

VRF-Technik nach DIN V 18599

Energetische Bewertung von Gebäuden



Außeneinheiten einer großen VRF-Multisplitanlage

Prof. Dr.-Ing. Achim Trogisch, HTW Dresden
 Dr.-Ing. Ulrich Arndt, Key Account Manager

Erstmals findet man die VRF-Technik in der Systematik der Einteilung von RLТ-Anlagen [1] als eine Möglichkeit, behagliche Raumklimabedingungen zu gewährleisten, Abb.1. Ergänzt wird dies in der Darstellung für die energetische Bewertung von Nichtwohngebäuden nach DIN V 18599 (Teil 7) [2], welche auf die Möglichkeiten der alternativen Kühl- bzw. Klimakältesysteme besser hinweist, Abb.2. Man muss wohl heute in Deutschland kaum noch nachweisen, was VRF-Multisplit-Klimaanlagen leisten können.

Selbst in den USA, wo bisher immer noch die konservative Nur-Luft- und Luft-Wasser-Klimatisierung vorherrschten, werden nun offenbar auch die Weichen in Richtung VRF-Klimatisierung gestellt. In einem aktuellen Fachbericht [3] heißt es dazu u. a.: „Verknüpfung von Lüftung, VRF-Klima und Wärmepumpe: ASH-RAE*-Zentrale bekommt Idealklima [...]. Dies ist für amerikanische Verhältnisse eine Sensation [...].“ Auch damit wird einmal mehr die Leistungsfähigkeit der VRF-Technik unterstrichen, s.a. [4 – 8]. Bisweilen zu lesende einseitige Betrachtungen werden gleichzeitig als nicht zutreffend gekennzeichnet.

* American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (Amerikanischer Ingenieurverband)

SYSTEMDEFINITION DER VRF-TECHNIK

Trotz des hohen Bekanntheitsgrades von VRF-Systemen ist die Bedeutung des Kürzels V R F mitunter unklar bzw. es wird falsch gedeutet. Da es in dem vorliegenden

Bericht um „energetische Bewertung“ geht, hier nochmals die Erläuterung:

V = Variable, R = Refrigerant, F = Flow

Es handelt sich also um Systeme mit variablem Kältemittel-Massenstrom. Und das ist auch der Schlüssel zu einer äußerst effizienten, quasi stetigen Leistungsregelung: Der Kältemittel-Massenstrom (nicht etwa

