

# Schaltschrank-Klimatisierung mit Kühlgeräten

## Auswahl der effizientesten Lösung

### White Paper

April 2021

Von: Edgar Hoogakker,  
Produktmanager  
Schaltschrankklimatisierung;  
Ann-Christin Kring,  
Produktmanagerin  
Klimatisierung

Die Klimatisierung wird bei der Konstruktion eines Schaltschranks oft vernachlässigt. Jedoch ist die Wahl des richtigen Kühlgeräts entscheidend für maximale Effizienz, Leistung und der Produktivität der Anlage. In diesem Whitepaper wird erklärt, wie Sie die richtige Wahl treffen.



## Inhaltsverzeichnis

Einleitung ..... 2  
 Zweck eines Kühlgeräts ..... 2  
 Funktion des Kühlgeräts ..... 2  
 Interne Wärmelast ..... 3  
 Berechnen ..... 3  
 der erforderlichen ..... 3  
 Kühlleistung ..... 3  
 Auslegung des passenden Kühlgerätes 5  
 Entfeuchten ..... 6  
 Energieeffizient ..... 7  
 Fazit ..... 7  
 Quellen ..... 7

## Einleitung

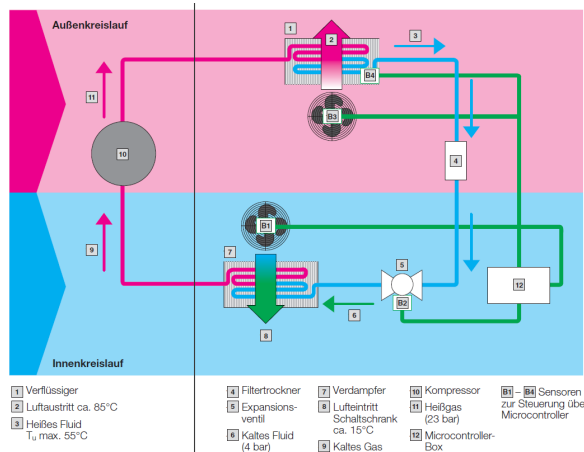
Die Wahl des richtigen Kühlgeräts für einen industriellen Schaltschrank hat einen großen Einfluss auf die Leistung und Effizienz des gesamten industriellen Prozesses. Geeignete und effiziente Kühlgeräte verlängern die Lebensdauer der installierten Komponenten erheblich, sind energieeffizient und schützen vor ungeplanten Ausfallzeiten. Obwohl die Kühlung bei der Konstruktion von Schaltschränken manchmal zu kurz kommt, kann ein Kühlgerät mit den richtigen Informationen und Überlegungen positiv zu einer höheren Produktivität und Rentabilität beitragen. In diesem Whitepaper beleuchten wir alle Faktoren, die bei der Auswahl eines Kühlgeräts für einen Schaltschrank entscheidend sind, wie z. B. die Funktion, die interne Wärmelast, die Berechnung der erforderlichen Leistung, der Einfluss von Feuchtigkeit und anderen Umgebungsbedingungen und natürlich die Energieeffizienz.

## Zweck eines Kühlgeräts

Das Kühlgerät hat die Aufgabe, die im Schrank entstehende Wärme möglichst effizient abzuführen und die Luft im Schrank zu kühlen, um so temperaturempfindliche Komponenten zu schützen. Das Gerät wird seitlich, rückseitig oder in der Tür eines Schanks eingebaut.

## Funktion des Kühlgeräts

Das Kühlgerät (Kompressor Kältemaschine) besteht aus vier Hauptkomponenten (siehe Abb. 2): Verdampfer (7), Kompressor (10), Verflüssiger (1) und Regel- oder Expansionsventil (5), die durch Verrohrungen verbunden sind. Dieser Kreislauf ist mit einer Substanz mit niedrigem Siedepunkt, dem Kühlmittel, gefüllt. Das Kältemittel R134a (CH<sub>2</sub>FCF<sub>3</sub>) ist chlorfrei. Das Ozonabbau Potenzial liegt bei 0. Dieses Kältemittel ist daher umweltfreundlich. Der in den geschlossenen Kältemittelkreislauf integrierte Filtertrockner (4) bindet evtl. im System enthaltene Restfeuchte und Schmutzpartikel und bietet einen wirksamen Schutz vor Korrosion im Kältekreislauf.



