

VRF-Klimasysteme – Ein neues System für die Zukunft?*

Achim Zeller, Unterhaching

Zum Anlaß der Systementwicklung: Die Entwicklung der VRF¹-Systeme geht auf eine japanische Marktstudie in den 70er Jahren zurück. Es wurden die Nutzer und Betreiber von klimatisierten Gebäuden zu ihrer Erfahrung mit den installierten Klimasystemen befragt und man stellte fest, daß die eingebauten Systeme nicht mehr die Bedürfnisse befriedigten.

Die Hauptkritik der Nutzer zielte auf nicht vorhandene bzw. mangelhafte Eingriffsmöglichkeiten in die Klimaanlage oder in das Betriebsverhalten der Klimaanlage in Bezug auf die Raumtemperatur, die Betriebsart und den Betriebszeitpunkt. Allgemein hatte man das Gefühl, der Technik „ausgeliefert“ zu sein.

Die Betreiber hingegen beklagten sich hauptsächlich über hohe Investitionskosten, hohe Betriebskosten für Unterhalt und Energieeinsatz, über einen hohen System-Platzbedarf und eine mangelhafte Flexibilität bei der Nachrüstung bzw. bei der Umnutzung von Objekten.

Es galt also ein System zu finden, das eine „Brücke“ bauen sollte, um die Anforderungen an Flexibilität und Komfort mit wirtschaftlichen- und Umweltaspekten zu verbinden.

* als Vortrag gehalten anlässlich des DKV-Planerforums „Entwicklungstendenzen in der TGA“ während der IKK 2000 in Nürnberg

¹ VRF = variable refrigerant flow = Systeme mit variablem Kältemittelvolumen- bzw. -massenstrom

Es galt, den hohen Energieverbrauch von Klimaanlagen zu senken

Ein wesentlicher Aspekt war der Energieaufwand der Klimatisierungssysteme in Japan Ende der 70er Jahre. 47 % des gesamten Energieverbrauchs entfielen seinerzeit auf die Klimatisierung, aufgeteilt auf die Kälteerzeugung mit 20 % und den Energietransport mit einem Anteil von 27 %.

Die Wahl des geeigneten Wärmeübertragungsmediums

Der erste Ansatz war die geeignete Auswahl des Wärmeübertragungssystems. Man stellte fest, daß den Systemen mit Direktverdampfung – heute verwenden wir R407C in dafür optimierten Anlagen – gegenüber den indirekten Systemen deutlich der Vorzug zu geben sei. Die vergleichsweise hohe Verdampfungsenthalpie von Kältemitteln führt gegenüber den indirekten Systemen mit Wasser oder Luft als Kälte Träger zu geringeren Massenströmen (vgl. Bild 1) und somit auch zu einer Reduzierung der Leistungsaufnahme für den Energietransport (Pumpen und Ventilatoren).

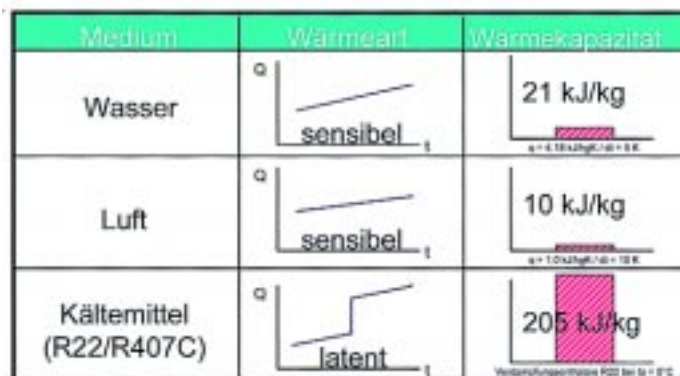


Bild 1 Wärmeübertragungsmedien im Vergleich (alle Tabellen und Abbildungen sind Werkbilder der DAIKIN Airconditioning GmbH, Unterhaching)

zum Autor

Achim Zeller,
Staatl. gepr.
Kältetechniker
(FS), Produkt-
manager bei
DAIKIN
Airconditioning
Germany GmbH,
Unterhaching



Medium	Spez. Enthalpieänderung
Wasser	~ 21 kJ/kg [ΔT = 5K]
Luft	~ 10 kJ/kg [ΔT = 10K]
Kältemittel (R407C)	~ 204 kJ/kg [bei 5 °C] (nur latente Anteil)

Natürlich konnte der Systemwirkungsgrad durch Direktverdampfungssysteme gegenüber indirekten Systemen deutlich gesteigert werden.

Ein weiterer positiver Aspekt dessen war eine drastische Reduzierung der Versorgungsleitungsdurchmesser, die nicht nur im Bereich der Nachrüstung von Vorteil waren und sind.

Rohrleitungsentfernungen bei DX-Systemen

Die energetischen Vorteile der Direktverdampfung waren natürlich schon bekannt, aber aus Gründen der technischen Beherrschbarkeit (Öltransport...) wurden bis dahin möglichst kurze Rohrleitungsentfernungen gewählt. Mit den VRF-Systemen sind heute problemlos Rohrleitungsentfernungen von bis zu 100 m möglich. Auch Höhenunterschiede von bis zu 50 m (ohne Ölhebepögen) ermöglichen heute den Einbau in Objekte fast jeder Größenordnung.

Leistungsregelung bei Multisystemen – Inverter beherrschen den Markt

Ein weiterer Ansatz zur Betriebskostensenkung ist der gewählte dezentrale Systemaufbau. Bei den VRF-Systemen handelt es sich um modular aufgebaute Kreisläufe, in denen bis zu 32 Inneneinheiten betrieben werden können.

Die angeschlossenen Inneneinheiten sind selbstverständlich, mit eigenem Wunschsollwert, individuell zu betreiben.

Durch den unabhängigen Betrieb, aber auch durch jahres- und tageszeitlich variierende Lastverläufe wurde bei Multisystemen eine adaptive Antriebstechnik erforderlich. Marktbeherrschend wird bei den meisten VRF-Systemen (> 90 %) die Leistungsanpassung über eine Drehzahlregelung der Kompressoren mittels Inverter vorgenommen.

Die Vorteile der Inverterregelung zur Leistungsanpassung ergeben sich aus der Drehzahlregelung der Kompressoren, die einen deutlich geringeren Verschleiß verursacht als taktende Verdichter mit festen Drehzahlen. Ein weiterer Vorteil ist ein automatischer Sanftanlauf ohne Stromspitzen beim Start. Die Invertersysteme bieten durch eine quasi stetige Leistungsregelung eine hervorragende Leistungsanpassung, durch die auch eine überproportionale Energieeinsparung im Teillastbetrieb durch steigende COP's ermöglicht wird.

