 34	5 / 11 28 / 34
KM2/KM3 variabel Temperaturen	Ohne WRG	Kälteleistung	2'300 kW	1'725 kW	1'150 kW
		Elektrische Leistung	397 kW	215 kW	106 kW
		EER	5.46	8.0	10.8
		Volumenstrom [m ³ /h]	328	328	328
		Temperatur[°C] verdampferseitig kondensatorseitig	5 / 11 28 / 34	5 / 9.5 23.5 / 28	5 / 8 19 / 22

In der Tabelle 7-6 sind die Teillast - Auslegungen der Maschinen mit Variablem Durchfluss und mit variabler Temperaturen dargestellt. Es ist generell besser, die Wassertemperaturen anstatt der Wassermengen zu variieren. Die Wassermengen können max. bis ca. 70% reduziert werden, da ansonsten die Geschwindigkeit unter 1 m/s fallen kann und damit die Gefahr einer Verschmutzung der Wärmetauscher gross wird. Aus diesem Grund sind in der Tabelle 7-6 (KM2/KM3 variabler Durchfluss) keine Angaben bei einer Leistung von 50% gegeben.

Im Jahr 2030 soll das Temperaturniveau im Kältering von 5 / 11°C auf 12 / 18°C angehoben werden.⁶ In den nächsten Projektierungsphasen sollen die Kältemaschinen auch für diese Temperaturen ausgelegt werden.

7.3 Kältespeicher

Das bestehende Kältespeichervolumen von 42 m^3 setzt sich aus vier Kältespeichern zusammen, welche sich im Technikraum D68.3 befinden. Für die vorgesehene Kälteleistung von 5.5 MW wird ein Speichervolumen von etwa 100 m^3 benötigt. Dieses Speichervolumen wird durch zwei neue Speicher realisiert, wobei Platzbedingt nur ein maximales Speichervolumen von 90 m^3 realisierbar sind. Die bestehenden Speicher werden neu zu WRG Zwecken eingesetzt - wo bis anhin keine Speicher eingebunden waren.

Die Statikauslegung stammt von der Firma ACS-Partner AG, die Offerte der neuen Kältespeicher stammt von der Firma Jenni Energietechnik AG. Beide Dokumente sind im Anhang beigelegt. Die zwei Kältespeicher haben je einen Aussendurchmesser von 2.6 m (Innendurchmesser ca. 2.44 m) und ein Leergewicht von 8'500 kg. Sie weisen ein Füllvolumen von 45 m^3 und eine Höhe von 10 m pro Speicher auf. Aufgrund ihrer Dimensionen ist lediglich im Lagerraum B68.1 unter dem Technikraum D68.3 Platz für die Positionierung vorhanden (siehe Bild 7-6 und Bild 7-7). Die Speicher werden demnach im Geschoss B aufgestellt und benötigen zwei Geschosshöhen (B und D), welche je eine Höhe von 5.5 m aufweisen. Das B Geschoss bildet das unterste Geschoss und verursacht somit keine statischen Probleme bei der Platzierung der neuen Speicher. Für die Positionierung der Speicher ist die vorhandene Öffnung der „Geschossdecke B-D“ (Bild 7-6) zu erweitern.

Durch den Raum B.68.1 im B Geschoss verlaufen unter der Decke zwei Lüftungsrohre neben einander. Im Bereich der Kältespeicher sind diese Rohre aus Platzgründen neu übereinander zu führen.

Anmerkung: Bei der Auslegung berücksichtigt wurde ebenfalls ein Speicher mit einem maximalen Volumen von 75 m^3 . Für eine optimale Raumausnutzung empfiehlt es sich jedoch, zwei Speicher aufzustellen.

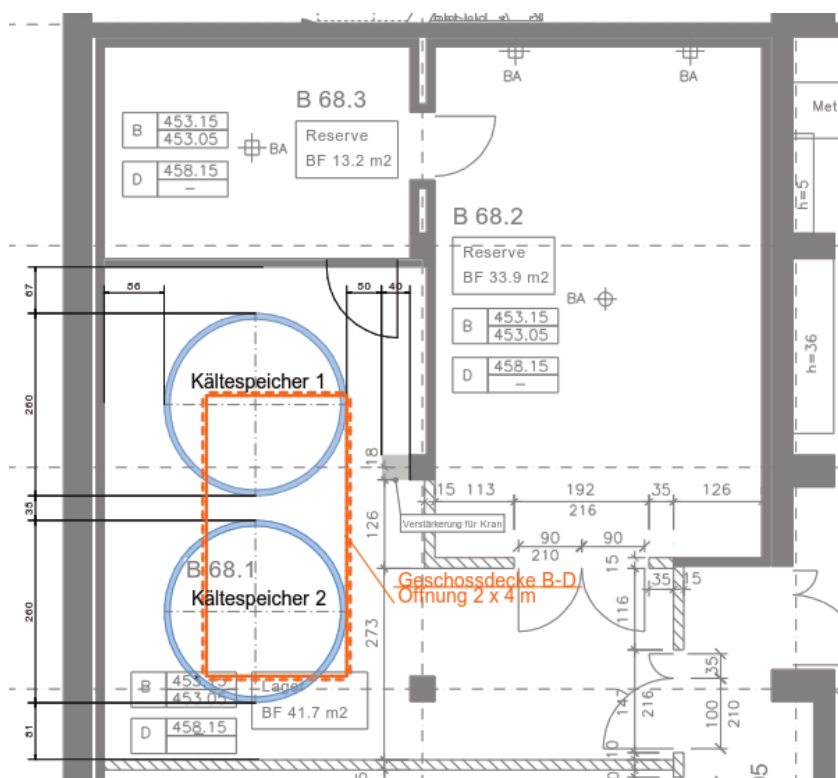


Bild 7-6: Zusätzliche Kältespeicher Geschoss B, Lagerraum B 68.1

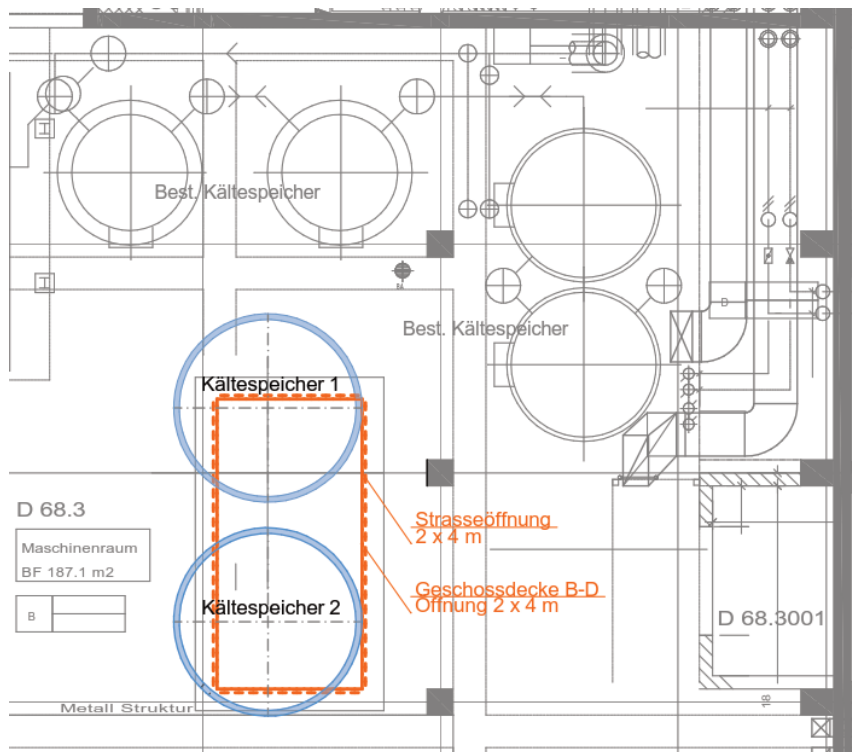


Bild 7-7: Zusätzliche Kältespeicher und bestehende Kältespeicher Geschoss D, Teil des Technikraums D 68.3

Ob einen Fluchtweg zwischen der Speichern notwendig zu vorgesehen ist, bleibt in der nächste Projektierungsphase mit den Behörden zu bestimmen.

7.4 Einbringung

7.4.1 Kältemaschinen

Die Einbringung der Kältemaschinen in die Kältezentrale ist über die Strasse bis zu Korridor gemäss Bild 14-3 vorgesehen. Der Gebäudeeingang, bzw. KZ CHN Eingang beim ungedeckten Korridor weist eine Breite von 1.8 m auf. Die Türen der Kältezentrale weisen jeweils eine Breite von 4.2 m auf.

Der Einbringweg der Kältemaschine im Serverraum erfolgt im D Geschoss über den Tiefgarageneingang.

7.4.2 Kältespeicher

Die Kältespeicher können Werks- wie auch als platzgeschweisst montiert werden. Bei einer Platzschweissung wird jeder Speicher sechsteilig geliefert. Die Einbringung kann über die bestehende Strassenöffnung (siehe Bild 7-7) erfolgen. Sie befindet sich an der Decke des Technikraumes D68.3 und schafft einen Durchbruch auf die Strasse mit einer Öffnung von 2 x 4 m.

Bei einer Werksschweissung ist die Strassenöffnung für die Einbringung zu vergrössern.

Aus Sicht der Statik ist die nötige Strassenöffnungsverbreiterung, welche bei einer Werksschweissung nötig wird, nicht empfehlenswert. Die Kosten der Strassenöffnungsverbreiterung wären höher als die Differenz zwischen der Platzschweissung und der Werksschweissung.

Im Anhang sind Werks- wie auch Platzschweissungsofferte von der Firma Jenni Energietechnik AG beigelegt. Beide Varianten (Platz- sowie Werksschweissungsvariante) sind realisierbar, aber die Platzschweissung ist aus oben genannten Gründen empfehlenswert.

Der Einbringweg für weitere Installationen in die KZ CHN ist dann über den Warenlift mit einer Nutzlast von 3'000 kg möglich.

Damit der im Raum montierte Kran auch weiterhin nutzbar bleibt, dürfen die Speicher nicht näher als max. 85 cm unter die Decke reichen (siehe Bild 14-10).

Sämtliche Einbringwege sind in der Phase des Bauprojekts detailliert zu prüfen.

