

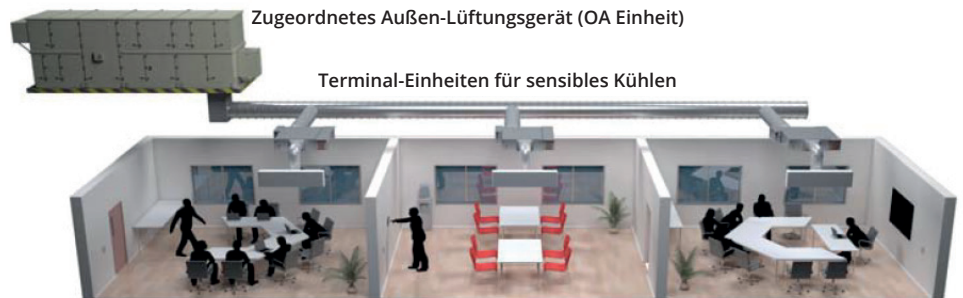


## Zugeordnetes Frischluft-Lüftungsgerät mit Kaltwassersystem und Zonen Terminal-Einheiten

Da Gebäude im zunehmenden Maße für geringen Energieverbrauch geplant werden, sinken auch die sensiblen Kühllasten. Hier bieten spezielle Kühlkomponenten, welche für reine sensible Kühlung ausgelegt sind, eine ökonomische Lösung. Beispielhaft seien Bauteilaktivierung, Kühlbalken und Lüftungseinheiten mit speziellen Wärmetauschern erwähnt. All diese Komponenten sind für reine sensible Kühlung konzipiert. Eine Entfeuchtung kann und darf mit diesen nicht erfolgen (es darf keine Kondensation auftreten!).

Eine derartige Lösung in Verbindung mit einem Kaltwasser- und Lüftungssystem mit Enthalpie WRG sowie speziellen Lüftungsinneinheiten wird in diesem Engineering-Newsletter beschrieben.

Abbildung 1. Zugeordnetes Frischluft-Lüftungsgerät mit Kaltwassersystem und Zonen Terminal-Einheiten



Die konditionierte Luft tritt über einen Volumenstromregler in die Terminal-Einheit ein. Dort erfolgt dann eine Vermischung aus der über das Kühlregister gekühlten Rückluft (RA) und der im Lüftungsgerät konditionierten Luft (CA).

Der Ventilator der Terminal-Einheit versorgt die Zone mit gemischter Zuluft (SA) über die Luft-Druchlässe und Diffusor des Zuluft-Kanals. (Abbildung 2).

Daher muss die zugeordnete Lüftungszentrale (OA) die Außenluft soweit entfeuchten, dass auch die latenten Lasten der Zonen (z.B. Personen oder Infiltration) kompensiert werden, und so sichergestellt wird, dass der Taupunkt in keiner Zone den Grenzwert von typisch 13°C nicht unterschritten wird.

### System Überblick

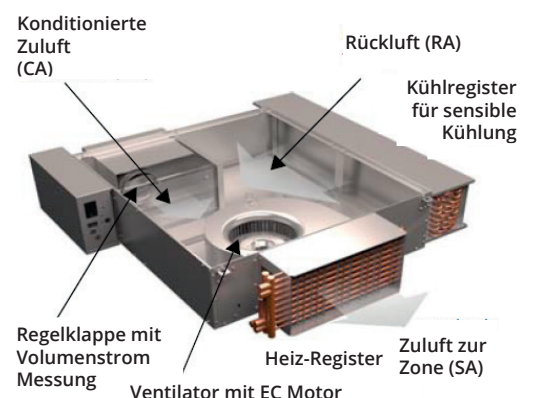
**Ein Frischluft-Lüftungsgerät für Außenaufstellung, ist mit einer Luftfilterung, Be- & Entfeuchtung, einem Kaltwasser- und Heizregister ausgestattet und versorgt über Lüftungskanäle die einzelnen Zonen. In jeder Zone sind spezielle Lüftungsgeräte für den Einbau in Zwischendecken, sogenannte Terminal-Einheiten, installiert (Abbildung 1).**

Jede Terminal-Einheit ist mit einem EC Motor-Ventilator, einem am Rückluftanschluss montieren Kühlregister, einem Anschluss für konditionierte Luft (CA) ausgestattet. Die konditionierte Luft wird von dem zugeordneten Außenlüftungsgerät (OA) erzeugt.