VRF-Systeme sind Teillastoptimiert

An der nachfolgenden Grafik (Bild 2) ist deutlich zu erkennen, daß die Inverter-Systeme auf den häufigsten Betriebsfall, nämlich die Teillast hin, energetisch optimiert worden sind.

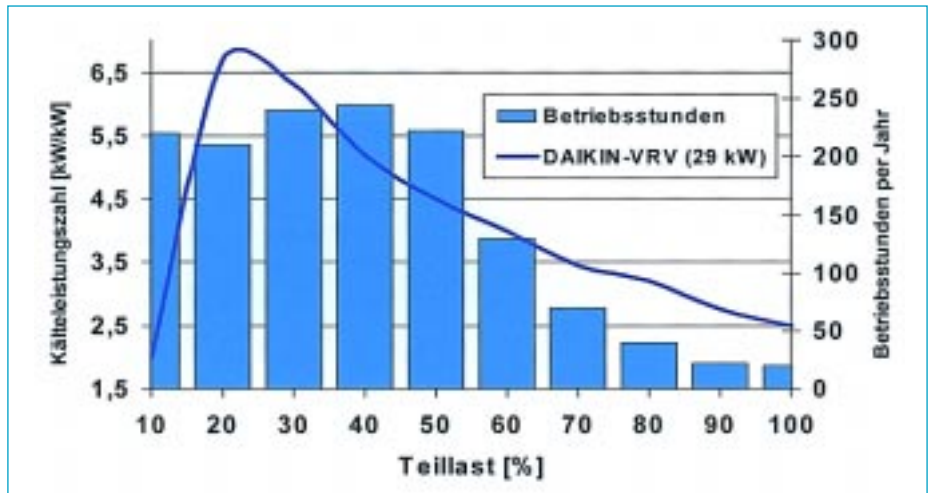


Bild 2 Auf den Teillastfall hin optimiertes Verhalten (Kühlen) des Systems DAIKIN-VRV-Inverter

Morgens heizen, mittags kühlen – kein Problem

Durch das Fehlen von trägen Speichermassen zeichnen sich Direktverdampfungs-Systeme weiterhin durch sehr kurze Systemreaktionszeiten aus. Dies ist vor allen Dingen in der Übergangszeit relevant, wenn morgens und abends noch geheizt, tagsüber aber gekühlt werden muß.

Weitere Optimierungspotentiale ergeben sich dadurch, daß der Lufttransport durch das Objekt auf den reinen, physiologisch bedingten, Außenluftanteil beschränkt ist. Systeme, die eine Wärmeverschiebung ermöglichen (Heat-Recovery-Systeme), stellen derzeit das Maximum bei der VRF-Technik dar.

Untersuchungen über den Energieaufwand von VRF-Systemen

Der Energieaufwand von solchen VRF-Systemen mit invertergeregelten Verdichtern wurde u. a. in einer Diplomarbeit [1] der Fachhochschule Wiesbaden/Rüsselsheim untersucht. Die Untersuchung fand an dem Bürogebäude der Firma Sonderhoff in Köln [2] statt, in dem ein DAIKIN-VRV-System nunmehr seit 1994 zur höchsten Zufriedenheit arbeitet.

Die Diplomarbeit untersucht an einem Rechenmodell den Energieverbrauch des eingebauten VRF-Systems im Gegensatz zu einem alternativ projektierten System mit wasserbeaufschlagten Klimakonvek-

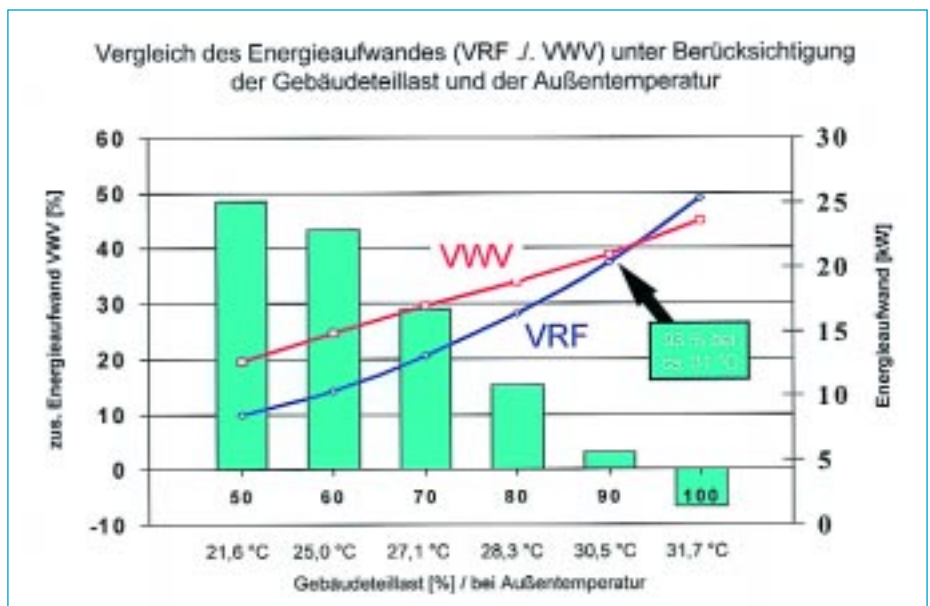


Bild 3 Teillast-Effizienz des DAIKIN-VRF-Systems nach [1]

toren. Dies geschieht unter besonderer Berücksichtigung des Teillastverhaltens des Gebäudes.

Als Hauptergebnis hat sich dabei gezeigt, daß das DAIKIN-VRV-System in dem untersuchten Gebäude unterhalb einer Teillast von 93 % eine bessere Energieeffizienz hat als die Kaltwasservariante. Das heißt, unterhalb einer Außentemperatur von 31 °C arbeitete das VRV-System energieeffizienter.

Gemessen am ermittelten Referenzwert der VRV-Anlagen-Technik zeigte sich, daß die Systemvariante Kaltwasser und Gebläsekonvektoren im Untersuchungsmittel einen um 41,5 % höheren Energieaufwand erfordern würde. Im Spitzenmonat April lag dieser sogar um 52,5 % höher.