7.5 Auslegung Statik

Die Auslegung der Statik wurde von der Firma ACS-Partner AG erstellt und ist dem Anhang beigelegt. Diese Auslegung betrifft folgende Arbeiten:

Kältezentrale D94

- Zusätzliche Türöffnung

Tiefgarage C Geschoss (Kälteringgruppen)

- Trennwand mit Türe im C Geschoss
- Trennwand mit Türe im D Geschoss

Kältespeicherraum D68.3

- Verbreiterung der Geschossdecke B-D
- Anpassung der Stahlkonstruktion: Die Konstruktion muss verkürzt werden, da diese sich im Bereich der neuen Speicher befindet (siehe Bild 14-12).

Allgemein

- Weitere für das Projekt notwendige statische Berechnungen

7.6 Bauarbeiten

Vorgesehen sind die Bauarbeiten, welche bereits unter Kapitel 7.5 aufgeführt wurden, wie auch weiter, welche keiner besonderen statischen Auslegung bedürfen:

Kältezentrale D94

- Demontage und Wiedermontage der Betonsockel der Kältemaschinen, Umwälzpumpen und Wärmetauschern
- Zusätzliche Türöffnung
- Anpassung der bestehenden Treppenkonstruktion
- Neue Treppenkonstruktion (für zusätzliche Türöffnung)
- Alle Wand- und Deckendurchbrüche sollen erstellt, isoliert und wiederverschlossen werden

HLK Zentrale D68.3

- Verbreiterung der Geschossdecke B-D
- Anpassung der Stahlkonstruktion.
- Betonsockel für die Umwälzpumpe und die Wärmetauscher
- Alle Wand- und Deckendurchbrüche sollen erstellt, isoliert und wiederverschlossen werden

Tiefgarage

- Trennwand mit Türe im C Geschoss
- Trennwand mit Türe im D Geschoss
- Boden Anpassung/Sockel für die Umformer und Umwälzpumpen

7.7 Elektrische Versorgung

Von der bestehenden Trafostation versorgen sich die gesamten Kälte- und Heizungsanlagen. Folgende Abgänge sind dabei gegeben:

- 3 Kältemaschinen
- 3 Rückkühler
- Umwälzpumpen und Armaturen
- Gebäudeautomation
- Raumelektroverteilung und Licht

Diese verfügbare elektrische Leistung genügt bereits dem jetzigen Bestand nicht und ist der Grund, weshalb nicht alle drei Kältemaschinen zeitgleich betrieben werden können. Für die neue Kältezentrale ergibt sich eine abermalige Erhöhung des Leistungsbedarfes, weshalb die Erweiterung der Trafostation notwendig ist. Der Platz 4, welcher momentan unbelegt ist, eignet sich für die Montage der neuen Trafostation. Die Leistung der bestehenden Starkstromleitung bis zu Trafostation ist zu prüfen. Zu ersetzen sind alle Leitungen, welche sich in der Kältezentrale befinden sowie von der Kältezentrale bis zu der Trafostationen führen. Die bestehende Niederspannungsverteilung ist im Raum Nr. 93 platziert. Die Niederspannungsverteilung für die zusätzliche Trafostation, welche etwa 2 Schränke benötigt, kann ebenfalls im Raum Nr. 93 oder im Korridor Nr. 92.3 platziert werden.

Die genaue Dimensionierung der zusätzlichen Trafostation ist in der nächste Projektierungsphase zu definieren – sobald die effektive Kältemaschinenvariante feststeht. In der Tabelle 7-7 sind die neuen elektrischen Leistungen der Hauptkomponenten der Variante 1 (gemäss Kapitel 7.1) aufgeführt, in der Tabelle 7-8 jene der Variante 2 (gemäss Kapitel 7.2).

Tabelle 7-7

Neu Variante 1	Kälteleistung [kW]	Leistungs- aufnahme [kW]	Nenn-Stromaufnahme [A]	Anlaufstrom [A]
KM/WP1	1'118	213	562	k.a.
KM2	2'286	418	1030	k.A.
KM3	2'286	418	1030	k.A.
RK1	750	19	34	k.A.
RK2	750	19	34	k.A.
RK3	750	19	34	k.A.
RK4	750	19	34	k.A.
RK5	2'000	30	56.4	k.A.
RK6	2'000	30	56.4	k.A.

Tabelle 7-8

Neu Variante 2	Kälteleistung [kW]	Leistungs- aufnahme [kW]	Nenn-Stromaufnahme [A]	Anlaufstrom [A]
KM/WP1	1'118	213	562	k.a.
KM2	2'300	396	990	k.A.
KM3	2'300	396	990	k.A.
RK1	750	19	34	k.A.
RK2	750	19	34	k.A.
RK3	750	19	34	k.A.
RK4	750	19	34	k.A.
RK5	2'000	30	56.4	k.A.
RK6	2'000	30	56.4	k.A.

7.8 Regulierung

Die Kälteanlagen werden über ein zentrales MSR-System reguliert und gesteuert. Die dafür nötigen Schaltschränke sind im D Geschoss im Raum D 100.0011 zu installieren. Die genaue Position ist Bild 7-1 bzw. Bild 7-4 zu entnehmen.

Für die Kältemaschinenvariante 1 sind für die jede Kältemaschine ca. 3-4 Raumfelder (80 x 60 x 200 cm) für die Schaltschränke sowie 1 Raumfeld für den Frequenzumformer zu planen.

Die Kältemaschinen sollen in einer Kaskadenschaltung gesteuert werden. Diese ist in Bild 7-8 dargestellt.

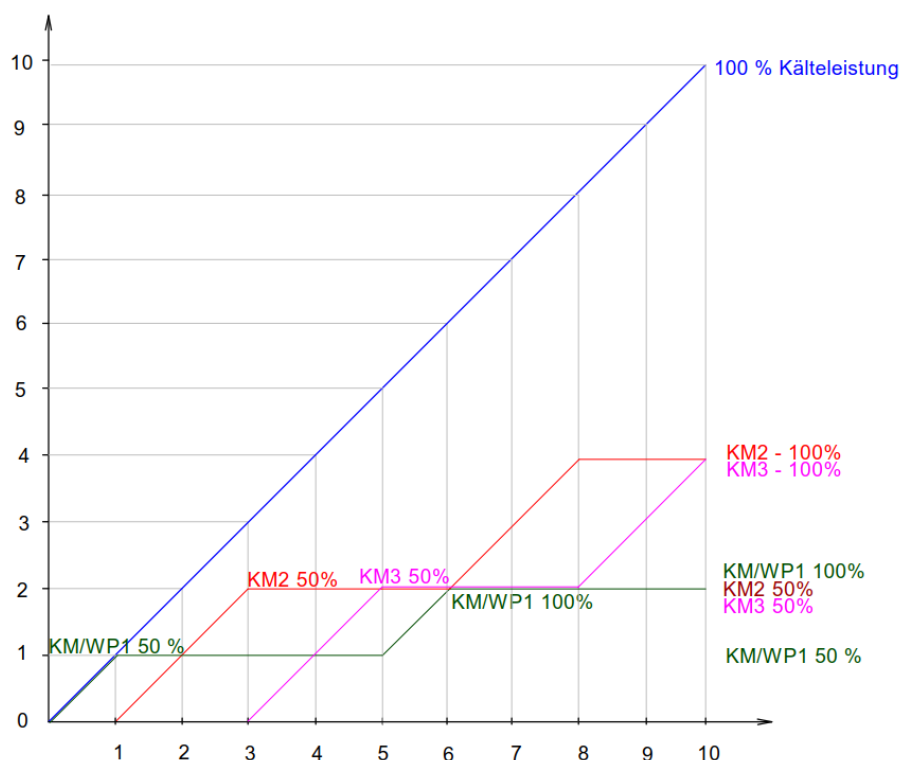


Bild 7-8: Kaskadenschaltung der Kältemaschine

Wenn Wärmebedarf vorhanden ist, ist die Priorität soll auf die KM/WP 1 zu setzen. Anderenfalls auf die Maschine mit den wenigsten Betriebsstunden.

7.8.1 Warnanlage Kältemittelaustritt

Die Alarmierungsgrenzen der neuen Anlage sind in den weiteren Projektierungsphasen zu definieren. Die Grenzen sind für folgende Alarmer festzulegen:

- Alarm tief: Signallichter, Anlage läuft weiter, Ventilation auf niedriger Stufe
- Alarm hoch, Stufe 1: Signallichter rot blinkend, Signalhupe Ein, Anlage läuft weiter, max. Arbeitsplatzbelastung, Ventilation auf hoher Stufe → Sturmlüftung, Personen sollten Maschinenraum verlassen
- Alarm hoch, Stufe 2: die ganze Einhausung inkl. Anlage wird stromlos gemacht, Sturmlüftung in Betrieb

Jeder Fühler soll in der Steuerung einzeln erfasst werden, damit das Leck lokalisiert werden kann. Zusätzlich zu den Alarmpunkten soll auch ein analoges Signal jedes einzelnen Fühlers erfasst werden, so dass eine Anzeige von 0% bis 100% Gaskonzentration möglich ist.

Über den Fühler im Wasserkreislauf kann die Kältemittelkonzentration im Wasser festgestellt werden. Im Fall einer Havarie werden die Sicherheitsumschaltklappen geschlossen.

7.8.2 Brandwarnanlage

Abhängig von den verwendeten Kältemitteln sollen die speziellen Brandschutzmassnahmen in der nächste Projektierungsphase definiert werden.

7.8.3 Sturmlüftung

Die Sturmlüftung stellt die Personensicherheit bei einem Kältemittelleck der Kältemaschine sicher. Im Fall eines Kältemittelaustritts während Unterhaltsarbeiten muss die Sturmlüftung alle betroffenen Flächen sicher bedienen können.

Abhängig von den installierten Kältemaschinen sind die Dimensionierung der Sturmlüftung, sowie die Notwendigkeit von Umluftkühlern zu definieren.

Alle elektrischen Komponenten, welche sich im Luftstrom befinden, sind explosionsgeschützt. Auch sind sämtliche Klappen gasdicht ausgeführt.

Für die Realisierung der Sturmlüftung sind drei Optionen möglich. Diese sollen in der nächsten Projektierungsphase mit den Behörden geprüft und detailliert geplant werden.

Option Nr. 1

Im Versuchsraum C29.2 oder Lager Raum D29 kann ein Lufwäscher installiert werden. Die kontaminierte Luft kann durch einen Graben unter dem offenen Korridor in diesen Raum geleitet werden. Die gereinigte Luft kann wieder in die KZ CHN geführt und über die bestehende Abluftauslassstelle (über der Strasse) ausgeblasen werden.