Der Ventilator ist mit einem „electronically commutated motor“ (ECM) ausgerüstet. Damit kann Drehzahl und somit auch der Luftvolumenstrom stufenlos in Abhängigkeit der Zonenlast geregelt werden. Sollte es Zonen geben, welche auch beheizt werden müssen, stehen optionale und separate Warmwasser-Heizregister oder Elektro-Heizstäbe zur Verfügung.

Die Kaltwasser Zulauftemperatur zum Kühlregister muss oberhalb der Zonen Taupunkttemperatur liegen. Damit das Kühlregister im trockenen Betrieb ohne Kondensation arbeitet, liegen die typischen Zulauftemperaturen zwischen +13,5°C und +14,5°C.

Abbildung 2: Terminal-Einheit für sensible Kühlung



## Regelung der Terminal-Einheiten für Sensible Kühlung

Jede Terminal-Einheit bietet eine unabhängige Temperaturregelung in der ihr zugeordneten Zone. Gleichzeitig wird die personenbezogene und erforderliche Frischluftmenge sichergestellt. Die Abbildung 3 zeigt ein Regelungssequenz-Beispiel für eine mit Personen belegte Zone (Occupied Mode).

### Occupied Mode, Totband.

Liegt die Temperatur in der Zone innerhalb eines oberen und unteren Grenzwertes (Tonband) zum Sollwert für Heizen und Kühlen, siehe vertikaler grauer Balken in der Abbildung 3, dann arbeitet die Terminal-Einheit mit dem minimal erforderlichen Luftvolumenstrom. Beide Ventile für Heizen und Kühlen sind geschlossen. Sollte die Option „Elektro-Heizung“ zum Einsatz kommen, ist diese deaktiviert.

### Occupied Mode, Kühlung.

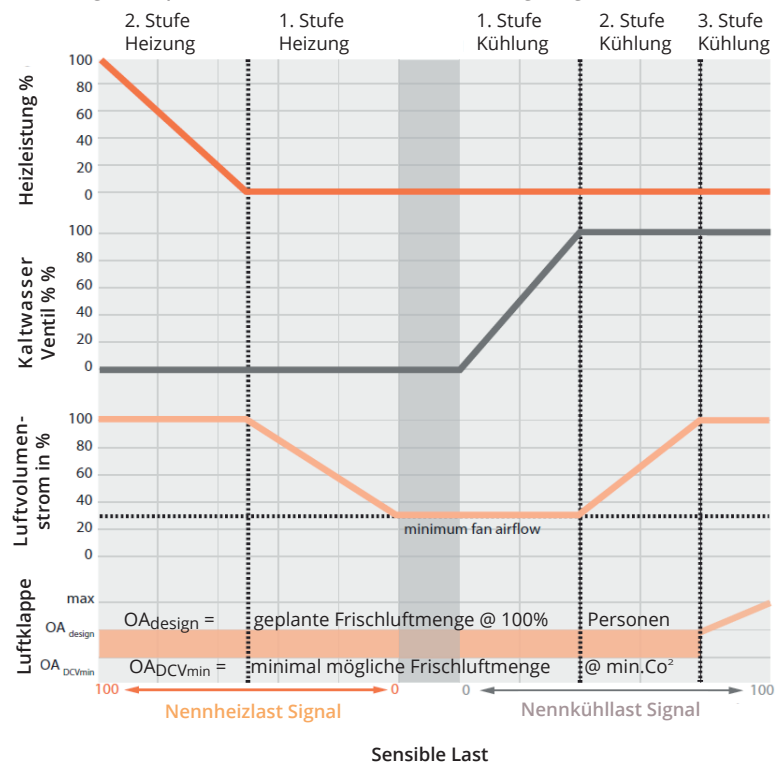
Wenn die Temperatur in der Zone über den Sollwert ansteigt, wird sowohl die Ventilator-Drehzahl als auch das Kühlventil so modulierend geregelt, dass die Zonentemperatur dem Sollwert entspricht. Das Ventil für Heizen (oder die E-Heizung) sind nicht aktiviert. In der Abbildung 3 ist das der Bereich rechts vom Tonband.

