

Sales Talk 14

Klarer Vorteil für VRF

Vergleich eines VRF-Systems mit einem
Wasser-Klimasystem



In der folgenden Beispielrechnung zur Beheizung und Kühlung eines kleinen Bürogebäudes werden die VRF-Systeme und Temperierung mit Wasser im Hinblick auf Ökonomie und Ökologie verglichen.

Das Beispielgebäude

Ein Bürogebäude mit einer Nutzfläche von 516 m² und 20 Räumen (Einzel-, Zweier- und Gruppenbüros, Besprechungs- und Serverraum) soll ganzjährig auf folgende Temperaturen erwärmt und gekühlt werden:

Winter: mindestens 21° C **Sommer:** maximal 24° C

(Außentemperatur < 28° C) oder 26° C (Außentemperatur > 28° C). Der Serverraum wird ganzjährig auf maximal 25° C gekühlt.

Mit diesen Vorgaben folgt aus der Heiz- und Kühllastberechnung für das Gebäude eine zu installierende Heizleistung von 41 kW und eine Kühlleistung von 44,6 kW. Die Heiz- und Kühlsysteme werden an 65 h pro Woche betrieben. Betrachtet wird ein Nutzungszeitraum von 15 Jahren.

Die Systemalternativen

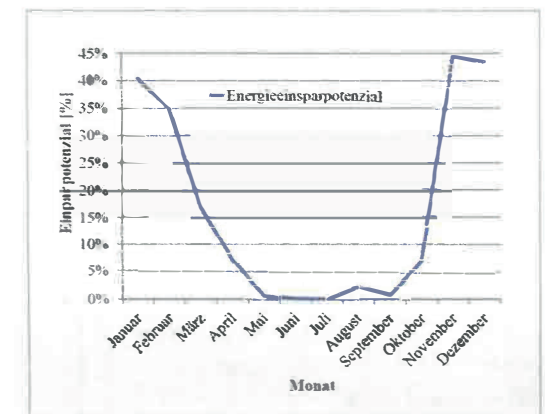
Zum Beheizen und Kühlen des Gebäudes werden zwei Systeme verglichen:

System 1 (VRF) ist ein umschaltbares, luftgekühltes Dreileiter VRF-System mit Wärmerückgewinnung.

Die Kältemittelfüllmenge (ein Außengerät, 20 Innengeräte, Rohrleitungen) beträgt 39 kg R410A.

Das System kostet inklusive Kältemitteldetektoren in den Räumen und Montage rund 131.600 € netto, also 255 € pro m².

System 2 (KWS) ist ein luftgekühlter Wasserkühlsatz/Wärmepumpe mit Wärmerückgewinnung (zwei Kreise für Heizen und Kühlen) und zwei Pufferspeichern. Das temperierte Wasser wird als Vierleiter-System zu den 20 Ventilator-konvektoren übertragen. Im Wasserkühlsatz befinden sich 16 kg des A2L-Kältemittels R454B (schwer entflammbar). Die Investitionen für diese Anlage betragen inklusive Montage rund 164.200 € netto, also 318 € pro m².



Simulationsrechnungen

Auf Basis der Vorgaben wurden für beide Systeme umfangreiche Simulationsrechnungen durchgeführt und dabei für ein Jahr für alle Räume die stündlichen Bedarfe an Heiz- und Kühlarbeit ermittelt. Dabei wurde angesetzt, dass beide Systeme eine interne Wärmeverschiebung ermöglichen, also gleichzeitig verschiedene Räume erwärmen oder kühlen können. Technisch bedeutet das, dass die aus einem zu kühlenden Raum entnommene Wärme über das System in einen anderen, zu erwärmenden Raum, verschoben wird (und umgekehrt bei Kühlbedarf).

Die auf Basis der Simulationsrechnungen erzielten Gesamtergebnisse zu Einsparungen an thermischer Energie stehen in Abbildung 1. Wie Abbildung 1 zeigt, ergeben sich durch die Energieverschiebungen bei einem nahezu ausschließlichen Kühlbetrieb im Sommer nur minimale Einsparungen. Dem gegenüber können durch Energieverschiebungen in den Heizmonaten erhebliche Einsparungen erreicht werden, auch durch Nutzen der Abwärme des Serverraums. Von November bis Januar kann eine ideale Energieverschiebung den Aufwand zur Temperierung der Räume um mehr als 40 % verringern. Die Simulationsrechnungen zeigen, dass durch die Energieverschiebung im Jahresdurchschnitt etwa 13 % der gesamten Heiz- und Kühlarbeit eingespart werden kann.

