

Unterschiede und Gründe für die Unterscheidung von unternehmenskritischen Kühlsystemen gegenüber herkömmlichen Klimaanlagen

**White paper /
technische
Dokumentation
Nr. 56**

APC[®]
Legendary Reliability[®]

Zusammenfassung

Moderne Technikräume erfordern präzise, stabile Umgebungen, damit die empfindliche Elektronik optimal arbeiten kann. Herkömmliche Klimaanlage (Anm.: in der Regel Human Klimaanlage) eignen sich nicht für solche Räume, da sie Systemabschaltungen und Ausfälle von Komponenten verursachen. Präzisionsklimaanlagen regeln Temperatur und Luftfeuchte in sehr engen Grenzen und erzeugen damit die für empfindliche elektronische Geräte erforderlichen stabilen Umgebungsbedingungen, so dass kostspielige Ausfallzeiten vermieden werden können.

Die modernen Technikräume – nicht mehr nur Computerräume

Die Anforderungen an die präzise Umgebungssteuerung beschränken sich heute längst nicht mehr auf die herkömmlichen Datacenter oder Computerräume, sondern beziehen sich auf ein breiteres Anwendungsspektrum, die so genannten „Technikräume“. Hierzu gehören beispielsweise:

1. Räume mit medizinischer Ausrüstung (Magnetresonanztomographie, Computertomographie)
2. Reinräume
3. Labors
4. Drucker- / Kopierer- / CAD-Center
5. Serverräume
6. Klinikeinrichtungen (Operationssäle, Isolierstationen)
7. Telekommunikation (Schalträume, Mobilfunkstandorte)

Warum benötige ich eine Präzisionsklimaanlage?

Die Datenverarbeitung ist der Lebensnerv aller wichtigen Unternehmensabläufe. Das Funktionieren Ihres Unternehmens hängt daher von der Zuverlässigkeit der Technikräume ab. IT-Hardware erzeugt eine ungewöhnlich hohe konzentrierte Abwärme und reagiert gleichzeitig sehr empfindlich auf Änderungen der Temperatur oder Luftfeuchtigkeit. Änderungen der Temperatur und / oder Luftfeuchtigkeit können zu Problemen wie der Erzeugung von „Datenmüll“ bis hin zu einer vollständigen Systemabschaltung führen. Dadurch können dem Unternehmen je nach Dauer der Unterbrechung und der Höhe der Zeit- und Datenverluste hohe Kosten entstehen. Herkömmliche Klimaanlagen sind nicht für die Bewältigung der konzentrierten Abwärme von Technikräumen ausgelegt und nicht in der Lage, die für diese Anwendungen erforderlichen Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssollwerte einzuhalten. Präzisionsklimaanlagen sind für eine genaue Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsregelung konzipiert. Sie arbeiten das ganze Jahr über äußerst zuverlässig, sind wartungsfreundlich, flexibel und redundant konstruiert, so dass der Technikraum rund um die Uhr in Betrieb bleiben kann.

Sollwerte für Temperatur und Luftfeuchtigkeit

Die Einhaltung der Sollwerte für Temperatur und Luftfeuchtigkeit ist entscheidend für den reibungslosen Betrieb von Technikräumen. Die Sollwerte sollten 22 bis 24 °C und 35 bis 50 % relative Luftfeuchte (r. F.) betragen. So schädlich falsche Umgebungsbedingungen sein können, schnelle Temperaturschwankungen können den Betrieb der Hardware ebenfalls beeinträchtigen. Dies ist einer der Gründe dafür, dass die Hardware eingeschaltet bleibt, auch wenn keine Daten verarbeitet werden. Präzisionsklimaanlagen sorgen rund um die Uhr dafür, dass die Temperatur lediglich um maximal $\pm 0,56$ °C und die relative Luftfeuchtigkeit um maximal ± 3 bis 5 % schwankt. Klimaanlagen halten dagegen nur im Sommer bei einer Außentemperatur von 35 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 48 % eine konstante Temperatur von 27 °C und eine relative Luftfeuchte von 50 %. Normalerweise wird die Luftfeuchtigkeit nicht speziell geregelt, und die einfachen Regelungsvorrichtungen können die für die Temperatur erforderliche Sollwerttoleranz nicht einhalten, so dass potenziell schädliche Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsschwankungen auftreten können.