EPN-	Wasser	Luft	VRV*
-Systemwirkungsgrad	0,75	0,45	0,96
Go/FI der Kälteerzeugung	4,0	4,0	4,8
Energieaufwand (EPN-Index)	153 0,333 kW/kW	256 0,556 kW/kW	100 0,217 kW/kW

Bild 5 Energieaufwand der Systeme nach TNO

Entscheidend hierfür ist neben einer guten Jahresarbeitszahl (Kühlen) von 4,8 vor allen Dingen der mit 96 % beeindruckende Systemwirkungsgrad.

Selbst bei der Nachrüstung in Objekte mit einer vorhandenen konventionellen Heizung ist dieses System auf Grund des sehr reaktionsschnellen und energiesparenden Heizbetriebs speziell in der Übergangssaison hoch interessant, zumal der Mehrpreis gegenüber der „nur kühlen“-Variante fast zu vernachlässigen (< 5 % Investsumme) ist.

Zunehmend werden die Wärmepumpensysteme aber auch monovalent eingesetzt. Dieses sich langsam durchsetzende Umdenken hängt auch maßgeblich mit einer Verschiebung der Kühl- und Heizsaison in gewerblichen Objekten zusammen.

Während man früher herkömmlich davon ausgehen konnte, daß oberhalb einer Außentemperatur von 20 Grad gekühlt werden mußte, und der Heizbetrieb unterhalb einer Temperatur von 15 Grad erforderlich war, haben sich diese Grenzen im Laufe der Zeit zunehmend nach unten verschoben. So sind heute Gebäude keine Seltenheit mehr, die ihren Balancepunkt zwischen 0 °C und + 5 °C Außentemperatur haben.

Diese Verschiebung wird zum einen durch eine stärkere Leistungsdichte und Belegung, aber auch durch einen spektakuläreren Architekturstil mit geprägt. Auf der anderen Seite führen strengere Dämmungsvorschriften (WSVo) zu einer stets besseren Isolierung. Und es wird dadurch verhindert, daß die interne Last des Gebäudes über die Hülle nach außen abgegeben werden kann (Thermoskannen-Effekt).

Auf diese Weise kommt in modernen kommerziellen Gebäuden über eine immer größer werdende Anzahl von Stunden dem Kühlbedarf gegenüber dem Heizbedarf eine größere Bedeutung zu.

Demnach ist die Entscheidung für ein Kühlsystem keine Luxusentscheidung mehr, sondern eine pure Notwendigkeit, selbst mit größerer Priorität als die Entscheidung für das Heizsystem. Aus diesem

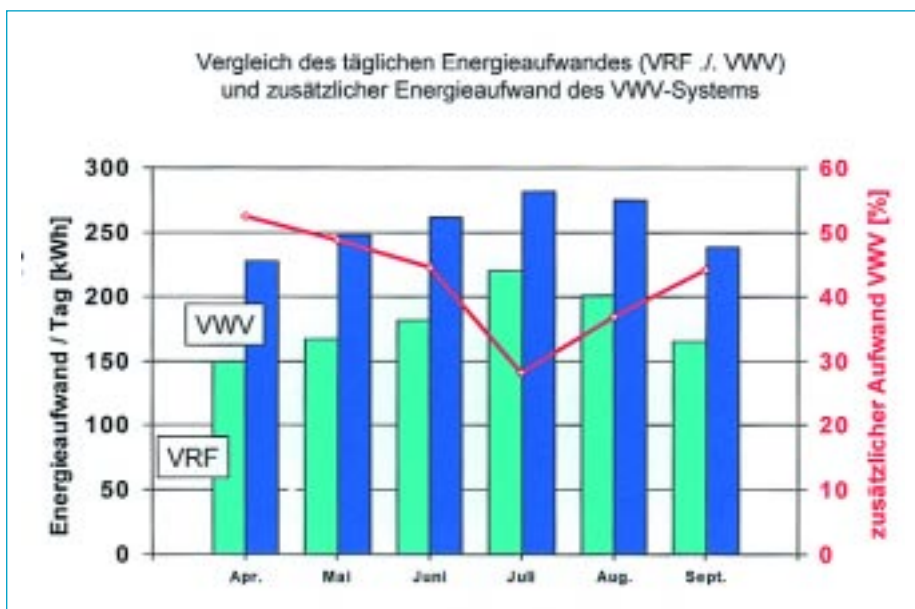


Bild 4 Monatlicher Energieaufwand der Vergleichssysteme und VVW Zusatzaufwand (%) nach [1]

Die Ergebnisse dieser Diplomarbeit bestätigen sich auch in einem Gutachten des niederländischen TNO [2] über den „Systemwirkungsgrad Kühlen des DAIKIN-VRV-Inverter-Systems“ zum Gebrauch in der niederländischen Norm NEN 2916, die den Energieeinsatz für Gewerbebauten mit mehr als 675 m² reglementiert.

Die Untersuchung kommt zu der Erkenntnis, daß ein Wassersystem einen um 53 % höheren Energieaufwand erfordern würde als ein DAIKIN-VRV-System. Bei einem luftbasierten Umluftsystem liegt demnach der Energieaufwand mit 256 % mehr als doppelt so hoch.

Die VRF-Außeneinheiten

Auf dem deutschen Markt werden mittlerweile eine Vielzahl von unterschiedlichen Systemen bzw. Systemvarianten angeboten.

Die erste Gattung sind die Systeme zum „nur kühlen“-Einsatz. Diese Systeme fanden ursprünglich den größten Zuspruch, da Anfangs VRF-Systeme hauptsächlich zur Nachrüstung in Objekten mit vorhandenen Heizungssystemen eingesetzt wurden.

Einen zunehmend größeren Marktanteil erhalten die Systeme mit einer Wärmepumpenfunktion. Hierbei gibt das Außengerät, durch Kreislaufumkehrung, die Betriebsart „Kühlen“ oder „Heizen“ vor und die eingeschalteten Inneneinheiten befinden sich dann fix in dieser vorgegebenen Betriebsart.