Option Nr. 2

Die Abluft kann in der Steigzone D28.0004 über das Flachdach geführt werden. Falls die Steigzone dafür nicht genügend Platz bietet, kann alternativ eine Steigzone in den Entsorgungsräumen gebaut werden. Dafür ist die Abluft in den Entsorgungsraum Nr. 32 zu führen, von diesem aus befinden sich in allen Geschossen darüber ebenfalls Entsorgungsräume, welche dafür genutzt werden können. Die Kanäle sind ins Raum C 29.1 (gleich wie Option 1) zu führen und weiter durch den Korridor C25 bis die Steigzone bzw. entsprechende Entsorgungsräume.

Option Nr. 3

Die Abluft kann oberhalb der Kältezentrale CHN abgeführt werden. Dafür ist ein Rohr von ca. 30 m Länge zu montieren. Dies wäre die technisch optimalste Lösung. In der nächsten Projektphase ist zu klären, ob diese Option bewilligungsfähig ist.

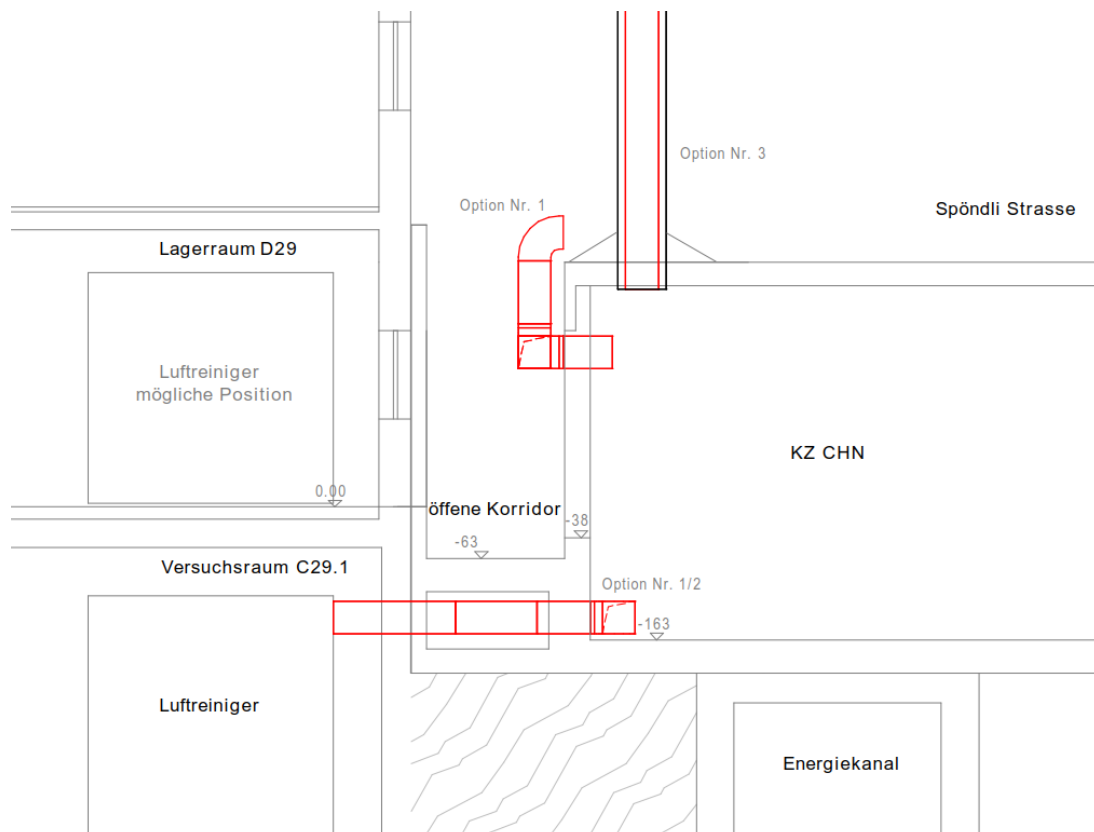


Bild 7-9: Optionen Sturmlüftung, Schnitt A-A (Schnittposition vom Bild 7-4)

7.8.4 Kältezentralenkühlung

Die Notwendigkeit einer Kühlung der Kältezentrale ist an den verwendeten Verdichter-Typen gekoppelt. Die Leistungsdaten werden dabei vom Hersteller empfohlen.

Bei Kältemaschinen mit Schrauben- und Kolbenverdichtern gemäss Variante 1 sind die Umluftkühler nach Prinzipschema Nr. 2 auszustatten. Bei Kältemaschinen nach Variante 2 ist die Kühlung, gemäss Empfehlung des Herstellers, über die Sturmlüftung realisierbar.

7.8.5 Provisorische Kälteanlage

Der Kältebedarf alle acht Gebäuden, welche von der KZ CHN versorgt werden, beträgt 1'350 kW (siehe Tabelle 6-1).

Die Kälteleistung der KM/WP1 beträgt 1'118 kW. Der totale Kältebedarf liegt lediglich ca. 250 kW höher. Da die Installation der KM/WP1 vor der Demontage der bestehenden Maschinen möglich ist, fungiert die provisorische Kälteanlage als Unterstützungs- und Redundanzanlage.

Vorgesehen ist eine Kälteanlage mit einer Leistung von 1'000 kW. Die Auslegung und die Offerte für die Vermietung sind von der Firma ACS COOL Energy erstellt worden.

Tabelle 7-9

Provisorische Anlage	
Vermieter	ACS COOL Energy AG
Typ	COOL FOCS 4222 SL
Kälteleistung	999 kW
Kompressortyp	2 x Bitzer Schrauben
Kältemittel	R 134 A
Elektroleistungsaufnahme	411 kW
Spannungsversorgung	400 A
Max. Betriebsstrom	675 A
Elektro Anschluss	8 x 185 mm ²

Die provisorische Kälteanlage kann unter der Spöndlistrasse platziert werden (siehe Bild 14-5). Die Leitungen müssen dazu von der Strasse bis zur KZ CHN geleitet werden. Für die Leitungen wird der Bau einer Unterstützungsstruktur notwendig.

8 Auslegung Rückkühlwerke

Die bestehende Rückkühlanlage befindet sich im Technikraum Q17 im Q Obergeschoss des Hochhauses (Bild 4-3) des CHN Gebäudes. Heute sind insgesamt drei Rückkühler mit je 750 kW Leistung installiert. Gesamthaft entspricht dies einer Leistung von 2'250 kW, ausgelegt bei einer Feuchtkugelttemperatur von 23 °C. Die bestehende Rückkühlanlage ist zu sanieren und defekte Komponenten zu ersetzen. Die bestehenden Lamellentauscher bestehen aus Aluminium Al 99.5 und sind im Bild 14-15 dargestellt. Die technischen Daten der bestehenden Rückkühler sind im Anhang beigelegt. Aufgrund der offensichtlichen Verschmutzung sind die Reinigung der Lamellentauscher sowie eine Vorbehandlung des Kühlwassers zu prüfen.

Zusätzlich mit der Sanierung der KZ CHN muss die Rückkühlleistung um 4'500 kW erweitert werden. Die bestehenden Rückkühler stammen vom Hersteller Jäggi Hybrid Technologie AG. Die neuen Anlagen wurden ebenfalls vom Hersteller Jäggi Hybrid Technologie AG ausgelegt.

Die vorgesehenen hybriden Trockenkühler führen die Wärme beim höchsten Umgebungsluftzustand mehrheitlich mittels latenter Wärme ab, was durch Verdunstung von Benetzungswasser geschieht. Bei fallender Lufttemperatur nimmt die konvektive Wärmeübertragung zu und die Verdunstungsverluste nehmen ab.

Bis zu einer Umgebungslufttemperatur von 10°C (für Typ: HTK 2.24/4.5-2S-S) bzw. 15°C (für Typ: HTK 3.24/10.9-2S-P2-CU-SLNF) können die Rückkühler im Trockenbetrieb 100% ihrer Kühlleistung erreichen.

Der Technikraum Q18 (neben dem Technikraum Q17, Bild 4-4) ist genügend gross für einen zusätzlichen Rückkühler mit einer Leistung von 750 kW (ausgelegt mit einer FKT von 23 °C). Die Auslegung und technische Zeichnung des Rückkühlers Typ: HTK 2.4/4.5-2S-S ist in Tabelle 8-1 beziehungsweise in Bild 8-1 ersichtlich. Der Rückkühler benötigt eine Wandöffnung ca. 16 m², und eine Dachöffnung ca. 6 m². Die Position der Öffnungen ist dem Bild 8-1 zu entnehmen. Die Öffnungen sind mit Gliederklappen vorgesehen.

Die Abwärmeleistung aller vier Rückkühler wird 3 MW betragen. Der Druckverlust in der Leitung wird 60 Pa/m ausmachen. Diese bedeutet, dass der zusätzliche Rückkühler an die bestehende Leitung DN 300 von der Kältezentrale D94 bis zu den bestehenden Rückkühlern eingebunden werden kann. Damit können alle vier Rückkühler wie eine Rückkühlanlage (RK Anlage 1) berücksichtigt werden.

Die bestehende Leitung vom Q Geschoss des Hochhauses wird durch die Steigzone Nr. 19.0009 bis ins D Geschoss geführt. Weiter führt die Leitung durch den Lagerraum D19.1 und den Energiekanal bis zur KZ CHN.