Durch eine falsche Umgebung verursachte Probleme

Durch eine unzureichend stabilisierte Technikraumumgebung werden die Datenverarbeitung und –speicherung beeinträchtigt. Dies kann zu Datenverlusten oder Abschaltungen und Ausfällen ganzer Systeme führen.

1. Zu hohe und zu niedrige Temperaturen

Zu hohe oder zu niedrige Umgebungstemperaturen bzw. schnelle Temperaturänderungen können die Datenverarbeitung beeinträchtigen und zum Herunterfahren eines ganzen Systems führen. Durch Temperaturschwankungen können sich die elektrischen und physikalischen Eigenschaften elektronischer Bauteile und Komponenten verändern, so dass es zu Fehlfunktionen oder Ausfällen kommt. Diese Probleme können vorübergehender Natur sein oder mehrere Tage dauern. Auch vorübergehend auftretende Probleme sind sehr schwierig zu diagnostizieren und zu beheben.

2. Zu hohe Luftfeuchtigkeit

Eine zu hohe Luftfeuchtigkeit kann Beschädigungen von Magnetbändern und Oberflächen, Aufsetzen von Magnetköpfen, Kondensation, Korrosion, Papierstaus sowie Gold- und Silberschiebungen verursachen, so dass Komponenten und Leiterplatten ausfallen.

3. Zu niedrige Luftfeuchtigkeit

Eine niedrige Luftfeuchtigkeit erhöht deutlich die Möglichkeit statischer elektrischer Entladungen. Durch solche Entladungen können Daten und Hardware beschädigt werden.

Unterschiede zwischen Präzisionsklimaanlagen und herkömmlichen Klimaanlagen

1. Quotient der fühlbaren Wärme

Eine Wärmelast besteht aus zwei Komponenten: der fühlbaren und der schleichenden Wärme. Die Abfuhr oder Zufuhr fühlbarer Wärme verursacht entsprechende Änderungen der Trockentemperatur. Die schleichende Wärme hängt mit der Zu- oder Abnahme des Feuchtegehalts der Luft zusammen. Die Gesamtkühlkapazität eines Kühlsystems ist die Summe der abgeführten fühlbaren und schleichenden Wärme.

$$\text{Gesamtkühlleistung} = \text{fühlbare Kühlung} + \text{schleichende Kühlung}$$

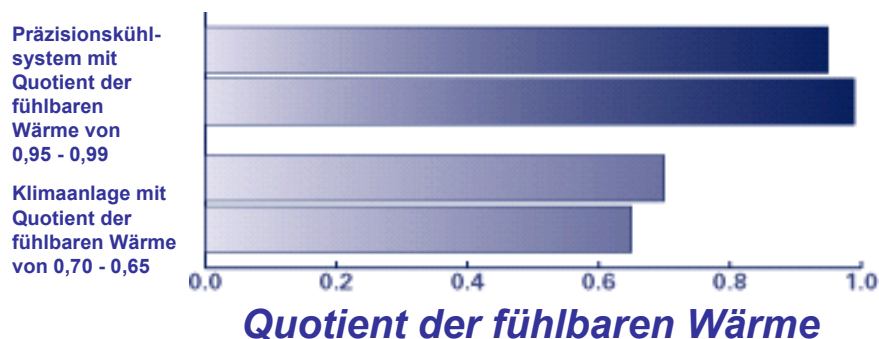
Der Quotient der fühlbaren Wärme ist der fühlbare Anteil der Gesamtkühlung.

$$\text{Quotient der fühlbaren Wärme} = \frac{\text{Fühlbare Kühlung}}{\text{Gesamtkühlung}}$$

In einem Technikraum entsteht die Kühllast fast nur durch die fühlbare Wärme, die durch IT-Hardware, Lampen, zusätzliche Geräte und Motoren abgegeben wird. Die schleichende Wärmelast ist sehr gering, da sich nur wenige Personen in einem solchen Raum aufhalten, Außenluft nur begrenzt zugeführt wird und es in der Regel eine Dampfbremse gibt. Der zur Bewältigung dieses Wärmelastprofils erforderliche Quotient der fühlbaren Wärme eines Kühlsystems ist sehr hoch: 0,95 bis 0,99. Präzisionsklimaanlagen sind so ausgelegt, dass sie diesen sehr hohen Quotienten fühlbarer Wärme erreichen.