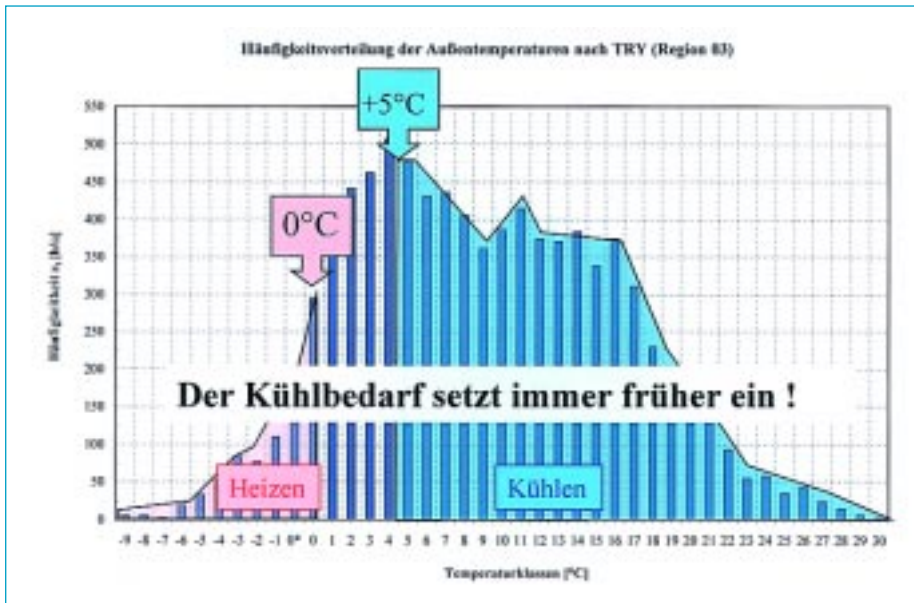


Bild 6 In gewerblichen Objekten nimmt die Betriebsart Kühlen einen immer höheren Stellenwert ein

Hintergrund geht zunehmend die Überlegung dahin, das Kühlsystem mit Wärmepumpenfunktion auszuführen und damit auch den vergleichsweise geringen Anteil der Heizstunden mit einem System zu erschlagen. Die hohen internen Lasten unterstützen die Wärmepumpenanlage wirkungsvoll bei der Erzielung komfortabler Raumluftzustände.

Das derzeitige Optimum bei den VRF-Systemen sind die so genannten Heat-Recovery-Systeme. Bei diesen Systemen kann in einem Kreislauf gleichzeitig gekühlt und geheizt werden (siehe Bild 7).

Dieses ist möglich durch den Einsatz eines Dreileiter-Systems und Rohrleitungsumschalt-Einheit, die die technische Grundlage dafür bieten, daß in Bereichen mit Wärmeüberschuß (also Kühlbedarf) Wärme aufgenommen wird – und in Bereichen mit Heizbedarf wieder abgegeben wird. Wahlweise kann jedes Innengerät eine eigene Betriebszone darstellen. Es können aber auch mehrere Einheiten in Zonen gruppiert werden. EDV-Räume mit ausschließlichem Kühlbedarf können direkt angeschlossen werden.

Mit diesen Systemen ist bei entsprechenden Potentialunterschieden auf Grund einer, nochmals besseren Arbeitszahl ein energetisch sehr günstiger Betrieb möglich.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil der Systeme zum gleichzeitigen Kühlen und Heizen liegt klar in dem zu erzielenden Komfortgewinn begründet. Die Nutzer können zonenweise ihre Betriebsart selbst bestimmen, was zu deutlich komfortabler

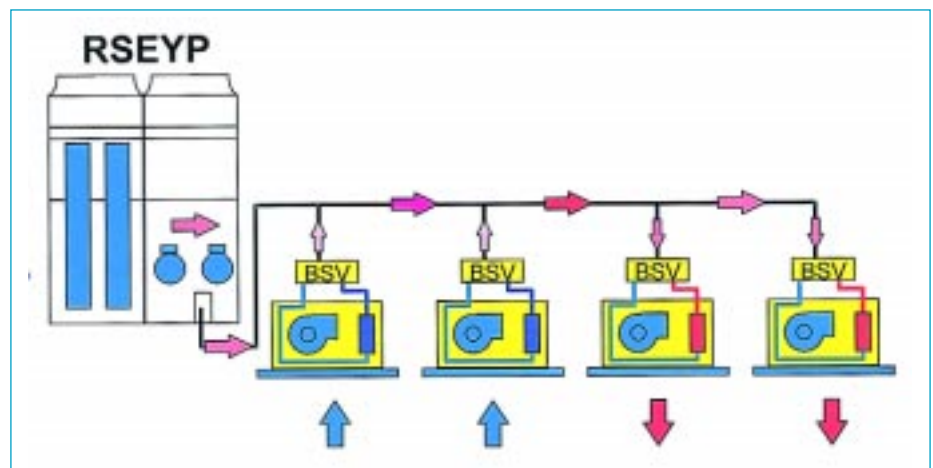


Bild 7 Schematische Darstellung der Wärmeverschiebung (hier 50 % kühlen/50 % heizen = Idealfall)

empfundene Raumluftzustände, und vor allen Dingen zu einer gesteigerten Nutzerzufriedenheit führt.

Aber nicht nur Einzelbüros stellen die Domäne dieser Systeme dar. Mit großem Erfolg sind die Systeme in der Vergangenheit bereits in Großraumbüros und z. B. auch Kassenhallen von Banken [4] eingesetzt worden.

Durch die Eingriffs- und Selektionsmöglichkeiten des Nutzers ist die Quote „zufriedener Nutzer“ praktisch gegen Null gegangen.

Die momentan neueste Entwicklung bei den VRF-Systemen in Europa sind die **VRV-Plus-Systeme**. Hierbei handelt es sich um die Gruppierung von größeren Kälteleistungen im Außengerätebereich und einer Erweiterung der anschließbaren Inneneinheiten auf max. 32 Geräte. Ein

System kann nahezu 100 kW Kühlleistung abdecken. Diese Systeme sind ideal für größere Objekte [5] [6] und reduzieren den Installationsaufwand ganz erheblich.

VRV-Systeme haben einen geringen Platzbedarf

Ein gemeinsames Merkmal aller Systeme ist die hohe Raumeffizienz der VRF-Systeme. Als Faustformel kann hier gelten, daß für 500 m² Bürofläche 1 m² Dachfläche zur Verfügung gestellt werden muß. Mehrere Außeneinheiten lassen sich platzsparend in Maschinenzeilen aufstellen.

Aber auch dort, wo es erforderlich ist, können die VRV-Systeme in innenliegenden Maschinenräumen aufgestellt werden. Ein enormer Vorteil in Stadtlagen, oder auch in größeren Objekten, speziell bei stockwerksweiser Ausrüstung, z. B. der Sanierung.