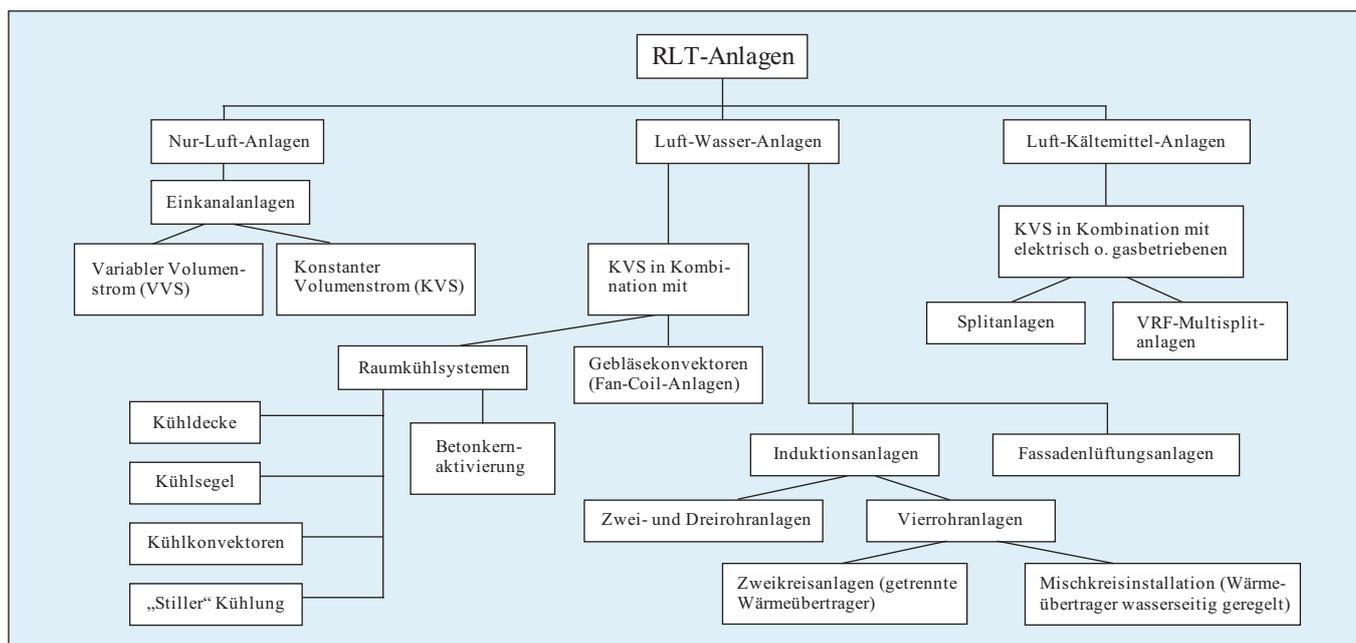
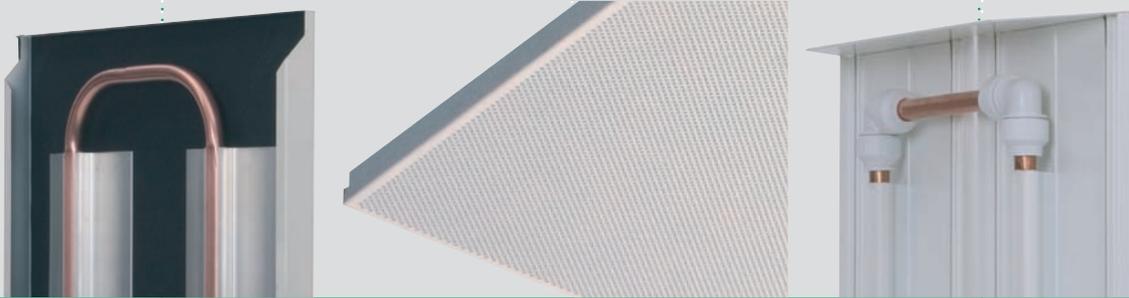


Abb.1 Einteilung der RLТ-Anlagen (erweitert) auf Grundlage von [1]



Stille Kühlung schafft Zufriedenheit

Deckenkühlsystem ALPETY



- In Verbindung mit Metalldeckenplatten, Gipskartondecken oder als Kühldecken-
segel im Raum integrierbar. Dies er-
laubt eine **freie Auswahl** bei der
Gestaltung der Decke.
- **Gesteigertes Wohlbefinden**, durch
absolut zugfreie Kühlung sowie
eine **gleichmäßige Temperatur-**
verteilung im Raum, wirkt sich positiv
auf die **Leistungsfähigkeit** der im
Raum befindlichen Personen aus.
- Zum Einbau als **Deckensegel**,
großflächige Kühldecke oder
in Kombination zu **abgehängten**
Deckensystemen eignen sich das
Kühldeckenelement Typ Alpety-SKS und
die Lamellen-Kühldecke Typ Alpety-FKL,
und -HKL.
- Kühlleistungen nach DIN 14 240 bis zu
150 W/m²