Herkömmliche Klimaanlagen haben dagegen einen Quotienten der fühlbaren Wärme von 0,65 bis 0,70. Sie bieten damit zu wenig fühlbare Kühlung und zu viel schleichende Kühlung. Aufgrund der zu starken schleichenden Kühlung wird ständig zu viel Feuchtigkeit aus der Luft abgeführt. Damit die relative Luftfeuchte im angestrebten Bereich zwischen 35 und 50 % bleibt, müsste die Luft ständig befeuchtet werden, was zu einem dementsprechend hohen Energieverbrauch führt.

Abbildung 1 – Quotient der fühlbaren Wärme



2. Genaue Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsregelung

Präzisionsklimaanlagen verfügen über ausgefeilte, schnelle mikroprozessorgesteuerte Regelungsvorrichtungen, die notwendig sind, um auf sich ändernde Bedingungen schnell zu reagieren und die für eine stabile Umgebung benötigten engen Toleranzen einzuhalten. Präzisionsklimaanlagen enthalten in der Regel mehrere Kühl- und Heizstufen, einen Befeuchter und arbeiten mit einem speziellen Entfeuchtungszyklus, so dass sie sämtliche Anforderungen an die Regelung von Temperatur und Luftfeuchte erfüllen können.

Herkömmliche Klimaanlagen besitzen im Allgemeinen nur einfache Regler mit begrenzten Funktionen, die nicht schnell genug reagieren können, um die erforderliche Toleranz einzuhalten. Diese Systeme verfügen normalerweise nicht über die Heiz- bzw. Befeuchtungs- / Entfeuchtungszyklen, die für eine stabile Technikumgebung notwendig sind. Falls diese Komponenten überhaupt erhältlich sind, handelt es sich häufig um Zusatzgeräte, nicht um Komponenten eines integrierten Systems.

3. Luftqualität

Präzisionsklimaanlagen arbeiten mit einer hohen Luftströmungsrate pro abgeführter Wärmeeinheit, im Allgemeinen mit mindestens 76 Litern pro Sekunde pro kW. Mit dieser hohen Volumenleistung wird mehr Luft im Raum bewegt, wodurch die Luftverteilung verbessert und die Möglichkeit der Bildung einzelner warmer Punkte reduziert wird. Moderne Geräte haben im Allgemeinen eine Leistung von etwa 76 Litern pro Sekunde pro verbrauchtem kW Strom; an der Eintrittsöffnung der Geräte sollte daher unbedingt die entsprechende Menge an kühler Zufuhrluft verfügbar sein. Andernfalls saugen die Geräte einen Teil der Luft aus anderen Bereichen des Raums an, was häufig zu gefährlich hohen Einlasstemperaturen führt. Aufgrund der hohen Kilowattleistung von Präzisionsklimaanlagen strömt auch mehr Luft durch Filter, so dass die Umgebung sauberer wird. In Präzisionsklimaanlagen wird zur Beseitigung von Luftpartikeln normalerweise eine tief angeordnete Filterbank mittlerer bis hoher Leistung eingesetzt.

Herkömmliche Klimaanlagen arbeiten mit einer wesentlich geringeren Leistung von 40 bis 54 Litern pro Sekunde pro kW. Eine geringe Literleistung kann zu schlechter Luftverteilung und zu einer Erhöhung von Luftschadstoffen führen. Filter für Klimaanlagen sind in der Regel flache Elemente niedriger Leistung, die nicht in der Lage sind, Luftpartikel in ausreichendem Maße zu entfernen.

