

# Untersuchungen von VRF\*-Multisplitanlagen am Institut für Luft- und Kältetechnik (ILK) Dresden

Peter Iselt, Wuppertal, und Ulrich Arndt, Dresden

Um die Einsatzmöglichkeiten und -chancen der VRF-Eco-Multi-Systemtechnik von Kaut/Sanyo besonders auch im Bezug auf Ganzjahresbetrieb und monovalenten Heizbetrieb auszuloten, wurden über Herstellerangaben hinausgehende Untersuchungen am ILK Dresden durchgeführt. Das 2jährige Forschungsvorhaben befaßte sich schwerpunktmäßig mit dem Voll- und Teillastbetrieb [1] sowie mit der Ermittlung realistischer Jahresarbeitszahlen.

Von Jahr zu Jahr steigt die Anzahl der in Deutschland installierten SANYO-VRF-Multisplitanlagen [2]. Bild 1 zeigt eine ausgeführte Anlage. Diese Teilklimasysteme (Sommer: Kühlen und Entfeuchten, Winter: Heizen) lassen sich hervorragend in die traditionelle Raumlufttechnik integrieren oder werden autark betrieben.

Wenn man den Forderungen der Wärmeschutzverordnung '95 und der angekündigten Energiesparverordnung 2000 gerecht werden will, ist die Einhaltung hygienischer Mindestanforderungen bei der Raumluftkonditionierung (Heizen, Kühlen, Feuchteregulierung, Außenluftanteil) nur mittels energiesparender Klimasysteme



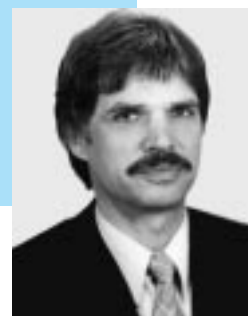
Bild 1 Ausgeführte SANYO-VRF-Multisplitanlage mit 5 Außeneinheiten (Heizleistung 162,5 kW, Kühlleistung 150,5 kW); BV Dow Jones Frankfurt/Main

## zu den Autoren

**Peter Iselt,**  
Geschäftsführer  
der Firma  
Alfred Kaut  
GmbH + Co.,  
Wuppertal



**Dr.-Ing.  
Ulrich Arndt**  
Niederlassungs-  
leiter Dresden  
der Firma  
Alfred Kaut  
GmbH + Co.



vernünftig. Diese Systeme sind daher notwendiger Bestandteil der Gebäudeausrüstung, auf den man heute und in Zukunft nicht mehr verzichten kann. Nur so kann der zunehmenden Bedeutung der Entfeuchtung, bedingt durch hohe Dichtigkeit der Räume, Rechnung getragen werden. Darüber hinaus werden durch die damit verbundene sogenannte „nasse Kühlung“ wasserlösliche Schadstoffe mit dem Tauwasser aus der Raumluft abgeführt.

### Zur VRF-Gerätetechnik

Die im ILK Dresden untersuchte SANYO-ECO-Multisplitanlage gehört zur Kategorie der VRF-Multisplitsysteme [2]. Das Grundprinzip der VRF-Technik beruht auf der lastabhängigen Variierbarkeit des Kältemittelstromes. Die Umsetzung dieses Verfahrens erfolgte durch das mikrocomputerunterstützte Zusammenspiel von geregelter Verdichtertechnik in der Außeneinheit und elektronischen Einspritzventilen in den Inneneinheiten. Damit wird gerade immer soviel verdichtetes Kältemittel bereitgestellt und den jeweiligen Inneneinheiten zugeordnet und eingespritzt, wie es die Einhaltung der mittels Einzelraumregelung eingestellten Soll-Temperaturen erfordert.

Die eingesetzte Außeneinheit SPW-C 903 GYH8 besitzt 2 Zwei-Zylinder-Rollkolbenverdichter gleicher Nennleistung, von denen einer leistungsgeregelt ist. Geregelt wird hierbei das Verdichterdrehmoment bei konstanter Drehzahl. Das Regelungsprinzip ist aus Bild 2 ersichtlich, Verdichteraufbau und Funktionsprinzip können Bild 3 entnommen werden.

Während sich die Bilder 2 und 3 bereits auf die 2. Verdichtergeneration mit 3-Ventil-Technik und das Kältemittel R 407C beziehen, wurde in der ILK-Forschungsanlage noch mit einem Verdichter der 1. Generation (1-Ventil-Technik, Kältemittel R 22) gearbeitet.

### Die Forschungsaufgabe

Da man aus punktuellen Leistungszahlen keine gesicherten Aussagen zur Jahresarbeitszahl, die ja ganz wesentlich durch das Teillastverhalten geprägt wird, ableiten kann, wurde seit 1997 im Rahmen des Forschungsvorhabens am Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden das Betriebsverhalten von SANYO-VRF-Multisplitsystemen untersucht. Schwerpunkt der umfangreichen Arbeiten waren zum einen die energetische Simulation einer SANYO-ECO-Multisplitanlage im Jahresbetrieb für unterschiedliche Gebäudetypen, zum anderen die Gewinnung experimenteller Daten an einer ausgeführten Anlage.