Die VRF-Inneneinheiten

Technischer Aufbau von VRF-Inneneinheiten

Einige Leser werden sich fragen: Direktverdampfung und hohe Komfortansprüche, wie paßt das zusammen?

Um diese Frage zu beantworten, ist es interessant, den Aufbau von VRF-Inneneinheiten einmal näher anzuschauen.

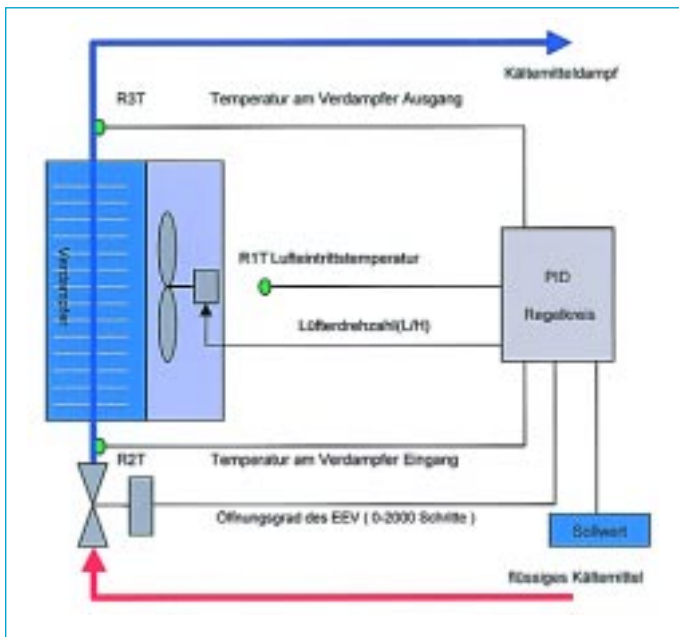


Bild 8 Schematischer Aufbau eines VRF-Innengerätes mit EEV und PID-Regelkreis

Neben einem Wärmetauscher und einem Lüfter ist jedes Innengerät mit einem elektronischen Expansionsventil ausgestattet. Dieses elektronische Expansionsventil wird über einen PID-Regelkreis angesteuert. Dieser PID-Regelkreis führt einen ständigen Soll-Ist-Wert-Vergleich durch und entscheidet über die momentane Kühl- bzw. Heizlast über den Öffnungsgrad des elektronischen Expansionsventils.

Somit ist das elektronische Expansionsventil in erster Linie kein Überhitzungsregler, sondern vielmehr ein Massenstromregler, der es ermöglicht, die Kühl- oder Heizleistung der Inneneinheiten in einem Bereich von 40–100 % an die jeweilige Raumlast anzupassen.

Je nach Hersteller wird die Leistungsanpassung auch über die Luftvolumenstromregelung durchgeführt. Aus Komfortgesichtspunkten hat es sich jedoch bewährt, den Luftvolumenstrom konstant zu halten und dafür über den Kältemittelmassenstrom die Temperaturdifferenz im Teillastfall zu verringern.

Das Zusammenwirken der VRF-Innen- und Außeneinheiten

Interessant ist in diesem Zusammenhang auch das Zusammenspiel der verschiedenen Regelkreise des VRF-Systems (Bild 7) einmal genauer zu betrachten. Die Regelkreise der angeschlossenen Inneneinheiten haben die Aufgabe, die Innengeräteleistung an den aktuellen Bedarf

stant gehalten und versucht, am Verflüssiger einen Kondensationsdruck einzustellen, der so niedrig wie möglich ist. Hierdurch sind hervorragende Arbeitszahlen garantiert.

Das Lieferprogramm der VRF-Inneneinheiten

Eine optimale Anpassung des VRF-Systems an die jeweiligen räumlichen und architektonischen Gegebenheiten ist durch die Verfügbarkeit von bis zu 60 verschiedenen Inneneinheiten, die sich auf 10 Bauformen und 11 Leistungsabstufungen erstrecken, jederzeit gegeben.

Eine besondere Aufmerksamkeit wurde der akustischen Optimierung der Innengerätepalette gewidmet mit dem Erfolg, daß in den letzten Jahren die Schallemissionen drastisch reduziert werden konnten und somit ein selbst hohen Ansprüchen gerechtwerdender Betrieb möglich ist.

Studie über das Betriebsverhalten von DAIKIN-VRV-Inneneinheiten

Um objektive Aussagen über das thermische Betriebsverhalten treffen zu können, beauftragte DAIKIN im Frühjahr 2000 das Institut für angewandte Thermodynamik an der Universität Essen mit einer Studie zur Ermittlung von Temperatur- und Geschwindigkeitsverteilungen an drei verschiedenen DAIKIN-VRV-Innengeräten zur Komfortklimatisierung.

anzupassen wohingegen dem Außengerät die Aufgabe zukommt, den Innengeräten dazu die idealen Arbeitsbedingungen zu schaffen. Hierzu wird die **Verdampfungstemperatur am Wärmetauscher kon-**

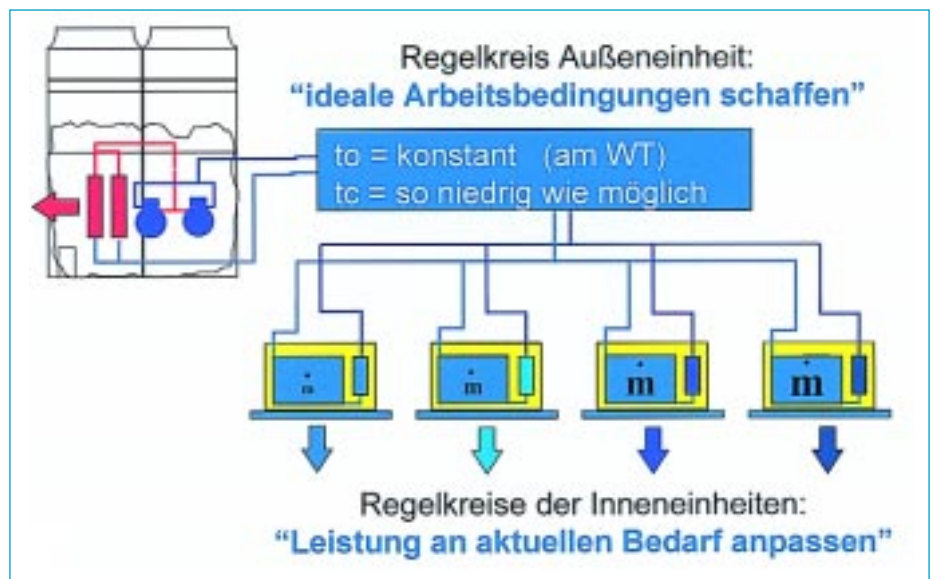


Bild 9 Zusammenwirken der Innen- und Außen-Regelkreise bei VRF-Systemen (Schematische Darstellung)