4. Betriebsstunden

Präzisionsklimaanlagen sind für einen Dauerbetrieb von 8760 Stunden pro Jahr konzipiert. Diese Systeme sind aufgrund der für sie ausgewählten Komponenten und ihrer redundanten Konstruktion auf minimale Ausfallzeiten ausgelegt. Systemregler sorgen unter sämtlichen Außenbedingungen im Sommer wie im Winter für ein konstantes Raumklima.

Herkömmliche Klimaanlagen sind nur für den Einsatz an Sommertagen vorgesehen; dabei wird eine Maximallaufzeit von 1200 Stunden pro Jahr veranschlagt. Diese Anlagen sind nicht auf ganzjährigen Dauerbetrieb ausgelegt. Weder die Regler noch das Kühlsystem sind für ständigen, ausfallfreien Betrieb oder Betrieb im Winter vorgesehen.

Konstruktionskriterien

1. Leistungsdichte

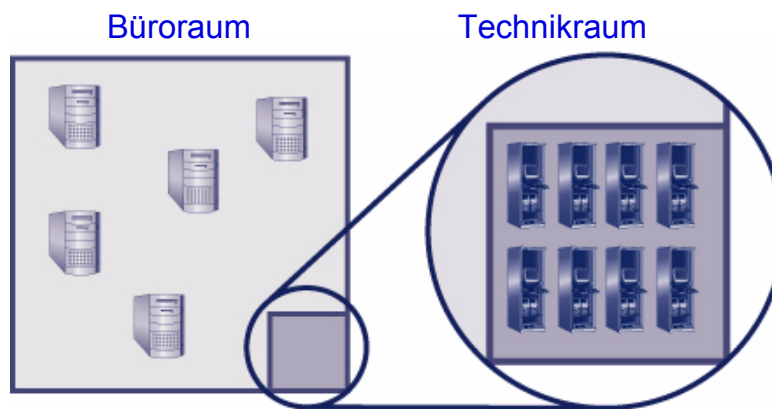
Aufgrund der hohen Gerätekonzentration kann die Leistungsdichte in einem Technikraum fünf Mal höher sein als in einem normalen Büro. Die Systeme müssen für diese extrem hohe Leistungsdichte konstruiert sein. Fühlbare Kühlleistung und Luftverteilung sind von entscheidender Bedeutung.

Leistungsdichte

Büro 54 - 161 Watt/m²

Technikraum 538 - 2.153 Watt/m²

Abbildung 2 – Leistungsdichte



2. Temperatur und Luftfeuchtigkeit

Die Sollwerte sollten zwischen 22 bis 24 °C und 35 bis 50 % r. F betragen.

3. Luftmenge

Die hohe Volumenleistung pro kW von Präzisionsklimaanlagen trägt zu dem hohen Quotienten fühlbarer Wärme bei, verbessert die Luftverteilung und erhöht die Filterleistung. Durch diese hohe Leistung wird das Wohlbefinden der Mitarbeiter nicht beeinträchtigt, da die Luft unter dem Doppelboden verteilt, durch die Ausrüstung geführt und in den umgebenden Raum geführt wird.

4. Luftreinheit

Werden keine Filter verwendet, kann die Ausrüstung durch Staub in der Luft beschädigt werden. Die Filter sollten tief angeordnet sein und eine mittlere bis hohe Leistung haben. Die Filtergröße ist ebenfalls wichtig. Der Filter muss mit ausreichend niedrigen Flächengeschwindigkeiten arbeiten können, um effizient wirken zu können. Die Filter müssen regelmäßig gewechselt werden.

5. Dampfbremse

Da fast alle Konstruktionsmaterialien feuchtigkeitsdurchlässig sind, muss ein gut konstruierter Technikraum über eine Dampfbremse verfügen. Ohne Dampfbremse geht im Winter Feuchtigkeit verloren, während sie im Sommer zunimmt. Dadurch wird die Regelung des Feuchtigkeitssollwerts sehr schwierig, was zu erhöhten Laufzeiten von energieintensiven Kompressoren und Befeuchtern führt.