### Forschungsschwerpunkte und Lösungsweg

Die Lösung der Aufgabe erfordert eine integrierende Betrachtung von Gebäude und Anlage, da der sich einstellende (und letzt-

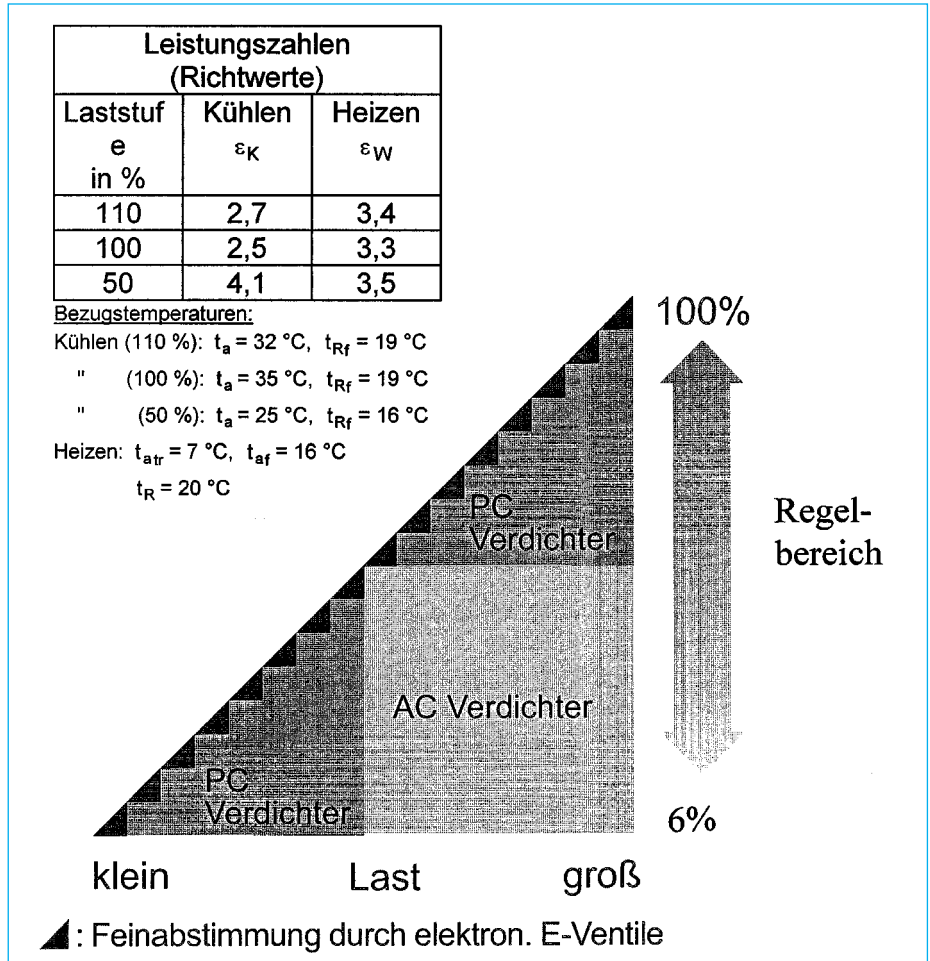


Bild 2 16stufige Leistungsregelung einer SANYO-VRF-Außeneinheit [2]

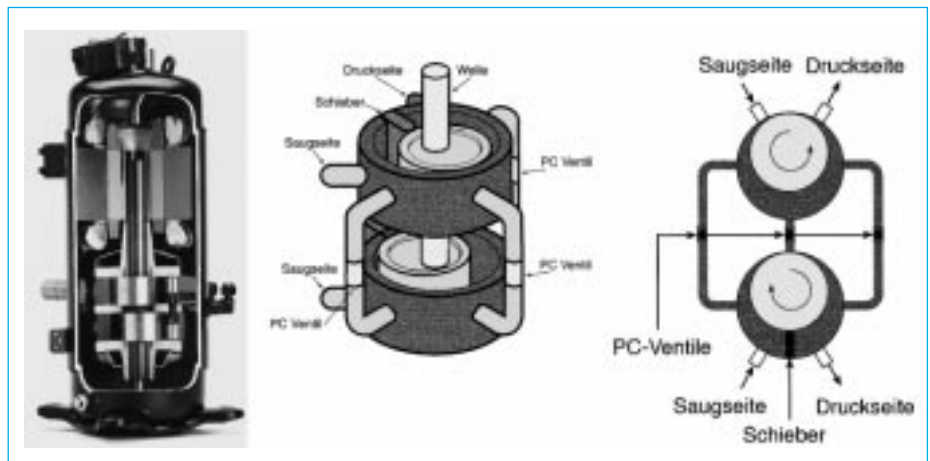


Bild 3 Aufbau und Funktionsprinzip des leistungsgeregelten Zwei-Zylinder-Rollkolbenverdichters von Kaut/Sanyo [2]