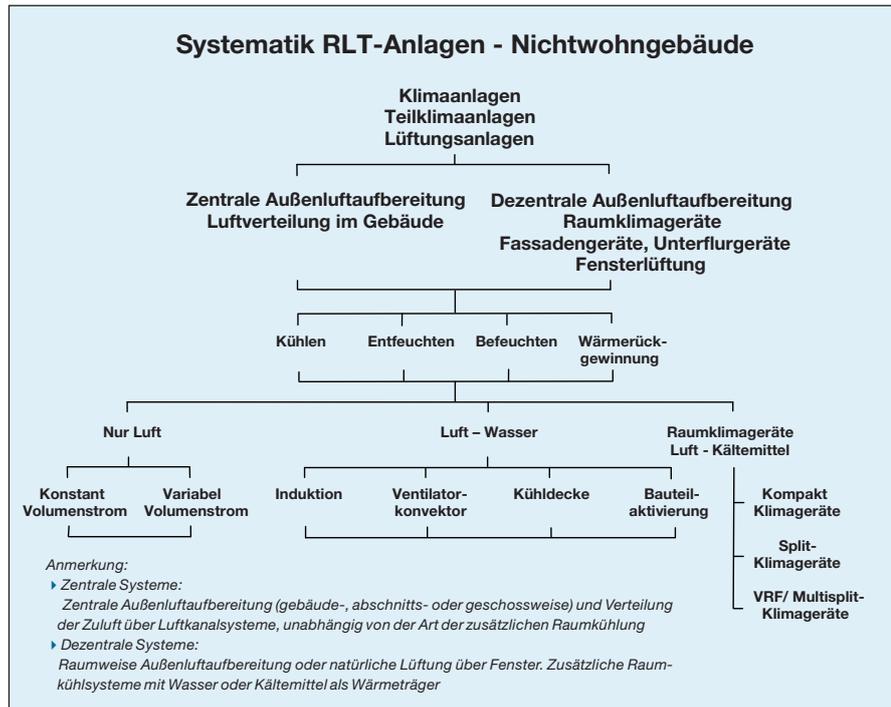


Abb.2 Systematik RLT-Anlagen-Nichtwohngebäude nach [9], Teil 7

der Volumenstrom!) wird der jeweiligen Lastanforderung aus dem Gebäude stufenlos angepasst, d. h.

$$\dot{Q}_C \sim \dot{m}_C$$

Dieses Regelungsprinzip wird mittels drehzahl geregelter Umlaufkolben-Verdichter wie z. B. Rollkolben-, Scroll- und Drehkolben-Verdichter umgesetzt. Die Regelung selbst erfolgt bei elektromotorisch betriebenen Systemen mittels Frequenzumrichter (Inverter) und bei gasmotorisch betriebenen Systemen über die Änderung der Gaszufuhr.

Der Energietransport wird bei diesen Direktverdampfer-Anlagen mit nur **einem** Energieträger, zzt. überwiegend mit dem Kältemittelgemisch R410A, realisiert. Dadurch werden einerseits Übertragungsverluste minimiert, andererseits sind nur geringe Massen im Kältekreis zu bewegen, d. h. es gibt kurze Reaktionszeiten und kleine Energietransport-Verluste.

VRF-Systeme zeigen mithin aufgrund ihrer hervorragenden thermodynamischen und gerätetechnischen Eigenschaften ein äußerst wirtschaftliches Betriebsverhalten und sind vielen konventionellen Klimasystemen, insbesondere im Teillastverhalten, deutlich überlegen. Vor allem Letzteres soll nun für WP-Heiz- und Kühlbläufe den

Aussagen der DIN V 18599 gegenübergestellt werden.

ZUR DIN V 18599

Mit der Umsetzung der europäischen Gebäudeeffizienz-Richtlinie von 2002 wurde die EnEV 2004 novelliert. Die neue EnEV 2007 [10] ist seit 06/07 gültig. Sie beinhaltet die energetische Bewertung von Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden und ist ab dem Jahr 2008 bzw. 2009 (für Nichtwohngebäude) verbindlich. Die energetische Bewertung für Nichtwohngebäude

sowohl für den Neubau als auch den Bestand regelt DIN V 18599 [9]. Im Bewertungsergebnis ist nicht nur das Ergebnis von Endenergie- und Primärenergiebedarf im Vergleich mit einem Referenzgebäude in einem Energieausweis bei Bestandsgebäuden von Interesse, sondern auch die Darstellung von möglichen Einsparpotenzialen am Gebäude und bei der gesamten technischen Gebäudeausrüstung wichtig. Die TGA-Anlagen umfassen im Gegensatz zur bisherigen Betrachtungsweise der EnEV die Heizungs-, Klima- bzw. Lüftungs-, Kälte- und Beleuchtungstechnik sowie den Elektroenergiebedarf für die notwendigen Hilfsenergien.

Für den energetischen Nachweis ist die gesamte Bandbreite der Anlagentechnik

Anlagensystem	EER	Art der Teillastregelung
VFR-Systeme mit variablem Kältemittelmassenstrom	3,5	Mindestens ein Parallelverdichter frequenzgeregelt

Abb.3 Nennkälteleistungszahl EER für Raumklimasysteme > 12 kW luftgekühlt (nach [2], Tabelle 24)

der technischen Gebäudeausrüstung im Rahmen der Energieeffizienz von nichtöffentlichen Gebäuden und der EnEV 2009 ab dem 01.07.09 sowohl für den Bestand als auch bei der Neuplanung zu berücksichtigen und anzuwenden.