Zur Gewährleistung einer effektiven Dampfbremse müssen die Decken mit einer Polyethylenfolie versiegelt werden, Betonwände sind mit einer Farbe auf Gummi- oder Kunststoffbasis zu streichen, die Türen müssen dicht schließen, und alle Rohrleitungen sowie Kabeldurchführungen müssen versiegelt werden.

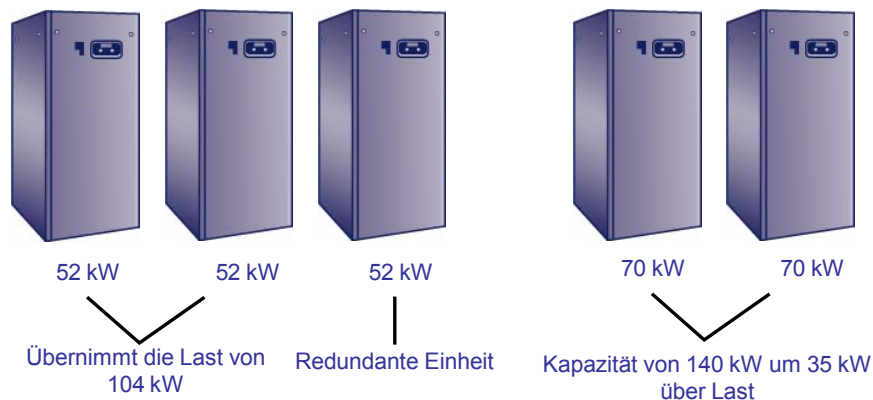
6. Anforderungen an die Außenluft

In Technikräumen arbeitet eher wenig Personal, so dass wenig Außenluft benötigt wird. Die Zufuhr von Außenluft ist zu minimieren, um die latente (schleichende) in den Raum eingetragene Belastung zu begrenzen. In den USA gilt derzeit eine Menge von 9,4 Litern pro Sekunde pro Person als ausreichend zur Erfüllung der Anforderungen an die Qualität der Innenraumluft.

7. Redundanz

Redundanz wird durch den Einsatz zusätzlicher Geräte erreicht, die auch nach dem Abschalten bzw. dem Ausfall einer oder mehrerer Einheiten 100 % der erforderlichen Kühlleistung bieten. Die Kosten für die redundanten Geräte sollten gegen die zu erwartenden Kosten des Ausfalls eines Technikraums abgewogen werden.

Abbildung 3 – Redundanz



Der Unterschied zwischen Redundanz und Überkapazität ist zu beachten. Für eine Last von 70 kW ist Redundanz bei drei 52-kW-Systemen oder vier 35-kW-Systemen gegeben. Damit die Ausrüstung als redundant gilt, muss der Betrieb der Geräte laufzeitabhängig rotieren und der automatische Start mittels einer Steuerungsschnittstelle möglich sein.

9. Sicherheit

Die Sicherheit der Kühlsysteme ist ebenso wichtig wie die der Hardware im Technikraum, da ein Betrieb der Hardware nur mit diesen Systemen möglich ist. Die Innenraumgeräte müssen sich im Technikraum befinden, und der Zugang zu diesen Geräten muss ebenso beschränkt sein wie der zu der IT-Hardware. Der externe Wärmetauscher sollte auf einem Dach oder in einem anderen sicheren Bereich innerhalb des Werksgeländes installiert werden.

Faktoren für die Systemauswahl

1. Belastungsberechnungen

Die Wärme in Technikräumen wird durch Hardware, Lampen, Menschen, Außenluft, Übertragungslasten, Sonne und zusätzliche Ausrüstung (Stromverteiler, USV usw.) erzeugt.

- Verwenden Sie als Faustregel für die Berechnung der Last einen Wert von $1,39 \text{ m}^2/\text{kW}$. Eine detailliertere Lastberechnung finden Sie im APC White paper / Weißbuch Nr. 25, „Ermitteln der Anforderungen für die Kühlung in Datacentern“.