endlich als Zielgröße fungierende) Raumluftzustand von der Leistungserfüllung der Klimaanlage und dem thermischen Verhalten des Gebäudes abhängig ist. Das Gebäude unterliegt äußeren (klimabedingten) und inneren (nutzungsbedingten) Belastungen. Die Größe der daraus resultierenden Wärmelast (Kühl- oder Heizlast)

und deren zeitlicher Verlauf ist vom thermischen Verhalten (u. a. Speicherfähigkeit) des Gebäudes abhängig. Die resultierende Wärmelast ist von der Klimaanlage

ge abzuführen. Jede zeitbehaftete Änderung der Raumlufttemperatur bewirkt einen Sekundärspeichereffekt im Raum, d. h. die entstehende Temperaturdifferenz zwischen der Raumluft und den Oberflächentemperaturen der umhüllenden Baukonstruktion verursacht Wärmeströme, die entsprechend dem Vorzeichen der Temperaturdifferenz entweder vom Bauwerk aufgenommen oder abgegeben werden. Die energetische Bewertung gekoppelter Verfahren der Kälte- und Wärmebereitstellung erfordert deshalb eine Methode, die es ermöglicht, das zeitliche Auftreten des Bedarfes und der nutzbaren Energiepotentiale im Jahresverlauf zu betrachten.

Der physikalische Ansatz dieser Berechnung ist ein dynamisches Modell unter Verwendung von Responsefaktoren zur Berücksichtigung der thermischen Gebäudeeigenschaften insbesondere des thermischen Speichervermögens sowie der Ist-Raumlufttemperatur vorangegangener Stunden [3].

Eine Vorausberechnung des Wärmelastverlaufes kann aber nur dann zur Berechnung des Energiebedarfes für raumluft- oder heizungstechnische Anlagen herangezogen werden, wenn die Anlage die Wärmelast zu jedem Zeitpunkt weitgehend verzögerungsfrei abführt und das dazu erforderliche Energiepotential zur Verfügung steht. Der sich einstellende Raumlufttemperaturverlauf wäre dann dem Sollverlauf identisch. Das Ergebnis einer solchen Berechnung ist der reine Gebäudeenergiebedarf im Sinne der neuen VDI 2067 [3].

Sofern in die Simulation eine „reale“ Klimaanlage einbezogen wird, für die eine Sollwert eingehaltung nicht vorausgesetzt werden kann oder welche wechselnde bzw. unterbrochene Betriebsweisen zu realisieren hat, ist eine Raumlufttemperaturberechnung mit verfügbarer Wärmeleistung erforderlich. Ein Zeitschritt gliedert sich dann in mehrere Berechnungsschritte:

- Berechnung der zur Sollwert eingehaltung erforderlichen Wärmeleistung, wenn die Isttemperatur ohne Klimaanlage eine Konditionierung erfordert.
- Berechnung der verfügbaren Wärmeleistung. Diese Berechnung erfolgt im Anlagenmodul des Algorithmus und liefert die Leistung, die von der Klimaanlage zum gegebenen Zeitpunkt und unter gegebenen Bedingungen an das Gebäude übergeben werden kann bzw. übergeben wird (verfügbare Anlagenleistung).

- Berechnung der sich bei verfügbarer Anlagenleistung einstellenden Raumlufttemperatur.

Der Simulationsalgorithmus ist so konzipiert, daß basierend auf einer Einschwingberechnung (Grundbelastung, thermische Beharrung), einer Vorlaufrechnung über den Zeitraum von 31 Tagen (Einstellen wechselnder Belastungen, Startwerte für die Simulation), die dynamische Berechnung ab der ersten Stunde des Jahres unter Ansatz realistischer Wetterabläufe (Testreferenzjahr) im Stundenschritt für alle Stunden des Jahres erfolgt.

Grundsätzlich wird die ECO-Multisplitanlage durch ein Kennlinienmodell beschrieben. Ausgangsgrößen eines solchen Modells sind diejenigen thermodynamischen Größen, welche das Betriebsverhalten und den Energieverbrauch kennzeichnen sowie die Eingangsparameter der nachfolgenden Komponenten beschreiben. Den „Inhalt“ des Modells bilden die allgemein verfügbaren Leistungs-

und sonstigen vom Hersteller abrufbaren Daten. Die Bilanzgrenzen des Modells liegen somit am Ein- und Ausgang der modellierten Komponente. Die Anlagenkomponente (z. B. Kältekreislauf, Inneneinheit, Wärmeübertrager usw.) selbst wird dabei als eine Einheit (Black Box) betrachtet, die durch eine oder mehrere Gleichungen (Kennlinien) beschrieben wird. Eine weitere Unterteilung des Modells bzw. die ausschließliche Verwendung physikalischer Grundbeziehungen ist nicht erforderlich und würde zu sehr komplexen und schwer handhabbaren Algorithmen führen. Damit entfallen z. B. konstruktive Parameter wie Lamellendicke und -abstand usw.