Verfügbarkeit Inneneinheiten R407C

Typ \ Baugröße		Baugröße										
		20	25	32	40	50	63	80	100	125	200	250
Nenn-Kälteleistung		2,3	2,9	3,7	4,5	5,6	7,1	9,0	11,2	14,0	23,0	28,8
Nenn-Heizleistung		2,8	3,3	4,1	5,2	6,5	8,3	10,5	13,0	16,3	25,0	31,5
Wand	FXYP		X	X	X	X	X					
Truhe m. Verkl.	FXYP	X	X	X	X	X	X					
Truhe o. Verkl.	FXYP	X	X	X	X	X	X					
Unterd.	FXYP			X			X		X			
einseitig	FXYP		X	X	X		X					
zweiseitig	FXYP	X	X	X	X	X	X		X			
vierseitig	FXYP			X	X	X	X	X	X	X		
Kanal	FXYP	X	X									
	FXYP	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	FXYP				X	X	X	X	X	X	X	X
Leistungsklasse		20	25	31,25	40	50	62,5	80	100	125	200	250

R407C

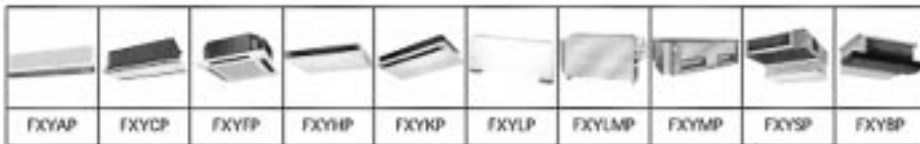


Bild 10 Lieferprogramm DAIKIN-VRV-Inneneinheiten (●) = Programm 2001

Die gemessenen Ergebnisse haben gezeigt, daß konstante Temperaturverläufe (siehe Bild 11) und geringe Temperaturschichtungen ebenso zu den Stärken der VRV-Innengeräte zählen wie eine ausgeprägte Reaktionsfreudigkeit.

Auch in Bezug auf Luftgeschwindigkeiten und Turbulenzgrade konnten die gemessenen Geräte überzeugen. Vor allen Dingen wenn man berücksichtigt, daß die Messungen bei „worst case“-Bedingungen durchgeführt wurden. Bei der sehr niedri-

gen Raumtemperatur von 20 °C und bei der größten Ventilatorstufe.

Selbst beim – naturgemäß schwierigen – Heizfall mit dem Decken-Kassettengerät könnte der für Luftdeckenheizung typische Kaltluftsee durch einen Luftstrahl mit hoher Austrittsgeschwindigkeit wirkungsvoll vermieden werden. Hierbei muß jedoch darauf geachtet werden, daß sich keine Personen stationär in diesem Luftstrahl aufhalten, da es sonst zu Zuglufterscheinungen kommen könnte.

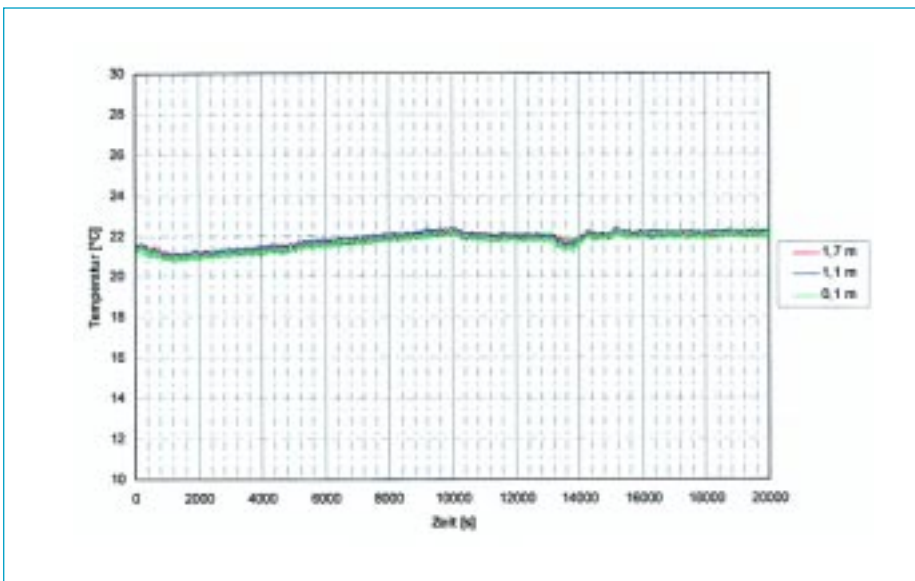


Bild 11 Temperaturverlauf, Kühlen (5 h 40 min) im Simulationsraum für Kassettengerät FXYP32K in 0,1–1, 1–1,7 m Raumhöhe

VRF-Systeme bieten mehr als nur Kühlen und Heizen

Nachdem wir uns nun ausführlich mit den VRF-Außen- und Inneneinheiten auseinander gesetzt haben, den Systembausteinen, die für das Kühlen, das Entfeuchten und Heizen zuständig sind, sei noch darauf hingewiesen, daß das System nicht nur technologisch weiterentwickelt wurde, sondern im Laufe der Zeit weitere Systembausteine hinzugefügt wurden. Diese Ergänzungen orientierten sich streng an den Marktbedürfnissen und integrierten sich systemkompatibel in die vorhandene Konzeptarchitektur.

Totalwärmeaustauscher zum Lüften und zur Wärme-/Feuchterückgewinnung

Zum einen gibt es ergänzend so genannte Totalwärmeaustauscher, die den dezentralen Systemgedanken auf die Außenluftversorgung übertragen.

Diese Totalwärmeaustauscher sind stationäre Kreuzstromwärmetauscher, im Volumenstrombereich von 150–2000 m³/h, die auf Grund Ihrer hygroskopischen Wärmeaustauscheroberfläche in der Lage sind, sowohl sensible als auch latente Wärmeanteile hocheffizient zu übertragen. Mit diesen Systemen werden Rückgewinnungsgrade erzielt, wie sie sonst nur üblicherweise von Rotationswärmetauschern erzielt werden. Eine besondere Bedeutung kommt dem Feuchtigkeitsaustausch zu. Die Praxis hat gezeigt, daß mit solchen Systemen ein ganzjähriger Betrieb auch ohne den Einsatz von Befeuchtungssystemen möglich ist.