2. Einzel-Systeme

a. Luftgekühlt

Abbildung 5 – Luftgekühltes System



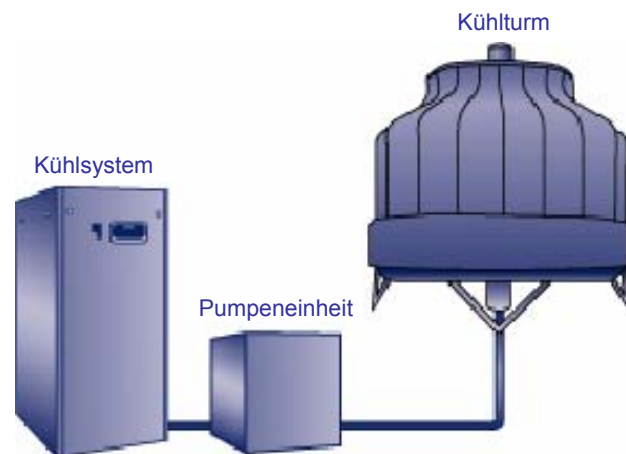
Systemkonfiguration

- Das Kühlsystem ist „aufgeteilt“ (Split / Direct Expansion) in ein Innenraumkühlsystem und eine außen installierte luftgekühlte Wärmeabfuereinheit.
- Die Kompressoren können innen oder der außen installiert sein. Aus Gründen der Sicherheit und Wartung befinden sich die Kompressoren in der Regel im Innenraum.
- Die beiden Teile des Systems sind durch Kältemittelleitungen (zwei pro Kompressor) miteinander verbunden.

- Die Konstruktion der Kältemittelleitungen ist von entscheidender Bedeutung. Bei der Konstruktion sind Druckverluste, Geschwindigkeit des Kältemittels, Ölrücklauf und Ausscheidungen zu berücksichtigen.
- Das Gerät sollte von qualifizierten Vertragspartnern installiert werden.
- Hervorragend geeignet für mehrere Einheiten und ausgedehnte Anlagen. Jedes System ist ein selbständiges Modul.

b. Wassergekühlt

Abbildung 6 – Wassergekühltes System

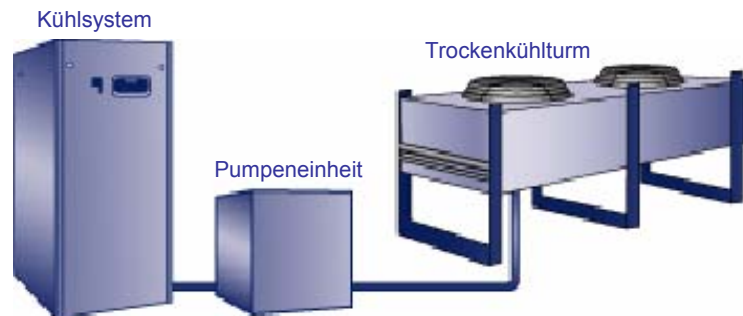


Systemkonfiguration

- Innenraumkühlsystem ist ein vollständig, eigenständiges Kühlturmsystem.
- Die Wärme wird über einen Wärmetauscher in der Innenraumeinheit an das Kühlwasser abgeführt. Das Kühlwasser wird anschließend in der Regel in einen Kühlturm gepumpt und von dort erneut in den Kreislauf als Kaltwasser geleitet. Es können auch Wasserquellen wie Brunnen verwendet werden.
- Der Kühlturm muss in kalten und gemäßigten Klimazonen winterfest sein.
- Der Turm sollte redundant konstruiert sein, oder es sollte eine Reservewasserzufuhr für Notfälle vorhanden sein.
- Bei Verwendung eines Kühlturms muss das Wasser aufbereitet werden.
- Die Konstruktion der Wasserleitungen ist weitaus weniger kritisch, und Wasserleitungen sind einfacher zu installieren als Kältemittelleitungen.
- Das Kühlturmsystem wird werksseitig befüllt und getestet.