Nach Abzug der Einsparungen durch Energieverschiebungen verbleibt für das Gebäude eine gesamte Jahres-Heizarbeit von 19.800 kWh und eine Jahres-Kühlarbeit von 75.400 kWh.

Der Unterschied zwischen VRF und KWS

Sowohl kältemittelbasierte VRF-Systeme als auch wasserbasierte Systeme (KWS) ermöglichen eine ganzjährige Temperierung von Gebäuden, auch mit einem gleichzeitigen Heiz- und Kühlbetrieb und einer effizienten internen Wärmeverschiebung. Dabei ist der technische Aufbau beider Systeme sehr ähnlich: Wie die Abbildung zeigt, versorgt ein zentrales Außengerät (VRF-Gerät oder Wasserkühlsatz/ Wärmepumpe) über Rohrleitungen die Innengeräte mit thermischer Leistung. Der Unterschied besteht im Transportmedium der thermischen Energie: Bei VRF-Anlagen ist das ein Kältemittel, bei KWS temperiertes Wasser.

Bei KWS wird das temperierte Wasser zum Beispiel in einem Ventilator-konvektor genutzt, um angesaugte Raumluft auf den Zuluftzustand zu konditionieren. Dadurch wird das Wasser nach diesem Prozess im Rücklauf etwas wärmer (Kühlbetrieb) oder kühler (Heizbetrieb) und wird dann im Wasserkühlsatz wieder auf die benötigte Vorlauftemperatur gebracht.

Beim VRF-System wird das zu den Innengeräten transportierte Kältemittel dort verdampft, und entzieht dabei der zu kühlenden Luft die dafür benötigte Verdampfungsenthalpie. Im Heizbetrieb arbeitet das VRF-System wie eine Wärmepumpe und entzieht dazu der Außenluft die Verdampfungsenthalpie. Diese Verdampfungsenthalpie ist höher als die nur sensible Wärmeübertragung beim KWS (Temperaturveränderung des Wassers). Dadurch ergeben sich beim VRF-System meist bessere Arbeitszahlen als beim KWS, bei dem auch noch die elektrische Arbeit der Pumpe zu berücksichtigen ist.

Die Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit der beiden Systeme für einen Betrachtungszeitraum von 15 Jahren ergeben sich aus den Investitions- und den Betriebskosten. Die Betriebskosten werden auf Basis der zuvor berechneten Jahresnettoarbeiten zum Heizen und Kühlen wie folgt berechnet.

Rechnung 1

Aus der Division der Jahresheizarbeit von 19.800 kWh (Jahreskältearbeit 75.400 kWh) durch die Jahresarbeitszahl Heizen SCOP (Jahresarbeitszahl Kühlen SEER) des VRF- oder Wassersystems ergibt sich die zum Anlagenbetrieb benötigte elektrische Arbeit in kWh/a. Dabei werden folgende Arbeitszahlen von marktgängigen Systemen berücksichtigt (gerundete Werte):

VRF (R410A): SEER = 6,5, SCOP = 4,2 | KWS (R454B): SEER = 4,1, SCOP = 3,6

So ergibt sich zum Beispiel für das VRF-System eine elektrische Arbeit für den Heizbetrieb von $19.800 \text{ kWh} : 4,2 \text{ (SCOP)} = 4.714 \text{ kWh}$ und für den Kühlbetrieb von $75.400 \text{ kWh} : 6,5 \text{ (SEER)} = 11.600 \text{ kWh}$

Rechnung 2

Aus Addition der elektrischen Arbeiten für Heizen und Kühlen für das VRF- und das Wassersystem folgt die gesamte elektrische Jahresarbeit zu

- VRF-Anlage: $4.714 \text{ kWh (Heizen)} + 11.600 \text{ kWh (Kühlen)} = 16.314 \text{ kWh/a}$
- KWS-Anlage: $5.500 \text{ kWh (Heizen)} + 18.390 \text{ kWh (Kühlen)} = 23.890 \text{ kWh/a}$

Rechnung 3

Bei Kosten für elektrischen Strom von 25 Cent pro kWh ergeben sich die Betriebskosten für beide Systeme für 15 Jahre zu

- VRF-Anlage: $16.314 \text{ kWh/a} \cdot 0,25 \text{ €/kWh} = 4.078 \text{ €/a} \cdot 15 \text{ a} = 61.178 \text{ €}$
- KWS-Anlage: $23.890 \text{ kWh/a} \cdot 0,25 \text{ €/kWh} = 5.972 \text{ €/a} \cdot 15 \text{ a} = 89.587 \text{ €}$