Tabelle 8-1

Hybrid-Rückkühler Jäggi Hybridtechnologie AG	
Typ	HTK 2.4 / 4.5-2S-S
Wassereintrittstemperatur	34°C
Wasseraustrittstemperatur	28°C
Wasserumlaufmenge	108 m ³ /h
Feuchtkugelttemperatur	23°C
Kühlleistung	750 kW
Abmessungen L / B / H	6'090 / 2'640 / 3'778 mm

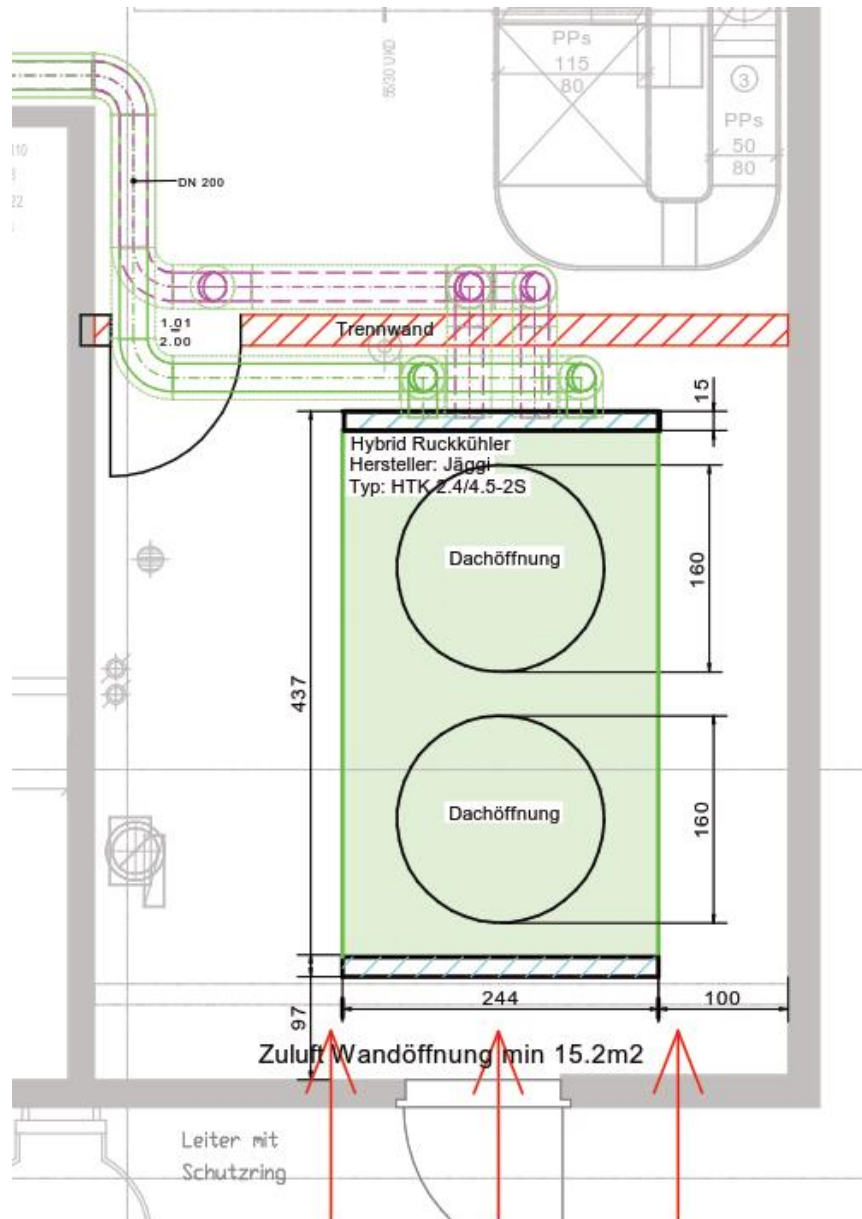


Bild 8-1: Hybrid Rückkühler, Hochhaus, Raum Q18

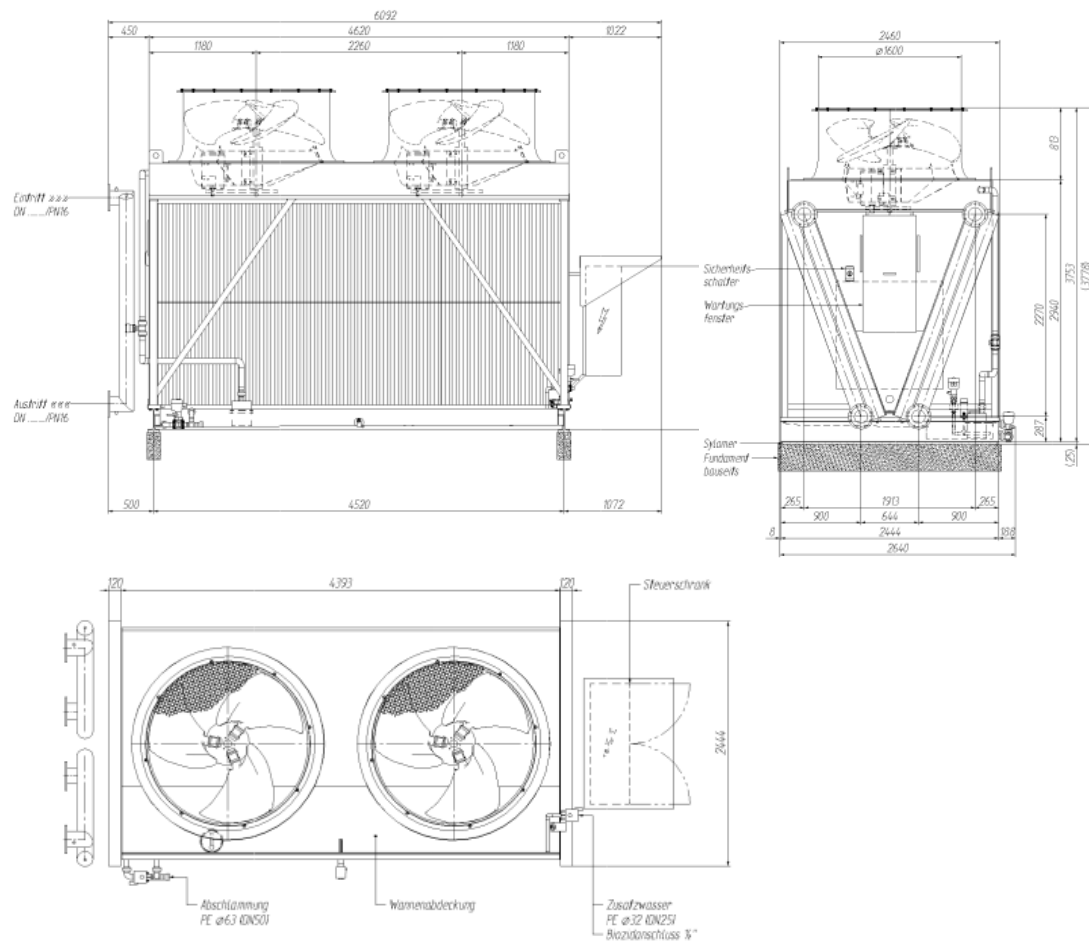


Bild 8-2: Hybridkühler - Technische Zeichnung, Hersteller: Jäggi Hybrid Technologie AG, Typ: HTK2.4/4.5-2S-S

Die zweite Rückkühlanlage (RK Anlage 2) soll eine Leistung von mindestens 3'600 kW besitzen. Da das CHN Gebäude unter Denkmalschutz steht, müssen die zusätzlichen Rückkühler so installiert werden, dass die Gebäudehülle geringstmöglich verändert wird. Dazu ist der Platz auf dem Dach des Flachhauses (siehe Bild 4-5) oberhalb der Kältezentrale am besten geeignet.

An diesem Platz sind zwei identische Hybridrückkühler mit einer Leistung von je 2 MW geplant. Die genaue Position dieser Anlagen (Geschoss J) ist in Bild 8-3 dargestellt.

Die Leitungen für diese Rückkühlanlagen werden durch die Steigzone Nr. 28 geplant. Gemäss den Steigzonenplänen ist noch Platz für zwei Leitungen (DN 300) vorhanden. Da diese Steigzone ganz geschlossen ist sowie die Aktualität der Pläne nicht ganz sicher ist, gibt es noch eine Alternativmöglichkeit.

Die Räume, welche sich neben der Steigzone befinden, sind Entsorgungs- und Putzräume (Raum Nr. 32). Durch diese könnten die Leitungen von der Rückkühlanlage (Geschoss J) bis zum Geschoss C geführt werden. Im Geschoss C können die Leitungen durch den Raum C29 bis zur KZ CHN oder die Hauptzuluft-Öffnungen bis zur Tiefgarage bzw. KZ CHN gebaut werden.

Die genaue Position der Rückkühler hängt von der statischen Auslegung ab. Die Abluftinstallation (Durchmesser 1.2 m), die sich am Flachdach befindet, soll beibehalten werden.

Die technischen Daten sowie die technischen Zeichnungen sind in der Tabelle 8-2 bzw. im Bild 8-4 dargestellt.

Tabelle 8-2

Hybrid-Rückkühler Jäggi Hybridtechnologie AG	
Typ	HTK 3.24/10.9
Wassereintrittstemperatur	34°C
Wasseraustrittstemperatur	28°C
Wasserumlaufmenge	307 m ³ /h
Feuchtkugeltemperatur	23°C
Kühlleistung	2'000 kW
Abmessungen L / B / H	12'600 x 3'600 x 3'860