In den Teilen 3 (Lüftung) [11], 5 (Heizung) [12] und 7 (RLT- und Kühlanlagen) [2] der DIN V 18599 wird der Algorithmus zur energetischen Bewertung dargestellt.

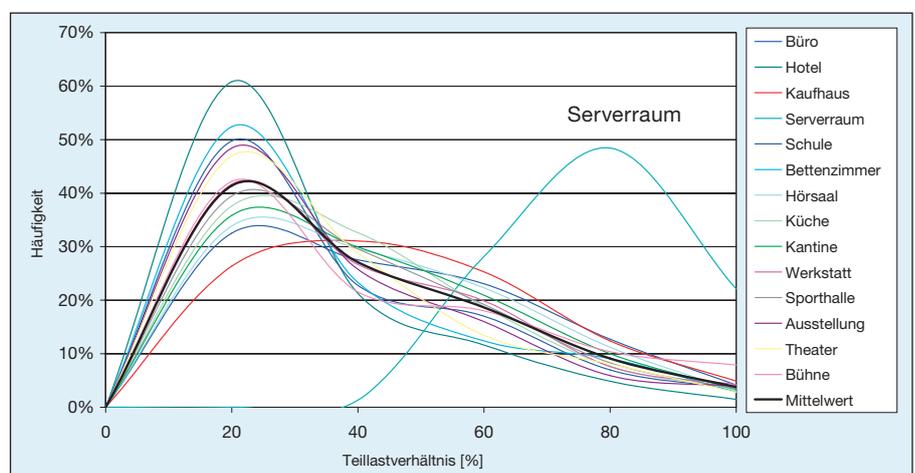


Abb.4 Teillastfaktoren nach DIN V 18599 aus [13]

Grafik: Ronny Mai, ILK Dresden

Außen-Temperatur °C	EER=f(Last)	Stunden-Häufigkeit h	Auslastungs-Faktor	Voll-Benutzung h	EER-Stunden h
30°C	4,47	28	0,90	25,2	112,6
26°C	5,25	204	0,80	163,2	856,8
24°C	6,15	228	0,50	114,0	701,1
22°C	7,00	532	0,40	212,8	1489,6
Σ				515,2	3160,1
SEER (Jahresarbeitszahl)					6,1

Abb.5 Jahresarbeitszahl für eine VRF-Außeneinheit, Nenn-Kühlleistung ca. 90 kW, EER ≈ 3,5.

Außentemperatur in °C	-7	2	7	10
COP^{a)}	2,79	3,09	3,65	3,85
Relativer Heizleistungsverlauf bei				
Auslastung 100 %	0,81	0,96	1,0	1,0
Auslastung 90 %	0,89	1,0	1,0	1,0
Auslastung 80 %	0,97	1,0	1,0	1,0
Auslastung unter 75 %	1,0	1,0	1,0	1,0

^{a)} COP für Raumtemperatur 20 °C und Auslastungen zwischen 10% und 100% (ohne Abzug)

Abb.6 Relativer Heizleistungsverlauf (nach [12], Tabelle A.8)

ENERGETISCHE BEWERTUNG DER KÄLTEERZEUGUNG VON VRF-SYSTEMEN

Im Teil 7 der DIN V 18599 [2] wird der Endenergiebedarf für die Kälteerzeugung nach einem Kennwertverfahren bestimmt. Bei den Kälteerzeugungsverfahren werden auch Multi-, Multisplit- und VRF-Systeme unter der Rubrik luftgekühlte Kompressions-Kältemaschinen sowie direkte Systeme (Direktverdampfer-Anlagen, Raumklimasysteme) in die Bewertung einbezogen. Für die Berechnung der Endenergie ist die Kenntnis einer Reihe von Parametern erforderlich, wie z. B. Art des Kälteerzeugers, Art und Teillastregelung des Verdichters, Nutztemperaturniveau; Art und Teillastregelung der Rückkühlung, Art der Gebäudenutzung. Für die energetische Bewertung der Kälteerzeugung wird das Seasonal Energy Efficiency Ratio (SEER) benutzt. SEER ergibt sich aus dem Produkt der Nennleistungszahl (EER = energy efficiency ratio, bisher als COP bezeichnet) und dem Teillastfaktor PLV (part load value):