Modelliert wurde eine SANYO-ECO-Multisplitanlage, bestehend aus einer Außeneinheit SPW-C 903 GYH8 mit einer entsprechenden Anzahl von Inneneinheiten. In Tabelle 1 sind die Leistungen der modellierten Außeneinheit für Nennbedingungen verzeichnet. An diese Außen-

ECO-Multi-Außeneinheit	Nennkälteleistung	Nennheizleistung
SPW-C 903 GYH8	28,0 kW	31,5 kW
	Nennkälteleistung $Q_0$ bezogen auf: Raumtemperatur $t_{Ri} = 27\text{ °C}$ und Außentemperatur $t_{Ra} = 35\text{ °C}$	Nennheizleistung $Q_f$ bezogen auf: Raumtemperatur $t_{Ri} = 21\text{ °C}$ Außentemperatur $t_{Ra} = 7\text{ °C}$ und $t_f = 6\text{ °C}$

Tabelle 1 Nennleistungen der modellierten Außeneinheit

$Q_{0,inner}/Q_{0,außen}$	$t_a$ °C	$t_{Ri} = 27\text{ °C}$																						
		$t_{Rf} = 16\text{ °C}$		$t_{Rf} = \dots$		$t_{Rf} = 19\text{ °C}$		$t_{Rf} = \dots$		$t_{Rf} = 22\text{ °C}$														
		$Q_0$	P	$Q_0$	P	$Q_0$	P	$Q_0$	P	$Q_0$	P													
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
100%	10.0	...	...	...	...	31.6	8.84	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	35.0	...	...	...	...	28.0	11.0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	40.0	...	...	...	...	26.2	11.53	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
87.5%	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Tabelle 2 Leistungsdaten einer VRF-Außeneinheit (Schema der Darstellung)



einheit können maximal 16 Inneneinheiten angeschlossen werden, wobei deren Leistungen in der Summe die Kälteleistung der Außeneinheit mit  $\geq 130\%$  belasten kann.

Für die von den Nennbedingungen abweichenden Betriebszustände werden die Leistungsdaten  $Q_0$  bzw.  $Q_1$  und elektrische Leistungsaufnahme  $P$  vom Hersteller in tabellarischer Form angegeben (s. Tab. 2). Für den momentanen Betriebszustand kann die Kälteleistung diesem Kennfeld entnommen werden. In Fettdruck markiert ist die Leistung unter Nennbedingungen; davon abweichende Betriebszustände können wie gekennzeichnet abgelesen werden. Diese werden durch Teillastverhältnis, Außenluft- und Raumluftzustand charakterisiert.

Aufgabe des Berechnungsmoduls Kältemaschine ist es, für Betriebszustände, die von den Nennbedingungen abweichen, die verfügbare Nutzleistung sowie die Leistungsaufnahme des Verdichters zu berechnen. Abweichungen vom Nennzustand (vergleiche Tabelle 2) sind:

- Belastung der Maschine mit einer Kälteleistung im Bereich von  $0\% < Q_{0,N}/Q_{0,ges} \leq 130\%$  ①
- von den Nennbedingungen abweichende Außenlufttemperatur ②
- von den Nennbedingungen abweichende Raumluftfeuchte ③
- von den Nennbedingungen abweichende Raumlufttemperatur ④

Die rechentechnische Umsetzung nutzt den aus dem Carnotschen Kreisprozeß abgeleiteten Zusammenhang zwischen Leistungszahl  $\epsilon$  und Temperaturhub  $\Delta T_H$ . Bild 4 stellt die Funktion für Wärmepumpenbetrieb dar.

Der Temperaturhub ist über Wärmestrombilanzen bzw. thermodynamische Ansätze gleichzeitig eine Funktion von Raumluft- und Außenlufttemperatur. Die Korrekturen für von Nennbedingungen abweichende Temperaturen (trocken, Korrekturen ④ und ②) sind über die Ab-

Bild 4 Leistungszahl  $\epsilon_{WP}$  der Wärmepumpe in Abhängigkeit des Temperaturhubes  $\Delta T_H$ . Regression nach Zahlenwerten aus [4]