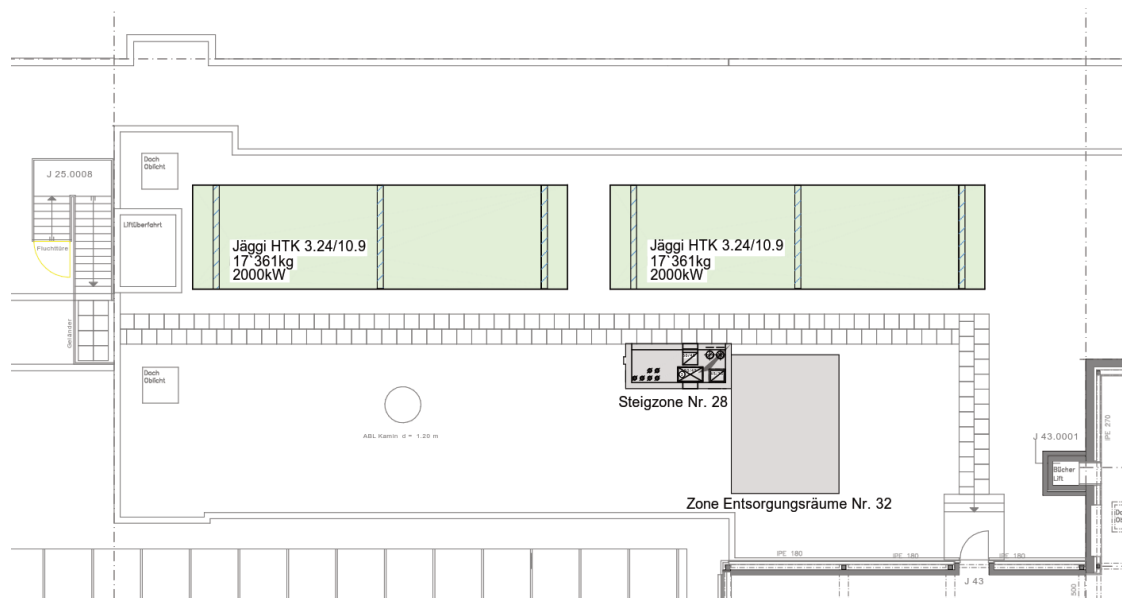


Bild 8-3: Rückkühlanlage 2, Dach des Flachhauses, Geschoss J

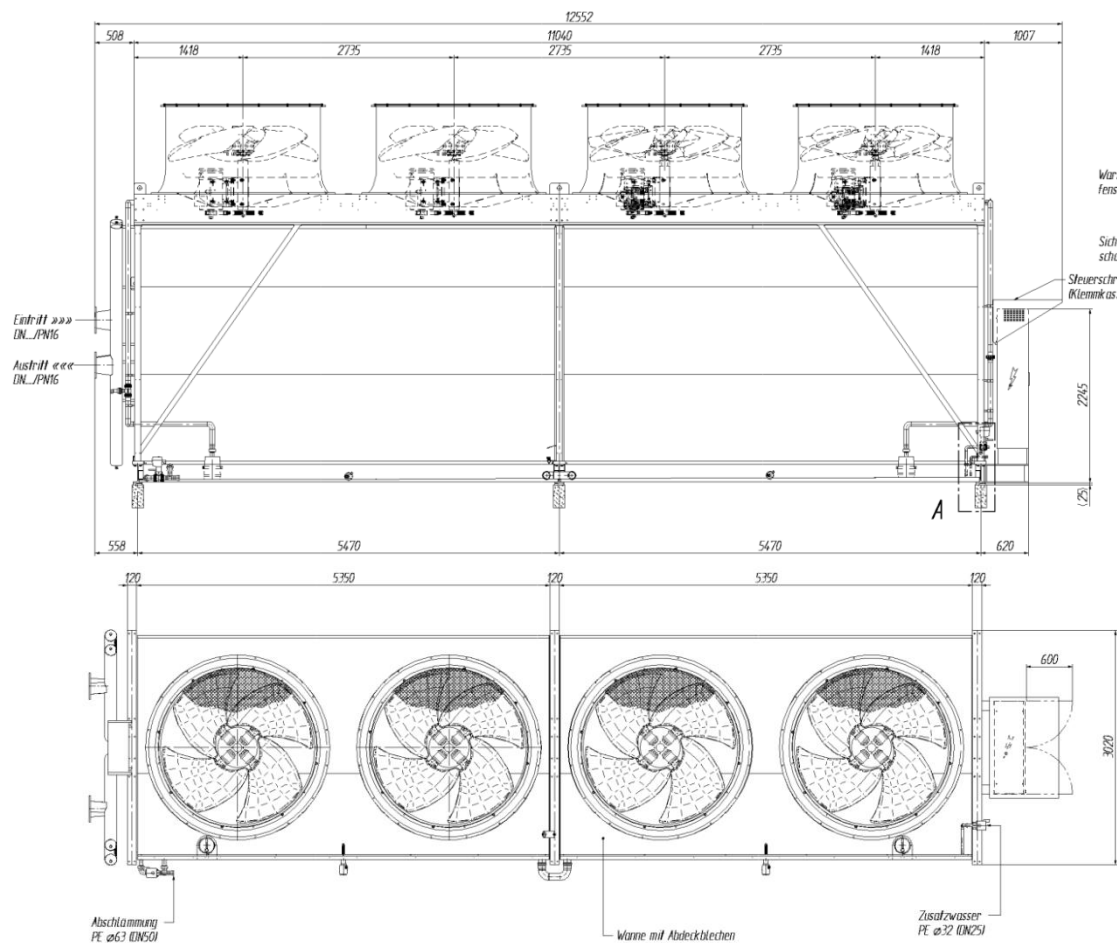


Bild 8-4: Hybridkühler - Technische Zeichnung, Hersteller: Jäggi Hybrid Technologie AG Typ: HTK 3.24/10.9-2S-S

Mit den Kühlern ebenfalls zu ersetzen sind die Erschliessungskomponenten zur Kältezentrale wie Leitungen, Wärmetauscher (hydraulische Entkopplung), Pumpen, Ventile etc.

Die technischen Daten der neuen Rückkühler sind dem Bild 8-5 und Bild 8-6 zu entnehmen.

Technische Daten Variante 1

Fabrikat	JAEGGI Hybridtechnologie AG		
	Typ:	HTK 2.4/4.5-2S-P4-CU-SLNF	
	Gesamtleistung der Anlage	1.500	kW
	Anzahl der hybriden Kühler	2	Stück
	<u>zugesicherte Eigenschaften:</u> schwadenfrei, hygienezertifiziert, Abluft aerosolfrei, Kühlregister tauchlackiert und mechanisch mit HD-Reiniger reinigbar		
Auslegung: 1 Kühler	Kühlleistung pro Kühler	750	kW
	Medium	100% Wasser !! Achtung: Frostgefahr !!	
	Medium-Temperaturen Ein / Austritt (Soll) ²	34 / 28	°C
	Medium-Volumenstrom	108,20	m³/h
	Bezugs Meereshöhe	450,0	m
Technische Daten / Kühler			
Wasserseitig	Druckverlust	22	kPa
	Wassergeschwindigkeit in den Rohren	1,08	m/s
	Hydraulische Schaltung	Parallel, 4-flutiger Kreuz-Gegenstrom	
	Stutzen an den Kollektoren	4 x DN 125	
	Betriebs-/Prüfdruck	6 / 8	bar
Luftseitig		benetzt	trocken
	Ventilatorumdrehzahl	100%	100%
	Luftzustand am Eintritt	32°C / 50%	13°C
	entspricht Feuchtkugeltemperatur	23,5 °C	nicht relevant
	Luftvolumenstrom	33,8	37,9 m³/s
	Faktor L1	6,19	7,05
	Luftzustand am Austritt	28,7°C / 96%	30,8°C
	Faktor L2	117	87
Benetzung pro Kühler (Auslegungspkt.)	Anzahl Ventilatoren je Kühler	2	Stück
	zusätzliche externe Pressung	100	Pa
	Verdunstungsmenge	1,262	m³/h
	Angenommene Eindickung (enthärtetes / vollentsalztes Wasser VE)	3 / 8	fach
	Abschlammung (enthärtet / VE)	0,631 / 0,18	m³/h
	Zusatzwasserverbrauch (enthärtet/VE)	1,893/1,443	m³/h
Abmessungen (pro Kühler)	Anzahl Benetzungspumpen	1	Stück
	Leistungsaufnahme je Benetzungspumpe	0,9	kW
	Länge über Anschlußflansche (nur Kühler)	5.182	mm
	Länge über Schaltschrank-Vordach	6.092	mm
Gewicht (pro Kühler)	Breite	2.460	mm
	Höhe, ab Fundament	3.928	mm
	Leergewicht	5.202	kg
	Wasserfüllung Kühlkreislauf	864	kg
	Wasserfüllung Benetzung, ca.	396	kg
	Betriebsgewicht	6.462	kg

Bild 8-5: Auslegung des Hybridkühlers – Typ: 2.4/4.5-2S (34°C / 28°C) RK Anlage 1

Technische Daten

Fabrikat	JAEGGI Hybridtechnologie AG		
	Typ:	HTK 3.24/10.9-2S-P2-CU-SLNF	
	Gesamtleistung der Anlage	4.000	kW
	Anzahl der hybriden Kühler	2	Stück
	<u>zugesicherte Eigenschaften:</u> schwadenfrei, hygienezertifiziert, Abluft aerosolfrei, Kühlregister tauchlackiert und mechanisch mit HD-Reiniger reinigbar		
Auslegung:	Kühlleistung pro Kühler	2.000	kW
	Medium	30% Ethylenglykol / 70% Wasser	
1 Kühler	Medium-Temperaturen Ein / Austritt (Soll) ²	34 / 28	°C
	Medium-Volumenstrom	307,00	m³/h
	Bezugs Meereshöhe	450,0	m
Technische Daten / Kühler			
Wasserseitig	Druckverlust	33	kPa
	Wassergeschwindigkeit in den Rohren	1,13	m/s
	Hydraulische Schaltung	Parallel, 2-flutiger Kreuz-Gegenstrom	
	Stutzen an den Kollektoren	4 x DN 200	
	Betriebs-/Prüfdruck	6 / 8	bar
Luftseitig		benetzt	trocken
	Ventilator Drehzahl	100%	100%
	Luftzustand am Eintritt	32°C / 50%	15°C
	entspricht Feuchtkugelttemperatur	23,5 °C	nicht relevant
	Luftvolumenstrom	101,7	115,9 m³/s
	Faktor L1	5,71	6,58
	Luftzustand am Austritt	28,3°C / 95%	30,5°C
	Faktor L2	103	78
	Anzahl Ventilatoren je Kühler	4	Stück
	zusätzliche externe Pressung	0	Pa
Benetzung pro Kühler (Auslegungspkt.)	Verdunstungsmenge	3,486	m³/h
	Angenommene Eindickung (enthärtetes / vollentsalztes Wasser VE)	3 / 8	fach
	Abschlammung (enthärtet / VE)	1,743 / 0,498	m³/h
	Zusatzwasserverbrauch (enthärtet/VE)	5,228/3,983	m³/h
	Anzahl Benetzungspumpen	2	Stück
	Leistungsaufnahme je Benetzungspumpe	1,2	kW
Abmessungen (pro Kühler)	Länge über Anschlußflansche (nur Kühler)	11.658	mm
	Länge über Schaltschrank-Vordach	12.552	mm
	Breite	3.020	mm
	Höhe, ab Fundament	4.926	mm
Gewicht (pro Kühler)	Leergewicht	13.600	kg
	Wasserfüllung Kühlkreislauf	2.220	kg
	Wasserfüllung Benetzung, ca.	1541	kg
	Betriebsgewicht	17.361	kg

Bild 8-6: Auslegung des Hybridkühlers – Typ: HTK 3.24/10.9-2S (34°C / 28°C) RK Anlage 2

8.1 Montage

Für die Montage ist ein Kran oder Hebezug erforderlich. Die Montage im vorgesehenen Raum bzw. am Dach ist umsetzbar und sollte in der nächste Projektierungsphase konkret geplant werden.