$$PLV = SEER : EER.$$

- Der Faktor EER ist abhängig von
- ▶ der Nennkälteleistung (Verdichterart),
 - ▶ dem Kältemittel,
 - ▶ dem Nutztemperaturniveau und
 - ▶ dem Niveau der Rückkühlung.
- Der Teillastfaktor PLV ist eine Funktion
- ▶ des Teillastfaktors des Verdichters,
 - ▶ der Art der Rückkühlung,
 - ▶ der Teillastregelung der Rückkühlung,
 - ▶ der Gebäudenutzung (Kühllastverlauf).

Abb.3 weist die Werte für EER nach [2] für Raumklimasysteme aus, für **VRF-Anlagen sind dies 3,5!**

Die Teillastfaktoren sind in Abhängigkeit der Nutzung in [2] Anhang A tabellarisch erfasst, für VRF-Anlagen **PLV ≤ 1,34!** Abb.4 zeigt die Häufigkeit des Teillastfaktors [13]. Es ist zu erkennen, dass außer dem Serverraum sich die Häufigkeitsverteilung kaum bzw. nur geringfügig unterscheidet.

Kommentar: Während der EER-Wert mit 3,5 den derzeitigen Stand der VRF-Technik weitestgehend widerspiegelt, wird ein Teillastfaktor von 1,34 dem oben beschriebenen Teillastverhalten von VRF-Anlagen

nicht ausreichend gerecht. Nachfolgendes Beispiel soll dies zeigen: Elektro-VRF, Nenn-Kühlleistung ca. 90 kW.

In Abb.5 wird die last- und betriebsstundenabhängige (Stundenhäufigkeit der Außentemperatur für den Standort Würzburg) Jahresarbeitszahl berechnet. Zugrunde gelegt wurden die technischen Daten einer typischen VRF-Außeneinheit der neuesten Generation eines renommierten Herstellers. EER = f(Last) wurde mit den Lastannahmen 90, 75, 55 und 40 % ermittelt.

Daraus folgt der auch auf andere Kühlleistungen übertragbare Teillastfaktor zu:

$$PLV \approx 6,1 : 3,5 \approx 1,7$$

Angesichts dieser deutlichen Abweichung sollten die Teillastfaktoren der DIN V 18599 nochmals überprüft werden.

ENERGETISCHE BEWERTUNG VON VRF-WÄRMEPUMPEN-SYSTEMEN

Die bei der Kälteerzeugung entstehende Wärme kann zu Heizzwecken genutzt werden (= Wärmepumpe). Für die Bewertung

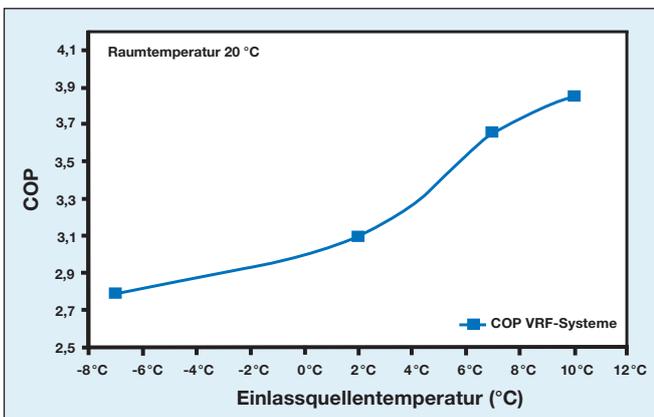


Abb.7 VRF-Systeme: COP Heizen für Auslastung zwischen 10% und 100% nach DIN V 18599 [12] (Bild A.11)

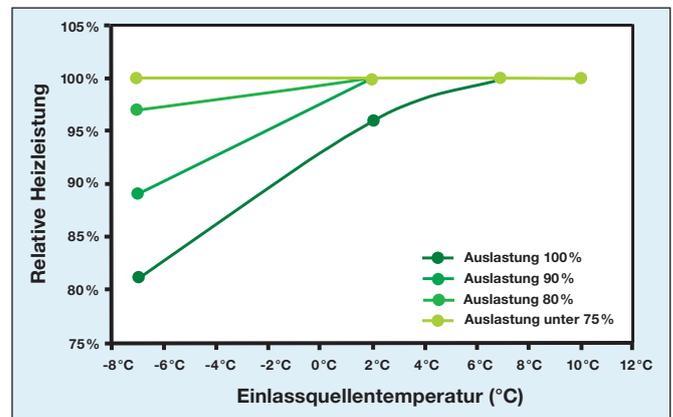


Abb.8 VRF-Systeme: relativer Heizleistungsverlauf nach DIN V 18599 [12] (Bild A.12)