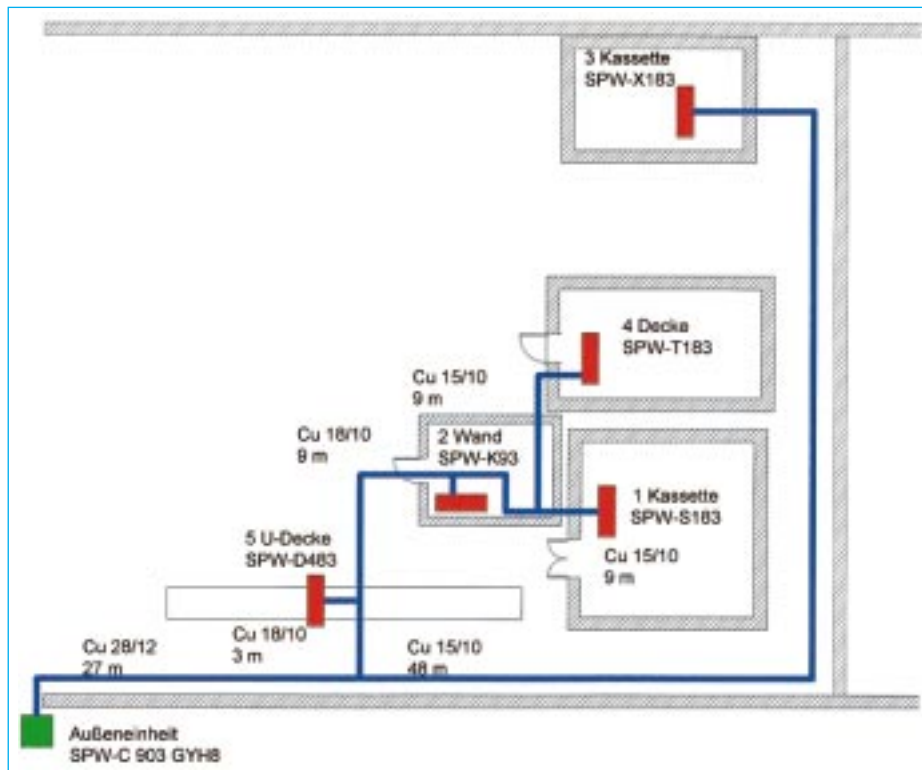
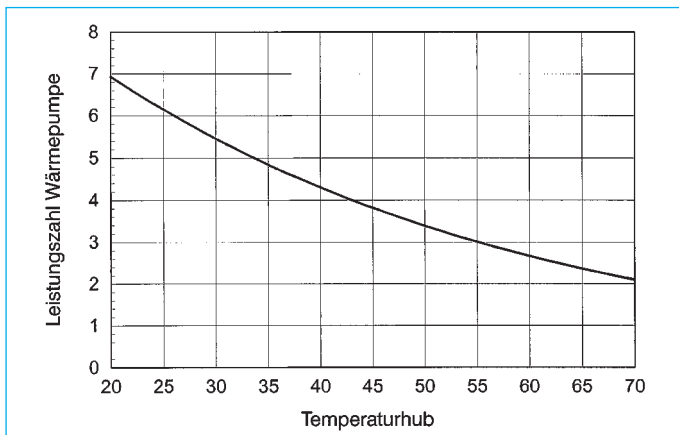


Bild 5 SANYO-ECO-Multisplitanlage im ILK, Strangschemata

hängigkeit der Leistungszahl vom Temperaturhub zugänglich. Eine Korrektur des Betriebszustandes hinsichtlich des Sollzustandes der Raumluftfeuchte ③ kann über die Verdampfungstemperatur  $t_0$  vorgenommen werden. Betriebszustände für das Teillast- bzw. Überlastgebiet ① können sehr leicht aus der Leistungskurve umgerechnet werden, in dem eine auf Nennleistung normierte Leistungszahl für die jeweilige Belastung ermittelt wird. Dies erfolgt durch einen Teillastfaktor, der neben dem Teillast- auch das Regelverhalten (Lastanpassung der Verdichter) berücksichtigt.

Eine, entsprechend des jeweiligen Betriebszustandes der Kälteanlage im Zusammenhang mit dem Raumluftzustand

stehende, mögliche Taupunktunterschreitung der Raumluft an der Verdampferoberfläche und damit aufzubringende Entfeuchtungsleistung wird in der Simulation berücksichtigt. Auf eine Bewertung der Feuchtespeicherung in der Baukonstruktion wurde zunächst in Hinblick auf die Überschaubarkeit des Modellsystems verzichtet.

Ergänzt wurden die für eine numerische Modellierung des Gesamtsystems von Gebäude und Klimaanlage notwendigen Daten und Informationen durch die an einer ausgeführten Anlage gewonnenen Erkenntnisse über das Betriebsverhalten in unterschiedlichen Lastfällen. Im ILK Dresden wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens ein VRF-ECO-Multisystem der Firma Kaut/Sanyo installiert, das aus einer Außeneinheit und 5 Inneneinheiten besteht.

Die an den Inneneinheiten zu übertragende Kälteleistung resultiert aus den Wärmequellen, der Entfeuchtungsleistung sowie den eingestellten Sollwerten und Ventilator Drehzahlen. In unmittelbarer Nähe der Außeneinheit wurden in den Kältemittelkreislauf Temperatur- und Druckmeßstellen und ein Massenstromzähler eingebaut. Aus den aufgenommenen Meß-

werten ließen sich die Enthalpiewerte und der aus dem Innenbereich abgeführte Wärmestrom berechnen. Die Kontrolle erfolgte stichprobenartig auch aus den luftseitigen Energiebilanzen der Inneneinheiten, die ebenfalls mit erforderlicher Meßtechnik versehen sind. Gemessen wurde außerdem die gesamte elektrische Leistungsaufnahme der Außeneinheit (Verdichter und Ventilator). Ziel war es, den Energieverbrauch der Außeneinheit bei verschiedenen inneren und äußeren Lasten zu bestimmen und Daten zur Verifizierung der Berechnungsmodelle zu gewinnen. Bild 5 zeigt das Schema der Versuchsanlage.