**1. Stufe Kühlung:** Zuerst öffnet das Kaltwasserventil und beginnt zu modulieren, um die gewünschte Zonentemperatur zu erreichen. Die Ventilator-Drehzahl verbleibt beim minimalen Luftvolumenstrom-Sollwert.

**2. Stufe Kühlung:** Wenn das Kaltwasserventil 100% geöffnet hat, aber die Kühllast dennoch nicht decken kann, wird die Ventilator-Drehzahl so lange stetig erhöht bis der Zonen-Sollwert erreicht ist. Das Kaltwasserventil verbleibt 100% geöffnet.

**3. Stufe Kühlung („Booster Mode“):** Wenn der maximale Luftvolumenstrom erreicht ist, aber die Zone dennoch mehr Kühlleistung benötigt, wird die Klappe des Volumenstromreglers weiter geöffnet und erhöht damit den vorkonditionierten und entfeuchteten Luftvolumenstrom, um den Zonen-Sollwert zu erreichen. Das Kaltwasserventil verbleibt 100% geöffnet und der Ventilator verbleibt auf maximalen Luftvolumenstrom Sollwert.

Abbildung 3: Beispiel einer sensiblen Terminal-Einheit-Regelung



**Occupied Mode, Heizung.** Wenn die Zonentemperatur unterhalb des Heiz-Sollwertes fällt, beginnt die Ventilator-Drehzahl und das Heizwasserventil (oder die optionale Elektroheizung) modulierend zu regeln, um die gewünschte Zonen-Temperatur zu erreichen. Das Kaltwasserventil ist 100% geschlossen. In der Abbildung 3 ist das der Bereich links vom Tonband.

**1. Stufe Heizung:** Zuerst wird die Ventilator-Drehzahl erhöht, um wärmere Rückluft (RA) aus der Zone mit der etwas kühleren konditionierten Luft (CA) zu mischen, um damit den Heizsollwert der Zone zu erreichen. Währenddessen verbleibt das Heizwasserventil 100% geschlossen (oder die optionale Elektro-Heizung wird nicht aktiviert).

**2. Stufe Heizung:** Wenn der Ventilator den Sollwert für die maximale Drehzahl erreicht hat und die Heizlast dennoch nicht abgedeckt werden kann, wird das Heizventil (oder die Elektro-Heizung) aktiviert und beginnt modulierend zu regeln, um die gewünschte Zonentemperatur zu erreichen. Die Ventilator-Drehzahl verbleibt auf dem maximalen Drehzahl-Sollwert.

**Bedarfsabhängige Ventilation.** Da das zugeordnete Lüftungsgerät (OA) 100% Frischluft an alle Terminal-Einheiten liefert, wäre es sinnvoll, nur die notwendige Frischluft bedarfsabhängig zu fördern. Diese Art der Regelung wird DCV (Demand Controlled Ventilation) genannt, welche besonders energieeffizient ist.

Hierfür wird an jedem Volumenstromregler der Terminal-Einheiten ein CO<sup>2</sup>-Fühler oder ein Bewegungssensor installiert. Der durch das Frischluft Lüftungsgerät an die Terminal-Einheiten gelieferte Luftvolumenstrom ist somit regelbar und variiert in Abhängigkeit des Belegungszustandes und / oder der CO<sup>2</sup>-Konzentration des Gebäudes zwischen (OA<sub>design</sub>) und (OA<sub>DCVmin</sub>). Siehe Abbildung 3:

Diese DVC-Regelung kann übersteuert werden, wenn z.B. zusätzliche Kühlleistung erforderlich wäre (siehe 3. Stufe Kühlung-Booster Mode), aber auch dann, wenn zusätzliche Entfeuchtung notwendig wäre. Sind feuchte Sensoren installiert, welche feststellen, dass sich der Taupunkt einer Zone über einen typischen Wert von 13 °C erhöht, kann die Klappe des Volumenstromreglers weiter geöffnet werden. Diese Übersteuerung der DCV-Regelung führt zu einem höheren Luftvolumenstrom an konditionierter und trockener Luft (CA). Diese Übersteuerung ist so lange aktiv, bis der Feuchtegrenzwert wieder unterschritten ist.