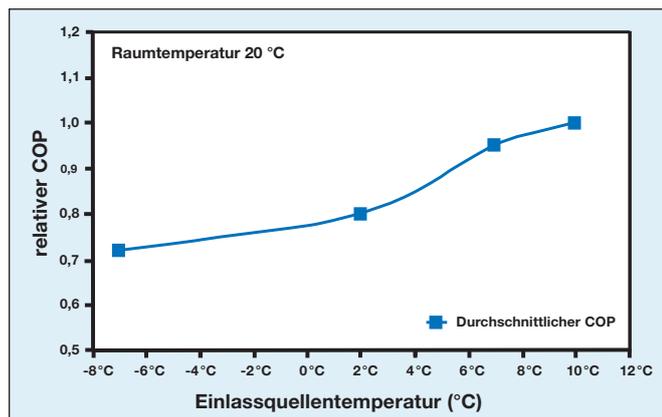


Abb.9 VRF-Systeme: relativer COP Heizen für Auslastung zwischen 10 % und 100 % nach DIN V 18599 [12] (Bild A.11)

Außen-Temperatur °C	COP= f _(Last)	Stunden-Häufigkeit h	Auslastungs-Faktor	Voll-Benutzung h	COP-Stunden h
-7°C	2,9	373	0,90	335,7	973,5
2°C	3,2	2182	0,40	872,8	2793,0
7°C	3,9	1451	0,25	362,8	1414,7
10°C	4,1	2462	0,15	369,3	1514,1
Σ				1940,6	6695,3
SPF (Jahresarbeitszahl)				3,5	

Abb.10 Jahresarbeitszahl für eine VRF-Außeneinheit, Heizleistung ca. 70 kW bei -12 °C

der Energieaufnahme der Wärmepumpe wird die Arbeitszahl (COP) und die Jahresarbeitszahl (SPF) des Prozesses benötigt. Diese sind u. a. eine Funktion der Quellentemperatur, der Auslastung und des relativen Heizleistungsverlaufes. Im informativen Anhang A von [2] wird für VRF-Systeme der relative Heizleistungsverlauf angegeben, Abb.7 – 9 bzw. Abb.6.

Kommentar: Die in Abb.9 angegebenen COP-Werte für VRF-Wärmepumpen stimmen in der Größenordnung, liegen aber am unteren Rand des Leistungsspektrums. Auch hier soll dies mit einem Beispiel belegt werden:

Elektro-VRF, Heizleistung ca.70 kW, bezogen auf -12 °C.

In Abb.10 wird die last- und betriebsstundenabhängige (Stundenhäufigkeit der Außentemperatur für den Standort Würzburg) Jahresarbeitszahl SPF berechnet. Die Abtauverluste wurden berücksichtigt.

Zugrunde gelegt wurden technische Daten einer typischen VRF-Außeneinheit der neuesten Generation eines renommierten Herstellers. COP = f_(Last) wurde mit Lastannahmen 85, 55, 40 und 30 % ermittelt.

Der aus Abb.10, Spalte 2, ablesbare COP-Verlauf liegt etwas oberhalb der Kurve nach Abb.7, bestätigt aber im Grunde die Herangehensweise der DIN V 18599 bezüglich der energetischen Bewertung von VRF-Luft/Luft-Wärmepumpen. Die berechnete Jahresarbeitszahl ist auf andere Heizleistungen übertragbar.