Steuern – Verwalten – Überwachen – Optimieren

Ergänzt werden die VRF-Systeme weiterhin durch eine Vielzahl von Reglungssystemen, die auf das System abgestimmt sind, aber auch gleichzeitig eine Kommunikation mit übergreifenden Systemen ermöglichen.

Die Bandbreite reicht von einfachen Raumbedienstationen (zum Teil auf Zielgruppen wie Hotelgäste abgestimmt) über Zentralbedienstationen bis hin zu Klimaanlagenmanagement-Systemen, die wiederum autark oder einem BMS-System untergeordnet arbeiten können.

	Wandgerät FXYP	Truhe FXYP	Cassette FXYP
Temperaturverlauf je Zone	< 1 K	< 1K	1K
Temperaturgradient [K/m]	∅ 0,97 K	∅ 1,13 K	∅ 0,21 K
Luftgeschwindigkeit Turbulenzgrad	v = 0,15 m/s im Toleranzbereich	v = 0,16 m/s im Komfortbereich	v = 0,16 m/s im Toleranzbereich
Bemerkungen	<ul style="list-style-type: none"> • gutes Universalgerät für Kühlen und Heizen • Personen sollten nicht im Luftstrahl sitzen 	<ul style="list-style-type: none"> • Komfortables Betriebsverhalten im Kühlmodus • etwas längeres Aukluftverhalten 	<ul style="list-style-type: none"> • nahezu ideale Temperaturverlauf • extrem geringe Temperatur-schichtung • besetzt Verhalten im Kühlfall • schnelles Abschaltverhalten

Bild 12
Resümee der Studie für den Kühlfall

daher auch nicht mit sonst nicht auszuschließenden Kinderkrankheiten versehen.

Die Anlage läuft vom ersten Tag an wie konzipiert und Inbetriebnahmen gestalten sich reibungslos durch die „Vorhersehbarkeit“ des so konzipierten und zimal erprobten Zusammenspiels der Systembausteine.

Die Wertschöpfung erfolgt dort, wo sie am effizientesten zu erbringen ist. Was in der Fabrik vorgedacht und vorgefertigt werden kann, muß nicht erst mit schlechterer Effizienz vor Ort individuell erbracht werden.

	Wandgerät FXYP (Autoswing)	Truhe FXYP	Cassette FXYP
Temperaturverlauf je Zone	0,9 K (1,7m) 1,0 K (0,1m)	0,6 K (1,7m) 2,1 K (0,1m)	0,6 K (1,7m) 1,2 K (0,1m)
Temperaturgradient [K/m]	∅ 0,5 K	∅ 5,3 K	∅ 4,0 K
Luftgeschwindigkeit Turbulenzgrad	v _{0,5} = 0,35 m/s nicht komfortabel	v _{0,5} = 0,07 m/s Exzellent	v _{0,5} = 0,18 m/s im Toleranzbereich
Bemerkungen	<ul style="list-style-type: none"> • gute Temperaturverteilung • keine Schichtung • Autoswing führt zu hohen Turbulenzgraden • Personen sollten nicht im Strahlbereich sitzen 	<ul style="list-style-type: none"> • Truhengeräte an der „kalten Wand“ positionieren → hierdurch kann Kalkulöse vermindert werden • Übrige Werte komfortabel 	<ul style="list-style-type: none"> • Deckenheizung ist generell brennt • Durch vertikales Einströmen wird der Thermik entgegen gewirkt und der Effekt gemildert • Personen sollten nicht im Strahlbereich sitzen

Bild 13
Resümee der Studie für den Heizfall

Gibt es Parallelen zu anderen Branchen?

Ein Blick in die Software-Branche macht die Potentiale deutlich. Während noch vor wenigen Jahren die meisten Programme individuell und unter hohem finanziellen und personellen Aufwand programmiert wurden, greift man heute – wo immer möglich – auf bewährte Standardlösungen zurück. Die Anpassung an die individuellen Bedürfnisse des Kunden kann dann in gewissen Grenzen durch sogenanntes „customizing“ erfolgen. Hier ist die individuelle Kreativität des Spezialisten vor Ort gefragt. Basis sind aber in jedem Fall hoch funktionale und erprobte Module. Der Erfolg von SAP (R3) und Microsoft (Office-Familie) basiert wohl auf diesem Konzept.

Natürlich lassen sich mit diesen Modulen (egal ob Software oder Klimageräte) nicht alle Aufgaben lösen. Aber für eine Vielzahl von Problemstellungen bieten sie eine erprobte Basis mit einem hervorragenden Kosten-Nutzen Verhältnis.

Das „Regelungspaket“ ist auf die jeweiligen Betreiberbedürfnisse hin abstimbar und läßt in der Praxis keinerlei Wünsche offen. Optimierungs-, Überwachungs- und Managementfunktionen sind genauso selbstverständlich möglich, wie ein Feingriff in die Systeme, oder eine Betriebskostenabrechnung auf Mieter bzw. sogar bis auf Raumebene.

Durch diesen Systemansatz wird sichergestellt, daß sich das System vor Ort schließlich so verhält, wie es ursprünglich geplant wurde. Unliebssame Überraschungen an sonst unvermeidlichen Technik-Schnittstellen können so minimiert werden.

Selbst komplexeste Anlagenkonfigurationen bilden kein Unikat und sind von

VRF-Klimasysteme – ein modulares Konzept intelligenter Bausteine

Aus meiner Sicht als Autor ist das Herausragende und gegenüber konventionellen Systemen so Bestechende an der VRF-Technologie, daß es sich um ein modulares Konzept intelligenter, aufeinander abgestimmter Bausteine handelt. Alle Bausteine

- sind vom Hersteller als System entwickelt,
- werden vom Planer als System geplant,
- werden vom Anlagenbauer als System montiert und in Betrieb genommen,
- werden schließlich vor Ort als System, wie schon ursprünglich vom Hersteller geplant, betrieben.



Bild 14
Die Bausteine des Hi-VRV²-Systems

² Hi-VRV ist die DAIKIN-Bezeichnung für sein VRF-System mit den ergänzenden Systembausteinen

VRF-Klimasysteme – ein neues System für die Zukunft?