### Ergebnisse der Untersuchungen

Auf der Basis oben beschriebener Überlegungen zum thermischen Gebäude- und Anlagenverhalten und zur Modellierung raumluftechnischer Anlagen wurden eine Reihe von Simulationsrechnungen durchgeführt. Die an der ausgeführten Anlage gewonnenen Meßergebnisse und Erfahrungen unterstützten die Modellbildung. Über die Ergebnisse und Schlußfolgerungen der insgesamt sehr umfangreichen Arbeiten kann nachfolgend nur auszugsweise berichtet werden.

Die Ergebnisse einer Simulation gelten immer für das Zusammenspiel einer konkreten Anlage mit einem konkreten Bauwerk. Die Rechnungen zeigen, daß die thermischen Eigenschaften eines Bauwerkes – es wurde ein mehrstöckiges Mustergebäude in zwei Bauausführungen (s. Bild 6) verglichen – bei gleicher innerer und äußerer Belastung entscheidenden Einfluß auf das Leistungs- und Betriebsverhalten der VRF-ECO-Multisplitanlage ausüben.

Beide Bauvarianten unterscheiden sich in der Bauschwereklasse gemäß VDI 2078. Das Gebäude 1 mit Glasfassade ist wegen seiner geringen speicherfähigen Masse der Bauschwereklasse L (leicht) zuzuordnen und ist durch hohe innere Last mit großen Lastspitzen gekennzeichnet. Das Gebäude 2 mit massiver Fassade entspricht der Bauschwereklasse M (mittel). Der Lastverlauf dieser Bauvariante ist ausgeglichen und insgesamt von geringerem Niveau. Die Berechnungen basieren auf den Klimadaten des Testreferenzjahres TRY05 (Franken und nördliches Baden-Württemberg).

Wärmebedarf und Kühllast beider Gebäudevarianten sind natürlich sehr unterschiedlich. Damit die Ergebnisse der Berechnungen – zunächst für eine VRF-Außeneinheit der Baugröße SPW-C 903 GYH8 dargestellt – vergleichbar sind, wurde die der Maschine zugeordnete Grundfläche jeweils so gewählt, daß die Auslastung für den Kühlfall max. 140 % beträgt.

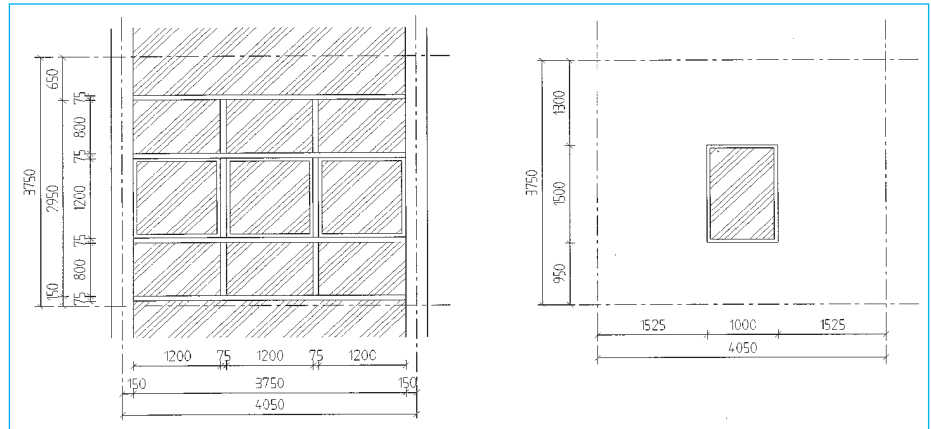


Bild 6 Zwei Varianten der Fassadengestaltung des Mustergebäudes links: Gebäude 1, Fassade mit Stütze/Riegelkonstruktion, voll verglast rechts: Gebäude 2, Fassade massiv, geringfügig verglast

Die Gebäude und deren Lastfälle können durch die Daten der Tabelle 3 gekennzeichnet werden. Für die innere Belastung wurde die für ein Bürogebäude übliche Situation (10 m<sup>2</sup>/Person, elektronische Geräte, Beleuchtung, Arbeitszeit 8 bis 18 Uhr) angenommen.

Eine wichtige Voraussetzung für die Auswertung, korrekte Bewertung und Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist die exakte Definition von Leistungszahl und Jahresarbeitszahl. Dementsprechend gilt für alle nachfolgenden Betrachtungen zur Gebäudesimulation:

- **Leistungszahl** ist der Quotient aus der an den Inneneinheiten abgegebenen

Heiz- oder Kühlleistung (kW) und der aufgenommenen elektrischen Leistung (kW) der Außeneinheit. Sie bezieht sich immer auf einen konkreten Zeitpunkt mit bestimmten Temperatur-Randbedingungen, ist also ein Momentanwert.