ZUSAMMENFASSUNG

Die DIN V 18599 nimmt eine sachliche und nachvollziehbare Bewertung aller raumlufttechnischen Systeme vor und bezieht dabei die VRF-Multisplitttechnik als gleichberechtigte Lösung mit ein. Letzteres zeigt den gewachsenen Stellenwert der so genannten „anderen Klimatechnik“ und ist besonders hervorzuheben. Denn eine solche Vorgehensweise ist in Deutschland durchaus nicht immer selbstverständlich. Um die Anwendung der DIN zu verbessern, wird empfohlen, eine Unterteilung der VRF-Systeme in Elektro- und Gas-VRF vorzunehmen und mit entsprechenden Daten zu unterlegen. Dies gilt sowohl für Teil 5 als auch für Teil 7. Außerdem sollte der Teillastfaktor für VRF-Systeme (Teil 7) überarbeitet werden.

Autoren

Dr.-Ing. Ulrich Arndt, Prokurist, Key Account Manager Alfred Kaut GmbH, Wuppertal www.kaut.de

Prof. Dr.-Ing. Achim Trogisch, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), FB M/V, Lehrgebiet TGA www.htw-dresden.de

Literatur

- [1] Recknagel/Sprenger/Schramek: Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik, Oldenbourg Industrieverlag München, 73. Aufl., 2007/2008.
- [2] DIN V 18599: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung, Teil 7: Endenergiebedarf von Raumlüftungstechnik- und Klimakältesystemen für den Nichtwohnungsbau, 02/2007, Beuth-Verlag, Berlin.
- [3] Stahl, M.: ASHRAE-Zentrale bekommt Ideal-Klima. CCI 11/07, 42.
- [4] Arndt, U./ Schmitz, G./ Wobst, E.: Expertenumfrage: Die Kältetechnik für die Klimatechnik? Ki Kälte-Luft-Klimatechnik 03/07, 12–15.
- [5] Trogisch, A., Arndt, U.: Gebäudeklimatisierung mit VRF-Multisplitttechnik. TGA Fachplaner 09/05, 24 – 26.
- [6] Trogisch, A./ Arndt, U.: VRF-Multisplit-Klimaanlage, Maßgeschneidert – Kostengünstig. IA Intelligente Architektur 01/03, 70–71.
- [7] Iselt, P./ Arndt, U.: Die andere Klimatechnik. 2. Aufl., C.F. Müller Verlag, Heidelberg, 2002.
- [8] Trogisch, A.: Planungshilfen Lüftungstechnik. 2. Aufl. C.F. Müller Verlag, Heidelberg, 2006.
- [9] DIN V 18599: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung, (Teil 1 bis 10), 02/2007, Beuth-Verlag, Berlin.
- [10] EnEV 2007: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden; BGBl. 34, 26.07.07.
- [11] DIN V 18599: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung, Teil 3: Nutzenergiebedarf für die energetische Luftaufbereitung, 02/2007, Beuth-Verlag, Berlin.
- [12] DIN V 18599: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung, Teil 5; Endenergiebedarf von Heizsystemen, 02/2007, Beuth-Verlag, Berlin.
- [13] Mai, R.: Ein Streifzug durch die Welt der Normen und Richtlinien der Lüftungs- und Klimatechnik, Vortrag (unv.), 9. TGA-Fachgespräch der Fa. caverion, 09/07.



Nur ein
„Click“ ...

... und fertig!

**schnell
 + einfach
 + sofort dicht
 = Lindab Safe® Click**

Schneller kann man moderne Luftleitungssysteme nicht installieren – ohne Werkzeug, ohne Schrauben, ohne Löcher: Lindab Safe® Click, die ideale Verbindung für alle Einsätze.

Mit Lindab Safe® Click arbeitet die Zeit für Sie: Ihr Auftragsziel wird schneller erreicht und die Dichtheitsklassen A, B, C und D werden erfüllt.

Effiziente Lösungen mit „Click“, perfekt wie Lindab Safe® – nur schneller!

Vorteile bei der Installation

Schnelle Montage

Kein manuelles Werkzeug erforderlich

Einfache Installation, besonders bei engen Platzverhältnissen

Verbesserte Ergonomie

Vereinfachte Installation und Einpassung

Vorteile beim Gebrauch

Keine Schrauben- oder Nietenlöcher im Rohrleitungssystem und somit ein dichteres System

Keine scharfen Kanten von Schrauben oder Nieten in der Rohrleitung

Leichtere Reinigung der Rohre und das Risiko von Verschmutzung wird reduziert

Auf der Basis unseres bekannten, geprüften und patentierten Lindab Safe® Systems

Kompatibel mit anderen Systemen