8.2 Elektrische Leistung

Die elektrische Leistung der Rückkühlanlage hat sich wesentlich verändert. In der folgenden Tabelle sind die bestehenden sowie neuen elektrischen Leistungen der Rückkühlwerke aufgeführt.

Tabelle 8-3

Anlage	Rückkühler	Kälteleistung [kW]	Leistungsaufnahme [kW]	Nennstromaufnahme [A]	Spannung [V/Hz]
Anlage 1	RK 1	750	22	43	400 / 50
	RK 2	750	22	43	400 / 50
	RK 3	750	22	43	400 / 50
	RK 4 neu	750	14	35	400 / 50
Anlage 2	RK 5 neu	2'000	19	57	400 / 50
	RK 6 neu	2'000	19	57	400 / 50

Die detaillierten elektrischen Angaben sind der Offerte des Herstellers Jäggi Hybridtechnologie AG im Anhang zu entnehmen.

8.3 Auslegung Statik

Die Auslegung der Statik wurde von der Firma ACS-Partner AG erstellt und ist dem Anhang beigelegt. Diese Auslegung betrifft folgende Arbeiten:

RK-Anlage 1

- Dachöffnung Q Geschoss Hochhaus 6 m²
- Wandöffnung Q Geschoss Hochhaus 16 m²
- Verstärkung Geschossdecke P-Q Hochhaus

RK-Anlage 2

- Verstärkung des Daches des Flachhauses - Geschoss J

8.4 Bauarbeiten

Vorgesehen sind die Bauarbeiten, welche bereits unter Kapitel 8.3 aufgeführt wurden, wie auch weiter, welche keiner besonderen statischen Auslegung bedürfen:

RK-Anlage 1

- Dachöffnung Q Geschoss Hochhaus 6 m²
- Wandöffnung Q Geschoss Hochhaus 16 m²
- Verstärkung Geschossdecke P-Q Hochhaus
- Trennwand mit Türe
- Betonsockel für die RK4 und die Umwälzpumpe
- Alle Wand- und Deckendurchbrüche sollen erstellt, isoliert und wiederverschlossen werden

RK-Anlage 2

- Verstärkung des Daches des Flachhauses - Geschoss J
- Betonsockel für die RK4 und die Umwälzpumpe
- Alle Wand- und Deckendurchbrüche sollen erstellt, isoliert und wiederverschlossen werden

8.5 Regulierung

Die Regulierung der bestehenden Kühltürme findet über eine kühlturminterne Steuerung statt. Diese ist mit einem M-Bus an die übergeordnete Steuerung angeschlossen. Ob das System in das Gebäudeleitsystem eingebunden wird oder als Insellösung zu betreiben ist, steht noch offen. Für die neue Installation ist eine gleichwertige Steuerung vorgesehen. Die Positionierung des bestehenden MSR-Schaltschranks kann dem Anhang entnommen werden (Planverzeichnis Kapitel 17.1, Nr. 5).

9 Planung Energiekanal

Im Energiekanal sind folgende Arbeiten bzw. Leitungssanierungen zu planen:

- Sanierung Kälteleitungen
- Sanierung Rückkühlleitungen
- Sanierung WRG Leitungen

9.1 Sanierung Kälteleitungen

Aufgrund der Leistungsvergrößerung sind die Leitungen von den Kältemaschinen zu den Kältespeichern zu ersetzen.

Sobald der Kältering installiert ist (Jahr 2020), können die Leitungen vom Kältespeicher bis in die Gebäude CAB, CNB, LFG, LFH, LFO, LFV und LFW demontiert werden. Diese Gebäude werden ab diesem Zeitpunkt direkt vom Kältering versorgt.

9.2 Sanierung Rückkühlleitungen

Alle Rückkühlleitungen (zu RK Anlage 1), die durch den Energiekanal geführt werden sollen, bleiben bestehend.

9.3 Sanierung WRG Verteilung

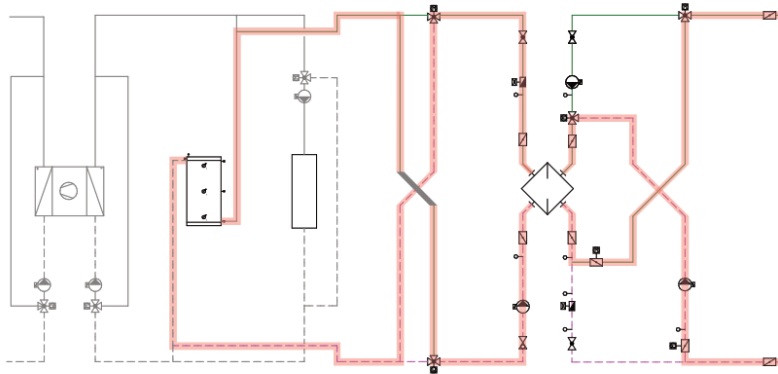
Für das neue WRG-Netz sind folgende Leitungen anzupassen:

- Leitungen von der Kältezentrale (KM/WP1, Technikraum D95) zu den WRG-Speichern (4 Stk. Im Technikraum D68.3) sind zu montieren und anzubinden.
- Leitungen von den WRG-Speichern (Technikraum D68.3) bis zur Fernwärme-Übergabestation CAB und CHN sind neu zu installieren.

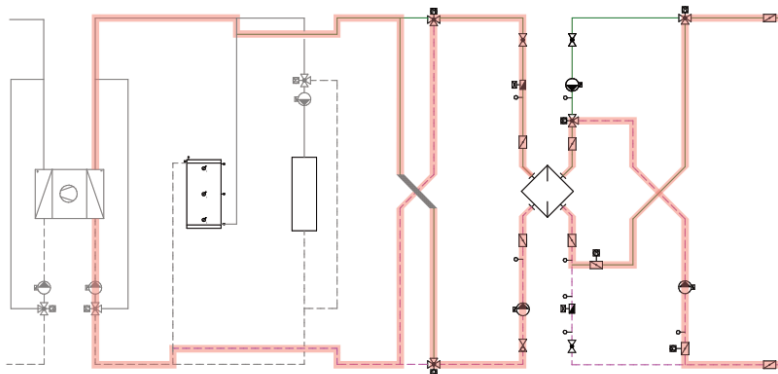
10 Kälteringgruppen

Die Installation auf Seiten der KZ CHN soll über Umformer von der kälteringseitigen Installation getrennt sein. Diese Umformer übertragen die Kälte von den Kältemaschinen zum Kältering und vom Kältering zu den Verbrauchern (Kälteverbraucher im CHN-Gebäude). Mögliche Schaltungen werden im Bild 10-1 gezeigt.

Abgabe von Kälte aus Speicher ins Kältenetz



Abgabe von Kälte (Kältemaschine) ins Kältenetz



Entzug von Kälte aus dem Kältenetz ins Speicher (oder direkt zu CHN-Verbraucher)

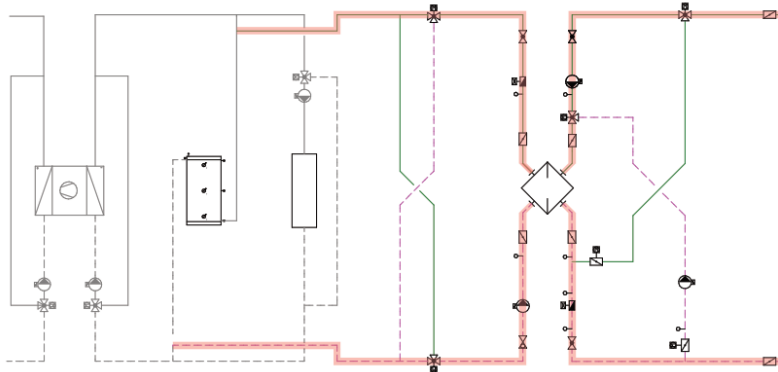


Bild 10-1: Schaltungsvarianten Kälteringgruppen

In diesem Vorprojekt werden die Umformergruppen für die Einbindung der Kälte der CAZ CHN an den Kältering geplant. Die Systemgrenze dieses Projekts sind vom Plan Nr. 1 (Planverzeichnis Kapitel 17.1, Nr. 1) zu entnehmen.

Berücksichtigt werden zwei Varianten.

Variante 1- mit zwei Umformergruppen

Vorgesehen sind zwei Umformer, wie in Kapitel 2.1.7 aufgeführt. Die Leistung der Umformer beträgt je 2'750 kW.

Variante 2- mit drei Umformergruppen

Berücksichtigt wird ebenfalls Variante zwei mit drei Umformern. Die Leistungen betragen dabei einmal 750 kW und zweimal je 2'400 kW. Die Gruppe mit dem Umformer von 750 kW ist für die direkte Versorgung des CHN Gebäudes geplant. Da im Raum in der Tiefgarage nicht genügend Platz für drei Umformergruppen vorhanden ist und eine Platzvergrößerung nicht möglich ist, wird die Variante 1 vorrangig behandelt. Die Variante 2 wird dennoch weiterhin berücksichtigt.

Tabelle 10-1

Umformer bei Kältering 2 Stk.	
Hersteller	Hauser Automatic
Typ	S100-IS16-425
Übertragungsleistung	2'750 kW
Wassereintrittstemperatur Seite Kältering	12°C
Wasseraustrittstemperatur Seite Kältering	6°C
Wassereintrittstemperatur hausseitig	13°C
Wasseraustrittstemperatur hausseitig	7°C
Wasserumlaufmenge	395 m ³ /h
Druckverlust Seite Kältering	41 kPa
Druckverlust hausseitig	41 kPa
Abmessungen L / H / B	2'750 / 770 / 2'200 mm
Leergewicht	4'100 kg

Das detaillierte Prinzipschema ist im Anhang beigelegt (gemäss Planverzeichnis Kapitel 17.1, Nr. 2)

Die erste Option für die Platzierung der Kältergruppen ist in einem Raumteil der Tiefgarage im C Geschoss (Bild 10-). Durch deren Installation werden die Parkplätze Nr. 2, Nr. 3 und Nr. 4 und 5 nicht mehr nutzbar sein. Der bestehende Lagerraum C101.1 soll ebenfalls für die Kältergruppen genutzt werden.