## Interne Wärmelast

Im Verdampfer (7) geht das flüssige Kühlmittel in den gasförmigen Zustand über. Die dafür benötigte Energie wird der Luft im Schrank als Wärme entzogen und sorgt so für die Kühlung. Im Kompressor (10) wird das gasförmige Kältemittel verdichtet. Dabei erwärmt es sich so stark, dass es im Verflüssiger (1) ein höheres Temperaturniveau als die Umgebungsluft erreicht. Die überschüssige Wärme kann nun über die Oberfläche des Verflüssigers an die Umgebungsluft abgegeben werden. Dadurch kühlt das Kältemittel ab und es ändert seinen Aggregatzustand vom gasförmigen in den flüssigen Zustand. Über ein thermostatisches Expansionsventil (5) wird das noch flüssige Kältemittel wieder in den Verdampfer eingespritzt. Durch die Expansion bzw. den Druckabfall sinkt die Temperatur des Kältemittels noch weiter so dass es wiederum Energie aus der Luft im Schrankinneren aufnehmen kann und dabei verdampft. Der Kreislauf beginnt von vorne.

Die interne Wärmelast ist die Energie, die von den Komponenten als Wärme an den Schaltschrank abgegeben wird. Diese ist je nach Komponente unterschiedlich und wird vom Hersteller der Komponenten in der Produktspezifikation angegeben. Die Wärmelast wird auch als Verlustleistung bezeichnet.

Um die Gesamtwärmelast eines Schaltschranks zu ermitteln, müssen die einzelnen Verlustleistungen aller Komponenten addiert werden. In der Welt der Elektronik wird die Verlustleistung üblicherweise in Watt angegeben, in Amerika und vereinzelt in Großbritannien findet man aber auch BTU/h (British Thermal Unit), wobei  $1 \text{ BTU/h} = 0,29307107 \text{ Watt/h}$  entspricht.

## Berechnen der erforderlichen Kühlleistung

Bevor wir die erforderliche Kühlleistung berechnen können, müssen wir ein paar Punkte wissen:

- Maximale Umgebungstemperatur
- Maximal zulässige Innentemperatur
- Maße des Schranks
- Aufstellung des Schranks nach IEC 890

Wenn wir diese Daten haben, können wir die Konvektion mit der folgenden Formel berechnen:  $P_c = k \times A \times \Delta T$

Wenn die Konvektion positiv ist, spricht man von Abstrahlung. Dies gilt, wenn die Umgebungstemperatur niedriger ist als die gewünschte Schaltschranktemperatur. Wenn die Konvektion negativ ist, spricht man von Einstrahlung. Dies gilt, wenn die Umgebungstemperatur höher ist als die gewünschte Schaltschranktemperatur.

Da wir nun wissen, wie hoch die Konvektion ist, können wir die Gesamtwärmelast (Verlustleistung) ebenso wie die erforderliche Kühlleistung berechnen. Dazu verwenden wir die folgende Formel:

$$P_n = P_t - P_c \text{ (erforderliche Kühlleistung = Gesamtwärmelast - Konvektion)}$$

**Achtung: Konvektion kann auch negativ sein**

### Rechenbeispiel

Ein Schaltschrank aus Stahlblech mit den Maßen: 800 x 2000 x 800 mm (BxHxT) wird an die Wand gestellt, ist aber an der linken und rechten Seite frei. Im Schaltschrank befindet sich eine Steuerung, die insgesamt 750 Watt Wärme erzeugt. Der Schaltschrank wird in einem Raum aufgestellt, in dem es im Sommer bis zu +35 °C warm werden kann. Die Komponenten im Schaltschrank haben eine Betriebstemperatur von ca. +45 °C.

### Schritt 1 (Festlegen der Eigenkonvektion)

$P_c = k \times A \times \Delta T \rightarrow P_c = 5,5 \times 6 \times 10 = 330 \text{ Watt}$ . **Schritt 2** (Bestimmung der abzuführenden Leistung)  $P_n = P_t - P_c \rightarrow P_n = 1400 - 330 = 1070 \text{ Watt}$ .

In diesem Beispiel muss also ein Kühlgerät mit mindestens 1070 Watt ausgewählt werden, um den Schaltschrank auf seiner Betriebstemperatur von +45 °C zu halten.