- **Jahresarbeitszahl** ist der Quotient aus der an den Inneneinheiten abgegebenen Wärmeenergie (kWh) und der zugeführten elektrischen Antriebsenergie eines Jahres (kWh) an der Außeneinheit. Sie entspricht der über das Jahr gemittelten Leistungszahl.

Beide Kenngrößen beinhalten ein fiktives Rohrnetz mit 5 m äquivalenter Leitungslänge, keine Höhendifferenz.

		Gebäude 1	Gebäude 2
Räume, Südfassade		2 Eck-, 4 Mittelräume	4 Eck-, 12 Mittelräume
Bauschwereklasse nach VDI 2078		leicht	mittel
Glasanteil Fassade		erheblich	gering
Lastverlauf		große Lastspitzen	ausgeglichener Verlauf
Beheizte/gekühlte Grundfläche	m <sup>2</sup>	219	495
Wärmebedarf stationär, t <sub>Soll</sub> = 22 °C, t <sub>a</sub> = -14 °C, Fensterlüftung	kW W/m <sup>2</sup>	- 16,5 - 75	- 33,9 - 69
Kühllast quasistationär, t <sub>Soll</sub> = 26 °C, t <sub>a</sub> = 32 °C, Fensterlüftung	kW	29,5	25,1
	W/m <sup>2</sup>	135	51

Tabelle 3 Charakteristische Daten beider Gebäudevarianten im Vergleich, Bilanzgebiet der Simulationsrechnungen

Die Berechnungsergebnisse der thermischen Jahressimulation gelten für die Bedingungen:

Betriebsart	jahreszeitliche Einschränkungen	Raumlufttemperatur	Sollwertehaltung
Heizung	Heizgrenztemperatur 15 °C, Heizen nur im Zeitraum 1. Oktober bis 30. April	22 °C	0 bis 24 Uhr
Kühlung	keine jahreszeitliche Einschränkung	26 °C	8 bis 18 Uhr

Die stündlichen Berechnungsergebnisse können in Leistungs- bzw. Belastungsstufen zusammengefaßt und dargestellt werden. Die Bilder 7 und 8 zeigen das reale Leistungsverhalten für das Gebäude 2 bei bestimmten Last- und Temperaturannahmen.

Die Jahresarbeitszahlen lagen bei unterschiedlichen Berechnungsvarianten im Kühl- und Heizbetrieb zwischen 3,2 und 3,5. Insbesondere im Heizbetrieb fallen das Maximum der Leistungszahl (4,2) mit dem Maximum der Betriebsstunden in die gleiche Leistungsstufe (Bild 7). Die max. Leistungszahl im Kühlbetrieb betrug 5,5 und wurde für Gebäude 1 registriert. Die größte Auslastung (Quotient aus momentan geforderter Leistung und Nennleistung) der Maschine beträgt im Heizbetrieb 110 % und im Kühlbetrieb ca. 140 %.

Die Berechnungsergebnisse zeigen, daß die thermischen Eigenschaften und die Nutzung des Gebäudes bei der Auslegung von VRF-Multisplitanlagen beachtet werden müssen, um einen energieeffizienten Betrieb zu erzielen.

Es ist aber auch abzuleiten, daß die Angabe einer konkreten Jahresarbeitszahl nur im Zusammenhang mit den dafür geltenden Bedingungen erfolgen darf. Neben den rein gerätetechnischen Angaben ist das Gebäude, dessen Nutzung und Standort zu charakterisieren. Ferner sind Aussagen zum Betriebsregime der Anlage einschließlich der Sollwerte erforderlich.

Die bisher dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf den Betrieb einer Eco-Multisplitanlage mit einer Außeneinheit. Weiterführende Simulationsrechnungen mit zwei Außeneinheiten ergaben für den Heizbetrieb nochmals eine Verbesserung der Jahresarbeitszahl auf 3,6. Es kann davon ausgegangen werden, daß diese Größenordnung das z. Zt. machbare Jahresarbeitszahl-Maximum für VRF-Multisplitssysteme darstellt.

### Zusammenfassung der Ergebnisse, Schlußfolgerungen und Ausblick

- SANYO-VRF-ECO-Multisplit-Teilklimasysteme sind für die Heizung und Kühlung größerer Gebäude hervorragend geeignet.
- Die Auslegung hat je nach Schwerpunkt der Anwendung entweder für Heizung oder für Kühlung zu erfolgen.