c. Glykolgekühlt

Abbildung 7 – Glykolgekühltes System



Systemkonfiguration

- Die Innenraumeinheit entspricht weitgehend der eines wassergekühlten Systems.
- Anstelle von Wasser zirkuliert eine Glykollösung, und die Wärmeableitung erfolgt in einem extern installierten Flüssigkeit-Luft-Wärmetauscher oder Trockenkühlturm.
- Die Wartung von Trockenkühltürmen ist weniger aufwändig als die von Kühltürmen.
- Ausgezeichnete Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung.
- Energieleistungsverhältnis des Systems ist das niedrigste der drei Gerätetypen.
- Mehrere Geräte können mit einzelnen großen Trockenkühltürmen und Pumpeneinheiten verbunden werden. Beachten Sie in diesem Fall die Redundanzanforderungen.

d. Außenluftgekühltes Glykol

Systemkonfiguration

- Anlage ist mit der glykolgekühlten Anlage identisch, umfasst jedoch zwecks Energieeinsparung außerdem eine zusätzliche Außenluftkühlschlange.
- Wenn die Außentemperatur fällt, wird die Glykollösung durch die zusätzliche Außenluftkühlschlange geführt, so dass die Kühlung ohne Einsatz der Kompressoren erfolgt.
- In entsprechenden Klimazonen ist damit eine ausgezeichnete Senkung der Betriebskosten möglich.
- Die zusätzliche Kühlschlange verlangt eine höhere Leistung des Gebläsemotors.
- Bei Systemen mit größeren Außenluftkühlschlangen lassen sich mehr Kosten einsparen. Außenluftkühlschlangen müssen vor der DX-Kühlschlange installiert werden, damit bei milden Umgebungstemperaturen die zusätzliche Kapazität zur Verfügung steht.

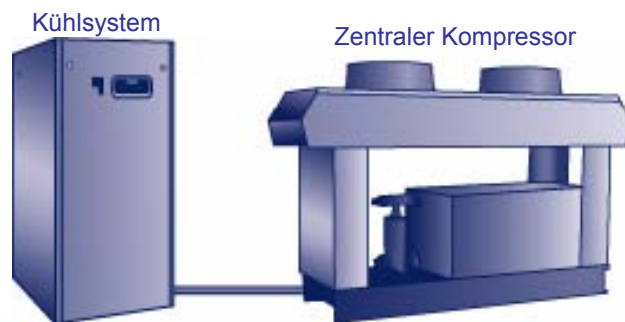
e. Zusätzliche Kaltwasserkühlschlange

Systemkonfiguration

- In DX-Systeme kann eine zusätzliche Kaltwasserkühlschlange integriert werden; damit verfügen auch Einzelgeräte über Redundanz.
- Das Gerät kann als Kaltwassersystem arbeiten, wobei die vollständig modulare DX-Reserve in Notfällen einspringt.
- Das Gerät kann als DX-System mit einer im Bedarfsfall eingesetzten zentralen Kaltwasserreserve fungieren.
- Das Gerät kann Kaltwasser verwenden, wenn es verfügbar ist. Dies gilt z. B. für folgende Fälle: Ein Kältekompressor wird hauptsächlich in bestimmten Fertigungsprozessen eingesetzt oder unterstützt im Sommer Klimaanlage; die Umschaltung auf das DX-System erfolgt, wenn das Kaltwasser nicht mehr verfügbar ist.

f. Kühlwasser

Abbildung 8 – Kühlwassersystem



Systemkonfiguration

- Ein zentraler Kühlkompressor leitet das Kühlwasser zu den Einzelgeräten im Technikraum. Das Kühlsystem befindet sich in dem jeweiligen Kältekompressor.
- Die Innenraumkühlsysteme umfassen Steuerungselemente, Kaltwasserkühlschlange, Kaltwasserregelventil, Gebläse, Filter, Befeuchter und Wiedererhitzer.
- Die Kaltwassertemperatur sollte so hoch wie möglich sein, damit der Quotient der fühlbaren Wärme möglichst hoch ist (8,33 °C oder höher).
- Die Redundanz sollte auf zentrale Kühlanlagen und Pumpensysteme erweitert werden.
- Die zentrale Anlage sollte für den ganzjährigen Einsatz winterfest gemacht werden.
- An bestimmten Orten wird dafür eventuell zusätzliches Personal benötigt.
- Keine Kombination mit Kältekompressoren von Klimaanlage, da sich die Temperaturen des zugeführten Kühlwassers unterscheiden (5,6 °C bei Klimaanlage, 8,3 °C bei Kühlsystemen für Technikräume).