### Kondensat Vorbeugung.

Obwohl das Kühlregister nur für sensible Kühlung konzipiert ist (keine Kondenswasserbildung), ist für den Fall einer unerwarteten Kondensation eine Tropfzasse unterhalb des Kühlregisters vorbeugend eingebaut.

Wenn der eingebaute Feuchtigkeitssensor Kondensat feststellt, wird das Kaltwasserventil geschlossen. Der Ventilator in der Terminal-Einheit und die Luftklappe des Volumenstromreglers arbeiten weiterhin im Modus gemäß „2. und 3. Stufe Kühlung“.

Das Kaltwasserventil öffnet wieder, wenn kein Kondenswasser mehr detektiert wird.

Auch wenn ein Taupunktsensor in einer Zone den Anstieg des Taupunktes über der Kaltwassereintrittstemperatur feststellt, wird das Kaltwasserventil geschlossen. Währenddessen arbeitet der Ventilator der Terminal-Einheit und die Volumenstromregler-Klappe weiterhin im Modus gemäß „2. und 3. Stufe Kühlung“.

Das Kaltwasserventil öffnet wieder, wenn der Zonen-Taupunkt unterhalb der

Dennoch sind die Kühlregister dieser Terminal-Einheiten für reine sensible Kühlung konzipiert, und sind auch nur für Sensible Kühlung zu betreiben.

Gemäß ANSI/ASHRAE Standard 62.1 werden keine Filter vor dem Kühlregister benötigt. Ggf. muss dies in Europa gemäß den entsprechenden EN und/ oder Landesnormen geprüft werden.

Diese Terminal-Einheiten bieten auch als Option, Filter vor dem Kühlregister vorzusehen, um die rückzirkulierende Luft auf der Zone sauber zu halten, und damit das Kühlregister vor Verschmutzung zu schützen. Jedoch erhöht sich der Aufwand im Zuge der Wartung und Instandhaltung (Filtertausch).

### Konfiguration des zugeordneten Frischluft-Lüftungsgerätes OA

Wie vorhin erwähnt, wird die Frischluft durch das zugeordnete Lüftungsgerät (OA) aufbereitet und den einzelnen Terminal-Einheiten jeder Zone zur Verfügung gestellt. Um einen trockenen Betrieb (keine Kondensation) der Terminal-Einheiten zu ermöglichen, muss das Frischluft-Lüftungsgerät die Zuluft zu den Terminal-Einheiten soweit entfeuchten, damit der Taupunkt ausreichend tief ist, um latente Lasten aus den Zonen zusätzlich aufnehmen zu können, damit der Taupunkt jeder Zone bei oder unter 13°C liegt.

In dieser Sektion werden wir einige Beispiele von Frischluftgeräten-Konfigurationen untersuchen, welche eingesetzt werden könnten, um die Frischluft im ausreichenden Maß zu entfeuchten. Der hierfür benötigte Taupunkt liegt bei ca. 8,5°C (siehe Beispiel weiter unten). Für diesen Zweck treffen wir die Annahme, dass die Kaltwasser-Eintrittstemperatur des Kühlregisters im Lüftungsgerät bei 4,5°C liegt, um die Frischluft auf einen Taupunkt von 8,5°C zu entfeuchten. Die (sensible) Kühlregister der Terminal-Einheiten werden mit einer Kaltwassertemperatur von 14°C versorgt (Zonentaupunkt 13°C+ 1°C Reserve).