Rechnung 3

Hinzu kommen Kosten für Inspektionen und Dichtheitsprüfungen. Gemäß Chemikalien-Klimaschutzverordnung ist die VRF-Anlage (Füllmenge 39 kg R410A • 2.088 kg CO/kg = 81 t CO₂-Äquivalent) aufgrund der Überschreitung des Grenzwerts von 50 t CO₂-Äquivalent zweimal jährlich zu prüfen (Kosten pro Prüfung etwa 450 €), der Wasserkühlsatz (Füllmenge 16 kg R454B • 466 kg CO/kg = 7,5 t CO₂-Äquivalent) nur einmal pro Jahr (Kosten pro Prüfung etwa 280 €). Die Gesamtkosten für beide Systeme für einen Betriebszeitraum von 15 Jahren sind in der Tabelle dargestellt.

	VRF	KWS
Investition	131.600 €	164.200 €
Betrieb	61.178 €	89.587 €
Dichtheit	13.500 €	4.200 €
Summe	206.278 €	257.987 €

Vergleich der Gesamtkosten für beide Systeme über einen Zeitraum von 15 Jahren

Die Umweltaspekte

Die Beurteilung der Umweltaspekte beim Betrieb beider Systeme folgt aus der TEWI-Berechnung. Der TEWI-Wert (Total Equivalent Warming Impact) ist wie folgt definiert:

$TEWI = GWP \cdot L \cdot n + E_g \cdot \beta \cdot n$ Dabei haben die Terme folgende Bedeutung:

- GWP ist der Treibhauswert des Kältemittels in kg CO₂-Äquivalent pro kg Kältemittel (VRF: R410A = 2.088, KWS: R454B = 466).
- L ist die Kältemittelmenge, die aus Leckagen im Kältekreislauf in die Umwelt entwichen ist (in kg pro Jahr).
- n ist die Anzahl der Jahre im Betrachtungszeitraum (hier: n = 15 Jahre).
- E_g ist der jährliche Stromverbrauch der Anlage (in kWh pro Jahr).
- β ist der Strommischfaktor β bei der Stromerzeugung (in kg CO₂ pro kWh). Dieser beträgt in Deutschland als Mix aus fossilen und regenerativen Energien etwa etwa 0,4 kg CO₂ pro kWh.

Für den Betrieb der VRF-Anlage und des KWS wird angenommen, dass beide Anlagen eine Leckage von 2 % pro Jahr aufweisen. Daraus ergeben sich unter Berücksichtigung der Werte aus den vorherigen Berechnungen folgende TEWI:

- VRF-Anlage: $2.088 \cdot (39 \cdot 0,02) \cdot 15 + 16.314 \cdot 0,4 \cdot 15 = 122 \text{ t CO}_2$
- KWS-Anlage: $466 \cdot (16 \cdot 0,02) \cdot 15 + 23.890 \cdot 0,4 \cdot 15 = 146 \text{ t CO}_2$

Demnach ist der Betrieb der VRF-Anlage aufgrund der geringeren CO₂-Emissionen weniger umweltschädlich als das Wassersystem.

Zusammenfassung und Ausblick

Zum Heizen und Kühlen eines Beispielgebäudes ergibt sich beim Einsatz eines marktüblichen VRF-Systems und eines wasserbasierten Klimasystems mit integrierter Wärmerückgewinnung bezüglich der Investitions- und Betriebskosten über 15 Jahre ein deutlicher Vorteil für das VRF-System. Dieses ist mit rund 206.300 € um 25 % günstiger als das KWS mit rund 258.000 € (siehe Tabelle). Da auch die mit dem Betrieb der Anlagen einhergehenden Umwelteinflüsse (TEWI) bei der VRF-Anlage (122 t CO₂) geringer sind als beim Wassersystem (146 t CO₂), ist bei dieser Beispielrechnung das VRF-System klarer Sieger. Hinzu kommen als weitere Pluspunkte eine geringere Aufstellfläche und ein geringeres Gewicht der VRF-Außeneinheit im Vergleich zum Wasserkühlsatz.

2:0 für VRF - ein klarer Sieg!

Der Beitrag zeigt ein klares Ergebnis: Bei dem Beispiel-Bürogebäude gewinnt die VRF-Anlage aufgrund der besseren Ökonomie und der besseren Ökologie gegenüber dem Wassersystem mit 2:0.

Mehr Informationen
erhalten Sie unter
www.mtf-online.net

MTF Marken-Distributions GmbH
Niedersachsenstraße 12 | 48465 Schüttorf
Fon. +49 (0) 5923 988440 | Fax. +49 (0) 5923 98844999
Mail. mtf@mtf-online.net | Web. www.mtf-online.net