Anschaffungskosten in Bezug auf die Nutzungsdauer

1. Betriebskosten

Die Kosten für die Kühlsysteme in Technikräumen sind pro Quadratmeter normalerweise zehn Mal höher als die Kosten für Büroklimaanlagen. Gründe hierfür sind der ganzjährige Betrieb anstelle des saisonalen Betriebs und die wesentlich höhere Wärmelastdichte. Die Betriebskosten von Präzisionsklimaanlagen liegen jedoch deutlich unter denen von herkömmlichen Klimaanlagen, wenn beide Systeme in Technikräumen eingesetzt werden.

Die Kosten für Präzisionsklimaanlagen liegen bei vergleichbarem Einsatzzweck aus folgenden Gründen unter denen von herkömmlichen Klimaanlagen:

- a. Unterbodensystem – Aufgrund eines hohen Quotienten für fühlbare Wärme werden eine übermäßige Entfeuchtung und damit der nachfolgende Einsatz eines Befeuchters vermieden.
- b. Hohes Energieleistungsverhältnis. Dank überdimensionierten Kühlschlangen, hoher Literleistung und leistungsstarken Wärmepumpenkompressoren haben in Computerumgebungen eingesetzte Systeme bei der fühlbaren Kühlung ein höheres Energieleistungsverhältnis als konventionelle Klimaanlagen.
- c. Präzisionsklimaanlagen enthalten Hochleistungskomponenten für den ganzjährigen Betrieb.

Achten Sie auf Folgendes:

- Überdimensionierte flache Kühlschlange
- Leistungsstarke Gebläsemotoren
- Befeuchter mit Dampfbehälter
- Leistungsstarker Wärmepumpenkompressor
- Hoher Quotient der fühlbaren Wärme
- Spezieller Entfeuchtungszyklus
- Niedrige FLA
- Kugellager mit einer Lebensdauer von 100.000 Stunden
- Erweiterte Garantien

2. Wartungskosten

Die größten Kosten bei Wartung oder Reparatur entstehen im Allgemeinen durch den Ausfall eines Technikraums. Daher ist stets und vor allem auf redundante Konstruktion zu achten. Um dieses Risiko weiter zu reduzieren, ist jedoch bereits bei der Auswahl der Ausrüstung auf Eigenschaften zu achten, die gewährleisten, dass Wartungs- und Reparaturarbeiten nur in geringem Umfang erforderlich werden.

Achten Sie auf Folgendes:

- a. Eingeschraubte Kühlkomponenten. Kompressor und Filtertrockner müssen ohne Schweißbrenner ausgebaut werden können.
- b. Primäre und sekundäre Abtropfbleche.
- c. Schnell austauschbarer gekapselter Befeuchter.

- d. Die Komponenten sollte sich in einem separaten mechanischen Geräteteil außerhalb des Luftstroms befinden.
- e. Auswechselbares Lüfterlaufwerk.
- f. Farbkodierte und nummerierte elektrische Verkabelung.
- g. Schutzschalter anstelle von Schmelzsicherungen für den Motorstart.
- h. Einfach zu entfernende und / oder klappbare Abdeckungen.
- i. Laufzeitbasierte Wartungsintervalle.

Ergebnisse

Technikräume enthalten empfindliche elektronische Komponenten, die für einen optimalen Betrieb auf stabile Umgebungsbedingungen angewiesen sind. Präzisionsklimaanlagen stellen diese Bedingungen her und verhindern auf diese Weise kostspielige Systemabschaltungen und Ausfälle von Komponenten.