### Bestimmung des Zonen-Rückluft-Taupunktes (Beispiel: Büroraum)

Um verschiedene Frischluft-Lüftungsgeräte-Konfigurationen vergleichen zu können, nehmen wir als Beispiel ein Bürogebäude in Jacksonville, Florida an. Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50% soll die gewünschte Raumtemperatur 24°C betragen. Das entspricht einem Taupunkt von 12,9°C und einem Wassergehalt von 9,3 g/kg Luft. Bei einer üblichen Personendichte für ein Bürogebäude von 5,4 Personen/100m<sup>2</sup> (gemäß ASHRAE Standard 62.1-2016) beträgt die mindesterforderliche Frischluftmenge 28,9 m<sup>3</sup>/Person.

Anmerkung gemäß ASHRAE Standard 62.1-2016:

$$[(5 \text{ cfm/Person}) + (0.06 \text{ cfm/ft}^2) / (5 \text{ Personen/1000 ft}^2)] = 17 \text{ cfm} = 28,9 \text{ m}^3/\text{h}$$

Des Weiteren wird angenommen, dass die latenten Lasten nur durch Personen (Feuchtigkeit durch Schwitzen) entstehen. Gemäß ASHRAE Handbuch 2017 ist mit 58,7 Watt pro Person (=0,0587 kW pro Person) zu rechnen. Das Frischluft-Lüftungsgerät OA muss bei der erforderlichen minimalen Frischluftmenge (Außenluft) pro Person auf einen Wassergehalt von 6,8 g/kg (Außenluft) entfeuchten, um die latenten Lasten der Räume kompensieren zu können.

$$Q(\text{latent Raum}) = r [\text{kg/m}^3] * V [\text{m}^3/\text{s}] * h [\text{kJ/kg}] * (X_{\text{Raum}} [\text{g/kg}] - X_{\text{Zuluft}} [\text{g/kg}])$$

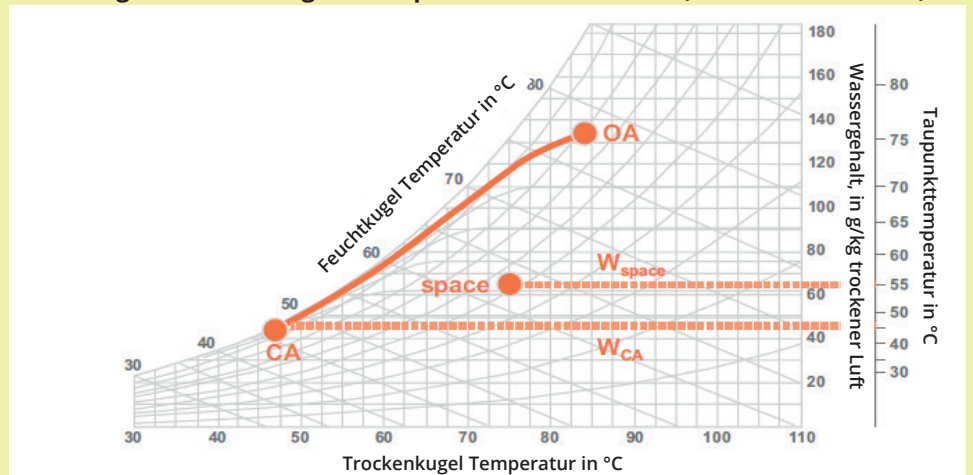
$$0,0587 [\text{kW}] = (1,118 * (28,9 / 3600) * 2466 * (9,3 - X_{\text{Zuluft}}))$$

Das ergibt einen erforderlichen Wassergehalt für die Zuluft (=konditionierte Luft) von ca. 6,8 g/kg Zuluft in den Raum.

Anmerkung: Die spezifische Dichte der Luft ist abhängig von der Seehöhe und der Temperatur. Hier kam die Dichte auf Meeresebene und bei 24°C zum Einsatz.

Natürlich könnte man auch die Luftmenge des Frischluft-Lüftungsgerätes erhöhen, um einen höheren Taupunkt im Raum zu erhalten. Aber das würde die Kosten für das Lüftungsgerät, die Kosten für den Lüftungskanal sowie die Energiekosten erhöhen.