## Auslegung des passenden Kühlgerätes

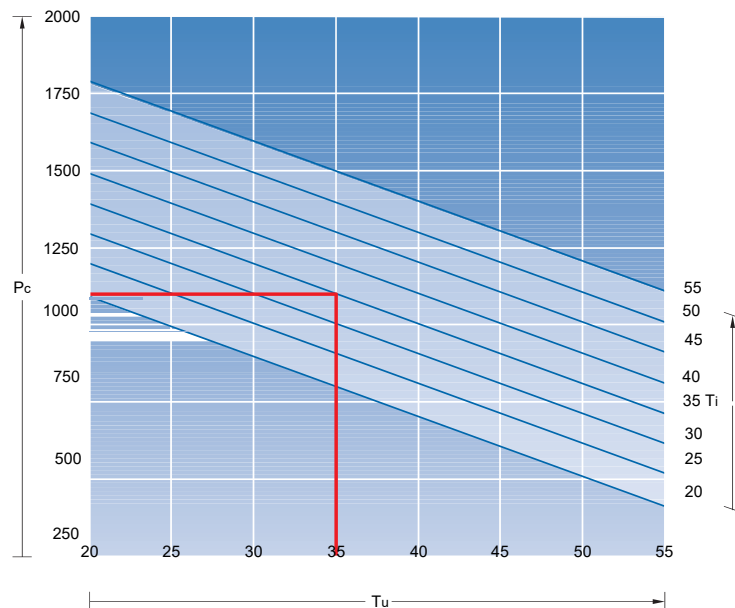
Bei der Auswahl eines Kühlgeräts sind einige Punkte zu beachten, wie z. B. die Umgebungstemperatur, die interne Schranktemperatur sowie natürlich die Spannung und Frequenz.

Die Umgebungstemperatur ist sehr wichtig für die Leistung eines Kühlgeräts. Mit steigender Umgebungstemperatur nimmt die Kühlleistung ab, während der Energieverbrauch steigt. Das Leistungsdiagramm des Kühlgerätes SK 3304.500 zeigt deutlich, dass die Leistung bei  $T_u=35\text{ °C}$  und einer gewünschten Schranktemperatur  $T_i=35\text{ °C}$  etwa 1100 Watt beträgt. Wenn die Umgebungstemperatur auf  $T_u=50\text{ °C}$  ansteigt, sinkt die Leistung auf 910 Watt

Die gewünschte Schaltschrankinnentemperatur hat ebenfalls einen Einfluss auf die Leistung; so steigt bei einer höheren gewünschten Schaltschrankinnentemperatur  $T_i$  die Leistung des Kühlgeräts, und bei einer Verringerung der gewünschten Temperatur  $T_i$  sinkt die Leistung. Im oben genannten Berechnungsbeispiel ( $T_u=35\text{ °C}$  und  $T_i=45\text{ °C}$ ) hat das Kühlgerät eine Leistung von 1227 Watt und wäre somit ausreichend dimensioniert.

### 50 Hz

SK 3304.500, .510, .600, .504



$T_u$  = Umgebungstemperatur (°C)

$P_c$  = Gesamtkühlleistung (W)

$T_i$  = Schrankinnentemperatur (°C)

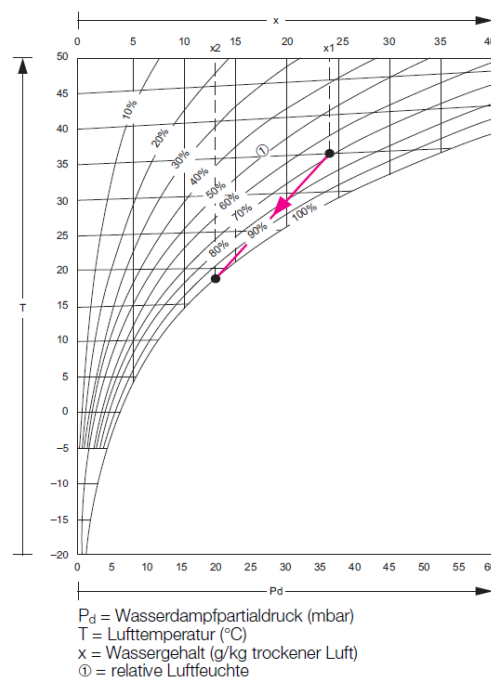
Rittal GmbH & Co.KG  
www.rittal.de

#### Leistungsdiagramm

In den meisten Ländern haben wir es mit einer Frequenz von 50 Hz zu tun, aber es gibt auch einige Länder, in denen wir mit einer Frequenz von 60 Hz konfrontiert werden. Bei einem Kühlgerät ist dies in der Regel kein Problem, aber prüfen Sie, ob das ausgewählte Gerät dafür geeignet ist. Die Frequenz beeinflusst auch die Leistung des Kühlgeräts. Bei einer Frequenz von 60 Hz laufen der Verdichter und die Filterlüfter schneller, so dass die Leistung steigt. Dies ist normalerweise in den Spezifikationen angegeben. Dies gilt jedoch nicht für Kühlgeräte mit Invertertechnologie, da die Drehzahl des Verdichters und der Filterlüfter durch die Invertersteuerung bestimmt wird