Falls eine Reduktion der Parkplatzanzahl nicht möglich ist, sind die vorhandenen Räumlichkeiten zu erweitern. Für eine Raumerweiterung ist zu prüfen, an welcher Stelle Grabungen für eine Erweiterung vorgenommen werden können und welche bestehenden Räumlichkeiten für diesen Zweck genutzt werden dürfen. Die Kältergruppen sollten dabei neben dem Energiekanal (Bereich CHN Gebäude), dem Kältespeicherraum D68.3 oder der KZ CHN platziert werden. Folgend sind zwei Varianten (Zweite Option und dritte Option) vorgeschlagen.

Zweite Option: Die Kälteringgruppen werden in den Versuchsräume C29.1 und C29.2 platziert, wobei die Leitungen durch den Lagerraum C101.1 bis zu Energiekanal geführt werden.

Dritte Option: Die Kälteringgruppen werden in den Versuchsräume C29.2 sowie in einer Raumerweiterung unter dem offenen Korridor platziert, wobei die Leitungen durch den Lagerraum C101.1 bis zu Energiekanal geführt werden.

Die Räumlichkeiten der zweiten und dritten Option sind im Bild 10-2 dargestellt. Der Schnitt A-A wird im Bild 7-9 gezeigt.

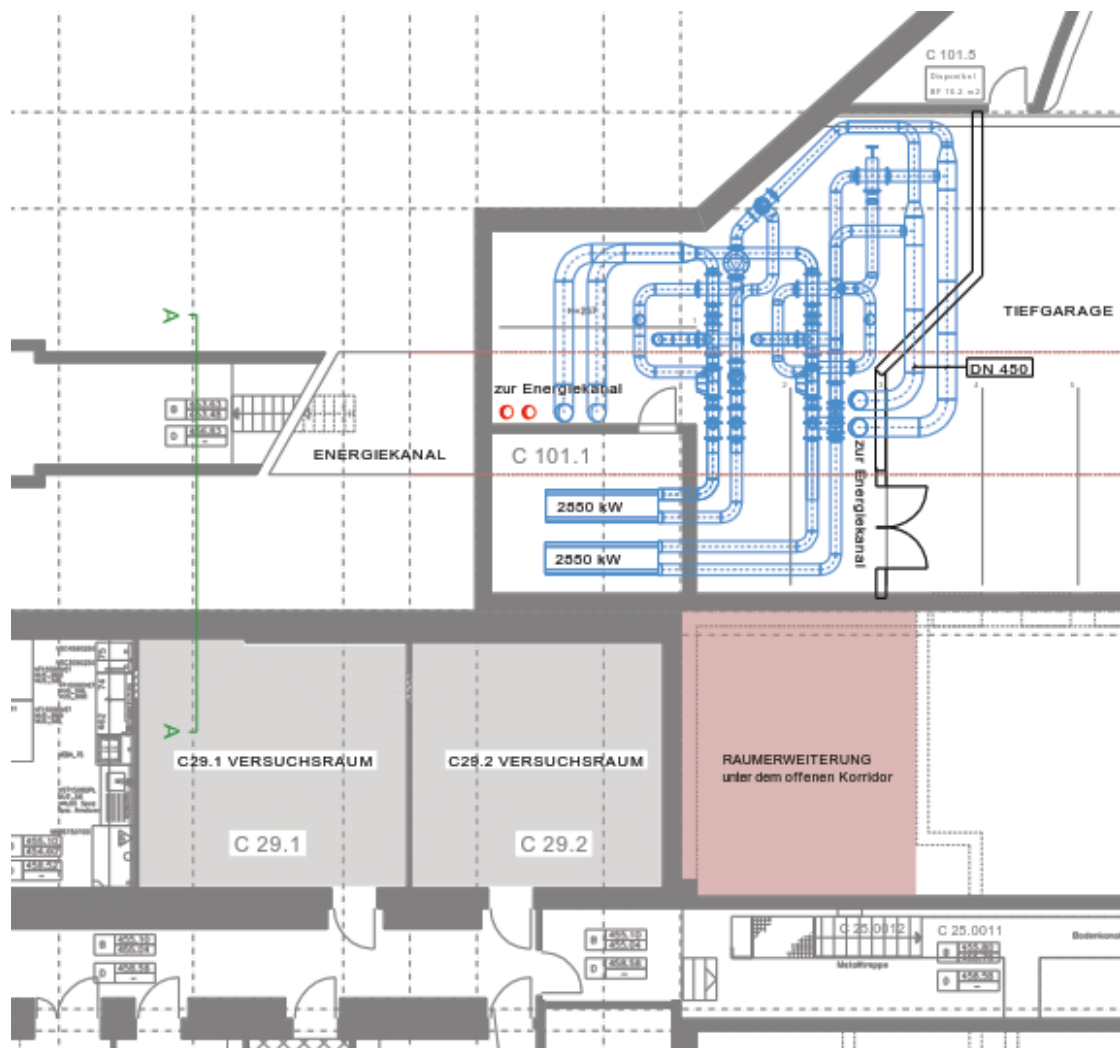


Bild 10-2: Kälteringgruppen-Raum in der Tiefgarage, C Geschoss– Option 1

11 Umbauetappen der Sanierung

Dieses Kapitel gibt eine Übersicht über die einzelnen Umbauetappen für die Sanierung der Kältezentrale KZ CHN. Die einzelnen Etappen richten sich nach dem Ablöseplan, welcher von der RMB erstellt worden ist und dem Anhang (Kapitel 17.1, Nr. 7) beiliegt.

11.1 Bestehende Situation

Auf die bestehende Situation wurde bereits im Kapitel 3 detailliert eingegangen. Im Anhang befindet sich der Plan mit der bestehenden Situation in der KZ CHN und dem Geschoss Q (Planverzeichnis Kapitel 17.1, Nr. 1 und Nr. 4).

11.2 Umbauetappe 1

Gemäss Ablöseplan soll anfangs 2019 die Ausführung beginnen. Die Maschine KM/WP1 sowie die provisorische Anlagen können montiert werden. Die bestehenden Maschinen werden während der Phase 1 weiter betrieben.

Die Bauarbeiten im Bereich des künftigen Rückkühlers RK4 sowie der zwei Kältespeicher starten. Der RK4 soll bereits montiert werden.

Der Zustand der bestehenden Rückkühler ist zu beurteilen und dementsprechend eine Sanierung zu planen.

Die WRG Umformergruppe (an einem Temperatur-Niveau von 52 °C) sowie die Verteilung der Wärmeeinspeisung in den Verbraucher-Rücklauf soll gebaut werden.

Die WRG Umformergruppe (an einem Temperatur-Niveau von 34 °C) mit einer Leistung von ca. 500 kW für die Luftvorwärmung ist wieder in der KZ CHN vorgesehen. Für die Einspeisung der Wärme zu den Monoblock kann die bestehende Verteilung angebunden werden.

11.3 Umbauetappe 2

Ab März 2019 sollen die neue KM/WP1 sowie die provisorische Maschine in Betrieb gesetzt werden. Sobald diese stabil betrieben werden, sind die drei bestehenden Maschinen zu demontieren.

Die zwei Kältespeicher (2 x ca. 45 m³) sind zu bauen.

Die Pumpengruppe (3 x 50%), welche sich im Technikraum D68.1 befindet, ist für die neuen Kältespeicher bereitzustellen.

11.4 Umbauetappe 3

Im Sommer 2019 soll die dritte Ausführungsphase beginnen. Die Kältemaschinen KM2 und KM3 sollen montiert und in Betrieb gesetzt werden. Sobald der Betrieb stabil ist, kann die provisorische Kältemaschine demontiert werden.

Die Kältespeicher sollen ins System eingebunden werden. Die vier ehemaligen Kältespeicher sollen als Wärmespeicher in das WRG-Netz eingebunden werden.

Die Umwälzpumpen (3 x 50%) für die Kopplung von den Kältespeichern bis zu den Kälteverbrauchern (8 Gebäuden) sind wieder in Betrieb zu nehmen.

11.5 Umbauetappe 4

Phase vier startet erst, wenn der Kältering in Betrieb ist. Diese soll im Jahr 2020 der Fall sein. Ob die Einspeisung der Kälte aus der KZ CHN in den Kältering über Umformergruppen oder durch eine direkte Einspeisung erfolgt, ist in der nächsten Projektphase zu prüfen.

12 Zusätzliche Arbeiten und Komponenten

Die zusätzlichen Arbeiten umfassen Aufwendungen, welche nicht explizit im vorliegenden Dokument ausgeführt wurden. Alle zusätzlichen Aufwendungen sind in der Kostenschätzung enthalten und die Komponenten in den Projektplänen aufgeführt.

12.1 Bauarbeiten

Kältezentrale D94

- Zusätzliche Türöffnung
- Anpassung der bestehenden Treppenkonstruktion
- Neue Treppenkonstruktion
- Kanal unter dem offenen Korridor
- Bodendurchbrüche für WRG-Leitung zu Energiekanal
- Unterstützungsstruktur für die Leitungen der provisorischen Anlage (über der Spöndlistrasse)

HLK Zentrale D 68.3

- Verbreiterung der Geschossdecke B-D
- Anpassung der Stahlkonstruktion: Die Konstruktion muss verkürzt werden, da sich diese im Bereich der neuen Speicher befindet (siehe Bild 14-12).

Tiefgarage

- Trennwand mit Türe im C und im D Geschoss
- Durchbrüche für WRG und Kälteleitungen (Kälteringgruppen) zu Energiekanal

Raum Q18 RK Anlage 1, zusätzliche RK

- Trennwand mit Türe

12.2 Elektroarbeiten

Die Leistungen der neuen Kältemaschinen übertreffen die bisherigen Anschlussleistungen, weshalb das Versorgungsnetz bis die Trafostationen soll geprüft werden sowie ein Umbau der bestehenden Trafostation notwendig ist. Die Trafostationen im CHN Gebäude gehören ETH Zentrum.

Eine zusätzliche Trafostation soll installiert werden. Die bestehenden Strom- und MSR-Verkabelungen der Kältemaschinen, der Kühltürme, Umwälzpumpen und der Ventile sollen rückgebaut und neue installiert werden.

Die Elektroarbeiten umfassen den Rückbau der bestehenden Verteilung, Erstellen von Bauprovisorien für den Stromanschluss, Beleuchtung, Sicherung und Steuerung sowie Erstellen der neuen Elektroverteilung, Beleuchtung, Anschluss von Feldgeräten etc. und Rückbau der Bauprovisorien.