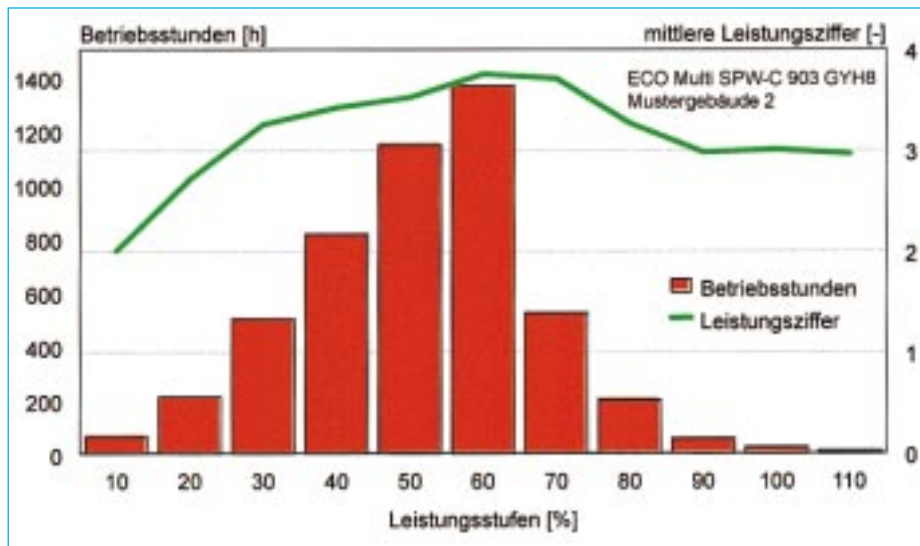


Bild 7 Heizbetrieb im Gebäude 2

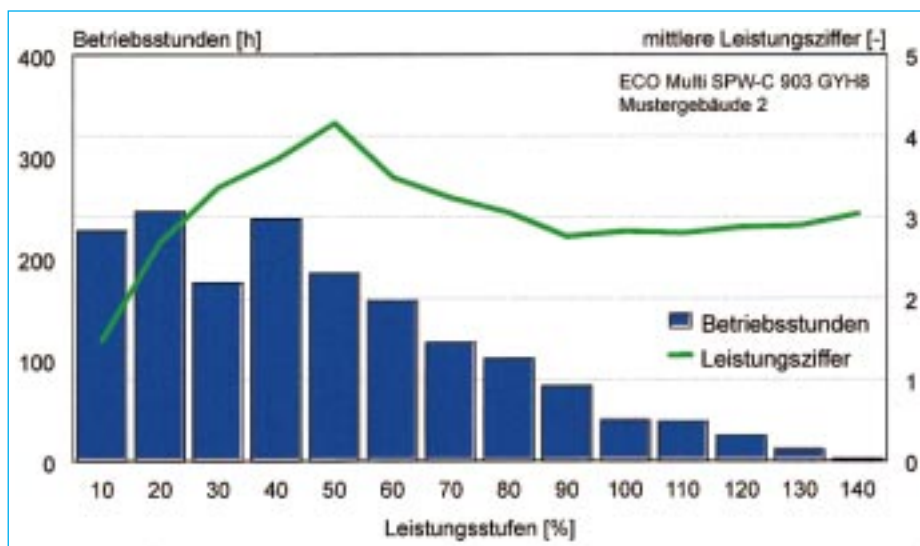


Bild 8 Kühlbetrieb im Gebäude 2

- Für den Heiz- und Kühlbetrieb sind Jahresarbeitszahlen im Bereich zwischen 3,2 bis 3,6 erreichbar.
- Für die energetische Bewertung einer Multisplit-Klimaanlage sollte nicht allein die Jahresarbeitszahl herangezogen werden; entscheidend ist für den konkreten Einsatzfall der Jahresenergiebedarf.
- Die Angabe einer konkreten Jahresarbeitszahl darf nur im Zusammenhang mit den dafür geltenden Bedingungen erfolgen. Dazu gehören Angaben, die das Gebäude, dessen Nutzung und Standort charakterisieren sowie Aussagen zum Betriebsregime der Klimaanlage einschließlich der einzuhaltenen Sollwerte.
- Die Jahresarbeitszahl als Vergleichskriterium unterschiedlicher Fabrikate beinhaltet nicht die Verluste durch ein spezifisches Rohrleitungsnetz.

- Zukünftige Simulationsrechnungen sollten mehrere VRF-Außeneinheiten bzw. Außeneinheiten mit größerer Leistung erfassen. □

#### Literatur

[1] Arndt, U.: ECO-Multisysteme. KK Die Kälte- und Klimatechnik, 51. Jahrgang 1998  
 [2] Iselt, P.; Arndt, U.: Die andere Klimatechnik. 1. Auflage. Heidelberg: C.F. Müller, Hüthig GmbH 1996  
 [3] VDI-Richtlinie 2067, Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen, Entwurf 1999  
 Blatt 10 E, Energiebedarf beheizter und klimatisierter Gebäude,  
 Blatt 11 E, Rechenverfahren zum Energiebedarf beheizter und klimatisierter Gebäude  
 [4] Heinrich, G. (Hrsg.), Franke, U. u. a.: Wärmerückgewinnung in lüftungstechnischen Anlagen. Heidelberg: C.F. Müller, 1993

\* VRF = Variable Refrigerant Flow = Variabler Kältemittelstrom