## Entfeuchten

Der Einsatz eines Kühlgeräts hat den zusätzlichen Vorteil, dass es neben der Kühlung auch die Luft im Schaltschrank entfeuchtet. Doch wie viel Feuchtigkeit wird der Luft im Inneren des Schaltschranks genau entzogen? Diese kann mit Hilfe des Mollier h-x-Diagramms ermittelt werden (siehe Abbildung). Das Kühlgerät wird bei einer Lufttemperatur von  $T_i = +35\text{ °C}$  und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 70% in Betrieb genommen. Wenn Luft von  $+35\text{ °C}$  mit einer mittleren Verdampfungstemperatur von ca.  $+18\text{ °C}$  über den Verdampfer strömt, kommt sie mit der kalten Oberfläche in Berührung und kühlt bis unter den Taupunkt ab, wodurch sich Kondensation bildet. Die Differenz  $\Delta x = x_1 - x_2$  gibt an, wie viel Kondensation pro kg Luft bei vollständiger Entfeuchtung entsteht. Die Menge des Kondenswassers wird mit der folgenden Gleichung berechnet:

$$W = V \times \rho \times \Delta x$$


$W$  = Kondensatvolumen;  $V$  = Volumen (BxHxT)

$\rho$  = Dichte der Luft =  $1,2\text{ kg/m}^3$

$\Delta x$  = Differenz des Wassergehalts in g/kg trockener Luft (Mollier h-x-Diagramm)

Wie viel Kondensat wird dann im Beispiel entzogen:

$$V = 0,8 \times 2 \times 0,8 = 1,28\text{ m}^3$$

$$W = 1,28 \times 1,2 \times 11\text{g/kg}$$

$$W = 16,90\text{ g} \approx 17\text{ ml.}$$

## Energieeffizienz

Heutzutage gibt es verschiedene Entwicklungen, die den Einsatz eines Kühlgeräts attraktiv machen, weil sie den Energieverbrauch des Kühlgeräts reduzieren. So sehen wir die Einführung der Invertersteuerung, bei der die Drehzahl des Verdichters und der Filterlüfter auf Basis der Wärmelast im Schaltschrank geregelt wird. Ein weiterer Vorteil der Invertertechnologie ist, dass die Temperatur im Schaltschrank sehr konstant ist, was einen „stressfreien“ Betrieb der Komponenten gewährleistet und zu einer längeren Lebensdauer führt. Eine weitere Technik, die wir sehen, ist die Heatpipe. Dies ist eine passive Methode zur Ableitung von Wärme aus dem Schaltschrank an die Umgebung. Voraussetzung ist, dass die Temperatur in der Umgebung niedriger ist als die maximal zulässige Temperatur im Schaltschrank. Die Effizienz eines Kühlgeräts wird durch den EER Wert (Energy Efficiency Ratio) angegeben, die Sie in der Spezifikation des Geräts finden können. Dieser Wert stellt das Verhältnis zwischen der Kühlleistung und der zur Kühlung benötigten elektrischen Energie dar. Je höher dieser Wert ist, desto energieeffizienter ist das Kühlgerät.

Erfahren Sie [hier](#) mehr über die innovative Blue e+ Technologie.



## Fazit

Um die Zuverlässigkeit und Langlebigkeit Ihrer Anlage zu gewährleisten, muss die entstehende Wärme aus dem Schaltschrank so effizient wie möglich abgeführt werden. Ein Kühlgerät ist hierfür die perfekte Lösung. Es ist wichtig, dass dieses Kühlgerät ausreichend dimensioniert ist und einen möglichst hohen EER-Wert hat. Das erhöht nicht nur die Anlagenverfügbarkeit, sondern führt auch zu einem geringeren Energieverbrauch und niedrigeren CO<sub>2</sub>-Emissionen. Das reduziert die Kosten für den Betreiber und spart somit auch Geld.

## Quellen

Rittal Technik-Bibliothek „Schaltschrank und Prozesskühlung“.  
Therm Software  
Whitepaper: „Das perfekte Klima für Ihren Schaltschrank“.

Rittal GmbH & Co.KG  
Auf dem Stützelberg · 35745 Herborn · Deutschland  
Tel.: +49 (0)2772/505 9052 · Fax: +49 (0)2772/505 2319  
E-Mail: [mtv@rittal.de](mailto:mtv@rittal.de) · [www.rittal.de](http://www.rittal.de)

FRIEDHELM LOH GROUP