Die Technik der VRF-Klimasysteme ist sicherlich nicht mehr als neu zu bezeichnen. Die europäische Markteinführung geht auf das Jahr 1987 zurück. Seitdem hat allein DAIKIN mehr 50 000 Systeme (ca. 300 000 Kühlstellen) im Markt platzieren können.

Die Bandbreite der bisher ausgeführten Projekte reicht von 15 kW bis zu mehreren MW, von einer Inneneinheit bis zu über 1000, von Privathäusern über Büros, EDV-Räume bis hin zu Prozesskühlungen in Industrieanwendungen.

VRF-Systeme stellen damit, wie übrigens von Beginn an, eine ausgereifte, bewährte Technik zur Verfügung. Und es mangelt auch nicht an der entsprechenden Anwendungsroutine auf Seiten der Anbieter und Anlagenbauer.

Mit den VRF-Systemen wird den Planern, Anlagenbauern und Betreibern eine weitere Systemmöglichkeit zur Komfortklimatisierung an die Hand gegeben mit der es sich wegen der systembedingten Vorteile

- einfache, kreative Planbarkeit,
- attraktive Investitionskosten,
- niedrige Energiekosten,
- geringe Wartungskosten,
- hohe Betriebssicherheit,
- unkomplizierte Montage,
- hohe Nutzerzufriedenheit

auseinanderzusetzen lohnt. □

Objektart	Spezifisches Vorteilspaket
Bestehende Objekte mit nachträglichem Kühlbedarf	Gute Nachrüstbarkeit, durch dezentrales System erfolgt auch die Investition nur bauabschnittsweise. Für Mieter und Vermieter wichtig: der ursprüngliche Zustand ist leichter wiederherstellbar.
Sanierungen der gesamten Gebäude-Infrastruktur	Einfache Anpassung an bauliche Gegebenheiten durch kompaktes, dezentrales System, bei nur minimaler Verletzung der Bausubstanz.
Ersatz von alten RLT-Anlagen	Etagenweise Ausrüstung mit der neuen Technik (restl. Gebäude bleibt einsetzbar) Nach Abschluß der Maßnahme kann die Altanlage rückgebaut werden.
Investoren-Objekte	Mit geringen Vorhaltekosten läßt sich die Basisinfrastruktur vorrüsten. Der Endausbau erfolgt Zonenweise bei Bedarf/nach Wunsch.

Bild 15 Beispiele für VRF-Vorteile bei verschiedenen Objektarten

Die VRF-Systeme stellen sicherlich keine „Wunderwaffe“ für alle Anwendungsfälle dar. In einigen Bereichen lassen sich die zuvor beschriebenen Vorteilspakete aber sehr geschickt umsetzen.

In der täglichen Projektpraxis gibt es weiterhin zahlreiche attraktive Projekte, in denen VRF-Systeme und konventionelle Klimasysteme gemeinsam zum Einsatz kommen. Jedes System auf seine Stärken hin ausgelegt und entsprechend eingesetzt.

Mit diesem Ansatz sind wir Kälte-Klimafachleute sicherlich ein gutes Stück weiter auf dem Weg zu zufriedenen Nutzern und Betreibern. Und um die geht es doch. Oder? □

Literatur

- [1] Marcus Ziegler, 1995
Energieverbrauch von dezentralen Direktverdampfungs-Raumkühlensystemen mit variablem Kältemittelvolumenstrom im Vergleich zu indirekten Systemen mit wasserbeaufschlagten Klimakonvektoren unter besonderer Berücksichtigung des Teillastverhaltens. Diplomarbeit FH Wiesbaden/Rüsselsheim 1995/96
- [2] DAIKIN/VRV-Spezial Info Nr. 4 für Planer und Architekten, 1995
Projektstudie „Nachträgliche Kühlung des Verwaltungsgebäudes Sonderhoff, Köln“
- [3] TNO, Apeldoorn (NL), 1996
TNO-Rapport – R96/475
Systeemrendement voor koeling van het DAIKIN VRV Invertersysteem
– Voor gebruik in NEN 2916 –
- [4] DAIKIN/VRV-Spezial Info Nr. 5 für Planer und Architekten, 1996
Projektstudie „Umbau der Hauptstelle der Bezirksparkasse Singen“
- [5] DAIKIN/VRV-Spezial Info Nr. 11 für Planer und Architekten, 2000
Projektstudie „Nachträgliche Klimatisierung bei Sony International Europe, Aschheim b. München“
- [6] Michael Frenzel, Daikin, TAB 04/2000/KKA 04/2000
„Umnutzung eines Handelszentrums“ in Großraumbüros und Callcenter der Telekom AG, Chemnitz

Dänemark, kein gutes Beispiel

Schon seit längerem hat sich Dänemark der ausschließlichen Nutzung von natürlichen Kältemitteln verschrieben und strebt von Seiten der offiziellen Politik ein gänzlich phaseout aller fluorierten Stoffe an, die gegenwärtig erfolgreich die FCKW- und H-FCKW-Aera ablösen. Da ein generelles Verwendungsverbot wirtschafts- und europapolitisch nicht durchsetzbar ist, ist man in Däne-

mark auf die Idee gekommen, die von der Umweltpolitik ungeliebte Verwendung von HFKW's auf andere Weise zu reglementieren: Das Folketing (Parlament) hat am 15. Dezember 2000 die Einführung einer H-FKW-Steuer ratifiziert, die am 1. März 2001 in Dänemark in Kraft treten soll. Im Bereich der Kältemittel hätte dieser Preiszuschlag zum Beispiel folgende Auswirkungen:

R 134a 130 kr./kg
(somit ca. 34 DM/kg),
R 404A 326 kr./kg
(somit ca. 85 DM/kg),

R 407 C 153 kr./kg
(somit ca. 40 DM/kg),
R 410A 173 kr./kg
(somit ca. 45 DM/kg)
und R 507 330 kr./kg
(somit ca. 86 DM/kg).

Eine Durchführungsregel (wie viele Ausnahmen, und welche, gibt es?) ist der KK-Redaktion gegenwärtig noch nicht bekannt. Zur Zeit wird auch seitens der EU-Kommission geprüft, ob die Erhebung einer HFKW-Strafsteuer in Dänemark kein Verstoß gegen das europäische Wettbewerbsrecht (Handelshemmnis?) darstellt. P. W.