12.3 Sanitärarbeiten

Die Füll- und Abwasserleitungen für jedes Netz, welche sich innerhalb der Kältezentrale befinden, sollen rückgebaut und neu gebaut werden.

Entwässerungen für die Umformer und Rückkühler sind zu installieren.

Die Füll- und Abwasserleitungen für die provisorischen Anlagen sind zu installiert und nach Bauabschluss wieder rückzubauen.

13 Kostenermittlung

13.1 Zusammenstellung

In der folgenden Tabelle ist eine zusammengefasste Kostenzusammenstellung für die Sanierung der Kältezentrale KZ CHN dargestellt.

Tabelle 13-1

Hauptkostenzusammenstellung - Sanierung der Kälteanlage		
BKP-Nr.	Position	Kosten [CHF]
113.1	Rückbau Elektro	50'000
113.2	Rückbau Kälte	100'000
123	Provisorien 1'000 kW, 240 Tage, inkl. Transport und Montage	150'000
123	Provisorien 700 kW, 240 Tage, inkl. Transport und Montage	90'000
211	Bauliche Anpassungen	200'000
231	neuer Trafo 1'000 A / Starkstromleitungen	300'000
232.1	Verkabelung der neuen Maschinen und neue Rückkühler	90'000
232.2	Verkabelung Steuerung	100'000
232.3	Beleuchtung	20'000
237.1	Gebäudeautomation	200'000
243.1	Wärmeverteilung / WRG Einbindung	400'000
246.1	Kältemaschine 1'118 kW, NH ₃ , Schraubenkompr., inkl. Gehäuse	450'000
246.2	Kältemaschine 2'286 kW, NH ₃ , Kolbenkompr. 2 Stk., inkl. Gehäuse	1'320'000
246.3	Kälteringgruppen 2 x 2'750 kW	300'000
246.4	Kälteverteilung	300'000
246.5	Kältespeicher 2 x 45 m ³ , Platzschweissung, inkl. Transport und Mon.	180'000
246.6	Sanierung der bestehende RK Anlage	50'000
246.7	Rückkühlung 1 x neu 750 kW	140'000
246.8	Rückkühlung 2 x neu je 2'000 kW	490'000
246.9	neue Rückkühlleitung auf das Dach des Flachhauses	200'000
246.10	Free Cooling	150'000
250	Sanitäre Anlagen / Entwässerung, Füllrichtungen etc.	100'000
27	Zusätzliche Trennwände, Türe, Stahlbauarbeiten, statische Massnahmen	600'000
290	Honorare	1'422'500
	Total exkl. MWST	7'402'500
	MWST	592'200
	TOTAL	7'994'700

13.2 Kostenungenauigkeit

Die Präzision über das gesamte Vorprojekt unterliegt einer Genauigkeit von +/- 15%.

Die Kosten für die Kältemaschinen, Vermietung der provisorischen Kälteanlage, Rückkühlwerke, Umwälzpumpen und Umformer sind über Offerten von Lieferanten eingeholt worden. Diese Offerten sind dem Anhang zu entnehmen (siehe Kapitel 17.2). Die restlichen Kostenpositionen basieren auf Schätzungen.

14 Fotobericht



Bild 14-1: KZ CHN, Raum Nr. D94



Bild 14-2: Kältemaschinen, KZ CHN, Raum Nr. D94



Bild 14-3: Korridor zu Kältezentrale Raum Nr. D94



Bild 14-4: Bestehende RK-Anlage mit Gliederklappen, Geschoss Q, Raum Nr. Q17



Bild 14-5: Platz unter der Spöndlistrasse für die provisorische Kälteanlage



Bild 14-6: WRG-Verteilung und Expansionsanlage mit Druckhaltesystem in der KZ CHN, Geschoss D, Raum Nr. D94



Bild 14-7: Verfügbarer Raum für zusätzliche Rückkühler (Anlage 1), Geschoss Q, Raum Q18



Bild 14-8: WRG-Leitung geführt durch Frischlufteinsaugung unter dem offenen Korridor ins CHN Flachhaus



Bild 14-9: Expansionsanlage, KZ CHN, Geschoss D, Raum Nr. D94



Bild 14-10: Strassenöffnung und Krankonstruktion Geschoss D, Raum Nr. D68.3



Bild 14-11: Fluchtwegplan Tiefgarage Geschoss D

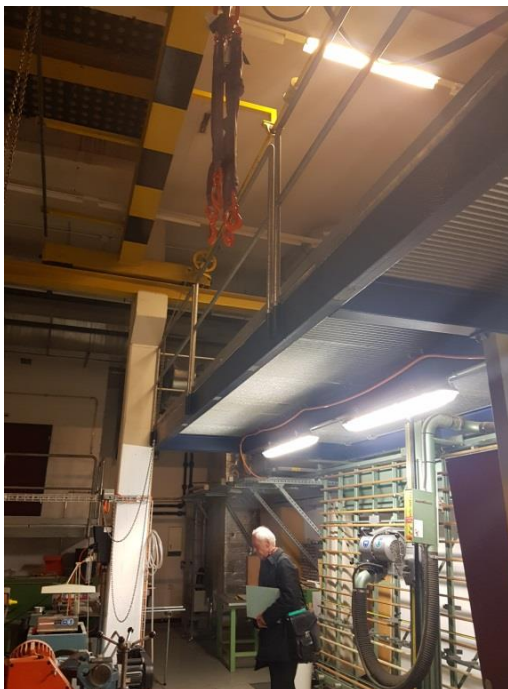


Bild 14-12: Stahlkonstruktion, Technik Raum Nr. D68.3



Bild 14-13: Energiekanal, Kälteleitung Eingang in den Speicherraum Nr. D68.3



Bild 14-14: Energiekanal, Durchbruch in die KZ CHN



Bild 14-15: Tauscher der bestehenden Rückkühler

15 Quellenverzeichnis

Folgende Dokumente bilden u.a. die Grundlage für dieses Vorprojekt. Referenzen zu diesen Quellen werden im vorliegenden Dokument in Form von hochgestellten Nummern ausgewiesen.

- ¹ Masterplan Energie ETH Zentrum, Vorstudie Schlussbericht; 03.09.2015; Amstein + Walthert
- ² Monitoring Kälte und Abwärme Nutzung; 21.03.2017; Wolfgang Seifert
- ³ Masterplan Energie ETH Zentrum; 10.07.2015; W. Seifert
- ⁴ Kältenetz ETH Zentrum, Vorprojekt Schlussbericht, Version 0.1/13.Januar 2016; Amstein + Walthert
- ⁵ ETH Planungshinweise Kältemaschinen Areal Zentrum; 01.04.2016. ETH Zentrum, Wolfgang Seifert
- ⁶ Konzept „Ausbaupotenzial Kälteerzeugung“ RMB Engineering AG, 2016.
- ⁷ Technische Spezifikation der bestehende Rückkühlern, 09.07.2000

16 Bezeichnungen und Standort der Komponenten

Tabelle 16-1

Bezeichnung Anlagen	Beschreibung
KZ CHN	Kältezentrale im Gebäude CHN
KM1	Kältemaschine bestehend seit 2001 mit R134a
KM2	Kältemaschine bestehend seit 2001 mit R134a
KM3	Kältemaschine bestehend seit 2001 mit R134a
KM/WP1 (neu)	Kältemaschine neu mit NH ₃ , Platzierung im Serverraum
KM2 (neu)	Kältemaschine neu mit NH ₃ oder HFO, Platzierung in KZ CHN
KM3 (neu)	Kältemaschine neu mit NH ₃ oder HFO, Platzierung in KZ CHN
RK1 bis RK3	Rückkühler bestehend seit 2000
RK4 bis RK6 (neu)	Rückkühler neu

Tabelle 16-2

Standort	Anlagen vor Sanierung	Anlagen nach Sanierung
KZ CHN D95	KM1	
	KM2	KM2 (neu)
	KM3	KM3 (neu)
	WRG 500 kW	WRG 500 kW
Serverraum D94		KM/WP1
Technikraum Rückkühler Q17	RK1 bestehend seit 2000	RK1 bestehend seit 2000
	RK2 bestehend seit 2000	RK2 bestehend seit 2000
	RK3 bestehend seit 2000	RK3 bestehend seit 2000
Technikraum Q18	-	RK4 neu
Dach des Flachhauses Geschoss J	-	RK5 neu
	-	RK6 neu

Tabelle 16-3

Bezeichnung Netze	Beschreibung
Kälteleitung/Kälteverteiler	Kälteversorgungsnetz für direkt belieferte Bezüger der KZ CHN
Kältering	Zukünftiges Kältenetz ETH Zentrum
WRG-Netz	Leitungsnetz von der Kältemaschine KM/WP1 kondensatorseitig zu den Wärmebezügern
WRG Umformergruppe 500 kW Leitung	Leitung vom Vorlauf der KM kondensatorseitig zur Umformergruppe und von der Umformergruppe wieder zum Vorlauf der KM kondensatorseitig
Rückkühlkreis	Leitungsnetz von den Kälteanlagen kondensatorseitig zu den Rückkühlern
Fernwärmenetz	Bestehendes Heizungsnetz des ETH Zentrums

17 Anhang

17.1 Planverzeichnis

1. Prinzipschema Kälteerzeugung bestehend, Ersatz Zone, Nr. 9620-CHN-3-1-D-4
2. Prinzipschema Kälteerzeugung, Nr. 9620-CHN-3-1-D-1
3. Plan, Situation Grundriss, D Geschoss, Nr. 9620-CHN-3-0-D-6
4. Plan, Situation, Grundriss Kühltürme Q Geschoss, Nr. 9620-CHN-3-0-Q-13
5. Plan, Situation, Grundriss Kühltürme J Geschoss, Nr. 9620-CHN-3-0-J-14
6. Plan Kälteringgruppe D Geschoss, Nr. 9620-CHN-3-0-B-15
7. Ablösephasen RMB
8. Terminplan - Bauphase

17.2 Offerte – Lieferanten

1. Kältemaschine – Wärmepumpe; Johnsons Controls AG
2. Kältemaschine; Friotherm AG
3. Umformer; Hauser Automatic AG
4. Hybrid-Rückkühler; Jäggi AG
5. Kältespeicher; Jenni Energietechnik AG
6. Provisorische Kältemaschine;- ICS COOL ENERGY AG