### Abbildung 4: Bestimmung des Taupunktes für die Zuluft (konditionierte Luft)



## Risikomanagement eines wandelnden Kältemittel-Umfelds

In einem sich ständig ändernden regulatorischen Umfeld umgibt ein vermeintliches Risiko die Auswahl des richtigen Kältemittels. Erster Schritt bei der Minimierung dieses Risikos erfordert ein Verständnis im Zuge der Kältemittelwahl.

Beim Auswerten der Kosten über die Lebensdauer der Anlagen wird das Ausmaß des Risikos bei der Auswahl der richtigen Kältemittel deutlich. Abbildung 5 zeigt die wesentlichen Kosten im Zusammenhang mit dem Betrieb einer Turbokältemaschine über eine Lebensdauer von 30 Jahren. Wie Sie sehen können, stammt die überwiegende Mehrheit der Ausgaben über die Lebensdauer (über 88 %) vom Energieverbrauch, gefolgt von Service und Investitionskosten.

Den kleinsten Kostenanteil mit <0,04 % betrifft die Ergänzung von Kältemittel über die Lebensdauer der Kältemaschine (vorausgesetzt ist ein Niederdruckkältemittel und 0,5 % jährliche Leckrate).

Wie können Sie die Risiken im Zuge einer Neuanschaffung einer Kältemaschine unter Berücksichtigung der wesentlichen Kosten über die Lebensdauer minimieren?

- Kältemittelfüllung minimieren. Verwenden Sie die geringstmögliche Menge an Kältemittel (kg / kW)
- Monitoring / Verfolgung / Reparatur jeder Leckage im System. Stellen Sie sicher, dass die Anlage gut gewartet und dicht ist. Jährliche Leckraten weit unter 0,5 % sind leicht erreichbar mit Niederdruck-Kältemaschinen.
- Pflegen Sie Ihre Anlage auf höchstem Leistungsniveau. Ordnungsgemäße Wartung der Anlage und Maßnahmen, Lecks zu reparieren, werden Lebenszykluskosten minimieren.

Im Vergleich zu den gesamten Lebenszykluskosten einer Kältemaschine sind die Kosten für Kältemittel der kleinste Ausgabenposten. Mit ein wenig Aufwand können diese Ausgaben praktisch auf Null reduziert werden.

## Zusammenfassung

Die HLK-Branche ist wieder einmal mit einer neuen Generation von Kältemitteln konfrontiert. Neue Kältemittel bedeuten neue Herausforderungen und neue Chancen. Die letzte große Abkehr von FCKW führte zu einer vielfältigeren Industrie mit neuen Optionen, diese erwies sich als zuverlässig und effizient.

Ebenso bietet die aktuelle Abkehr von FKW und HFKW Herausforderungen und Chancen, Gleichgewicht zwischen Effizienz, Emissionen und Sicherheit stehen dabei an vorderster Front. Es gibt keinen Zweifel, dass die HLK-Branche diese Herausforderung selbstbewusst annehmen und neue Kältemittel mit niedrigen GWP finden wird, welche einen effizienten und sicheren Betrieb gewährleisten.

Für weitere Informationen kontaktieren Sie uns unter:

**Trane Klima- und Kältetechnisches Büro GmbH**  
Pionierstraße 3  
82152 Krailling

zentrale@trane-roggenkamp.de  
089 / 89 51 46 - 0

Auf unserer Homepage  
**www.trane-roggenkamp.de**  
erfahren Sie auch mehr über:

Von: Mike Thompson, Mike Patterson und Ryan Geister, TRANE  
Deutsch Übersetzung : Gottfried Kadecka, ETAAGO®  
Original unter: [https://www.trane.com/content/dam/Trane/Commercial/global/products-systems/education-training/engineers-newsletters/airside-design/admap/n062en\\_062017.pdf](https://www.trane.com/content/dam/Trane/Commercial/global/products-systems/education-training/engineers-newsletters/airside-design/admap/n062en_062017.pdf)