

# Entwicklungsfortschritte bei Scroll-Verdichtern für Kälteanwendungen\*

Norbert Kämmer und Timothy R. Willingham, Welkenraedt/Belgien

## Worum es in diesem Beitrag geht

Es wird die Entwicklung der Scroll-Verdichter im Kälteeinsatz seit der Markteinführung in den frühen 90er Jahren beschrieben. Scroll-Verdichter für Kälteanwendungen unterscheiden sich in einigen konstruktiven Merkmalen ebenso wie in ihren Leistungsdaten deutlich von Verdichtern für Klimaanwendungen. Diese Unterschiede werden beschrieben und erläutert. Seit ihrer Markteinführung wurde die Produktpalette an Kälte-Scrollverdichtern stetig ausgeweitet, und die Produkteigenschaften wurden verbessert, um die Verdichter anwenderfreundlicher zu gestalten. Die laufenden und zukünftigen Anstrengungen zur Produktentwicklung erstrecken sich auf eine Verringerung des konstruktiven Aufwandes ebenso wie auf eine Verbesserung der Leistungsdaten. Hierbei bieten sich für Scroll-Verdichter Möglichkeiten, die Hubkolben-Verdichtern nicht ohne weiteres zur Verfügung stehen.

Scrollverdichter für die Klimatechnik haben den Weg bereitet für die Einführung dieser Technologie in die Kälte- und Klimaindustrie. Während in den späten 80er Jahren die ersten kommerziellen Scrollverdichter in der Klimatechnik eingesetzt wurden und damit eine Revolution in der Klimatechnik begründeten, folgten Kältescrolls mit einigen Jahren Verzögerung. Seit den frühen 90er Jahren begannen Scrolls für Kältetechnik in die Domäne der Hubkolbenverdichter einzudringen und stellen zur Zeit bereits einen nennenswerten Anteil der Kompressoren für Normalkühlung dar.

\* Als Vortrag gehalten anlässlich der Deutschen Kälte-Klima-Tagung des DKV am 21. 11. 2002 in Magdeburg

Gründe für den Erfolg der Scrollverdichtertechnologie und damit auch für die Kältescrolls ist die Tatsache, daß das Produkt in großen Stückzahlen mit einem hohen Wirkungsgrad und zu niedrigen Kosten produziert werden kann. Da die Kältescrolls als Produktmodifikation der in großen Stückzahlen produzierten Klimascrollsverdichter betrachtet werden können, profitieren sie auf der Kostenseite von den günstigen Produktionsbedingungen der Klimamaschinen.

Die ersten Kältescrollverdichter waren reine Modifikationen der zum Zeitpunkt ihrer Markteinführung vorhandenen Klimamaschinen. In den zurückliegenden Jahren hat sich jedoch diese Produktlinie zu einer eigenständigen Produktplattform weiterentwickelt. Die zurückliegenden Jahre waren gekennzeichnet durch eine Verbreiterung der Produktpalette, die zum großen Teil bestimmt war durch die größere Vielfalt der zur Verfügung stehenden Basismodelle aus dem Klimabereich. Diese Entwicklungsphase ist nun zum größten Teil abgeschlossen, da zum jetzigen Zeitpunkt für nahezu alle zur Verfügung stehenden Klimamaschinen ein entsprechender Scrollkälteverdichter existiert. Im folgenden werden die Entwicklungsaktivitäten beschrieben, die darüber hinausgehen und bessere Produkteigenschaften sowie einfachere Anwendungsmöglichkeiten verfolgen.

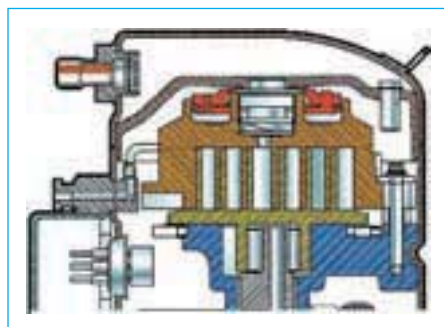


Bild 1 Verdichtungselemente eines Kälteverdichters

## zu den Autoren

Dipl.-Ing.  
Norbert Kämmer,  
Vice President  
Engineering,  
Copeland S. A.,  
Welkenraedt,  
Belgien



Timothy R.  
Willingham,  
Director Marketing Refrigeration,  
Copeland S. A.  
Welkenraedt,  
Belgien



## Scrollverdichter für Kälteanwendungen

Zunächst werden die spezifischen Konstruktionselemente eines Kältescrolls beschrieben. Bild 1 zeigt die wesentlichen Bauteile eines solchen Verdichters.

Das Gas wird nach dem Eintritt in den saugseitigen Bereich des Verdichters von den Spiralelementen angesaugt und verdichtet. Wie alle Scrollverdichter von Copeland sind die Spiralen schwimmend gelagert (compliant scrolls). Daher kann sich

die obere Spirale in begrenztem Maße axial bewegen, während die untere, orbitierende Spirale radial beweglich ist und sich über die Fliehkräfte an die Flanken der oberen Spirale anlehnt. Diese Art der Konstruktion ermöglicht eine hohe Toleranz gegenüber Flüssigkeitsschlägen und erlaubt es, daß sich die beiden Spiralelemente im Laufe ihrer Betriebszeit immer besser aneinander anpassen und damit im Betrieb Leckageverluste minimieren.

Hierbei ist jedoch ein gelegentlicher Flüssigkeitsschlag von einer permanent zu geringen saugseitigen Überhitzung zu unterscheiden, welche zu einer Verschlechterung der Schmiereigenschaften führt.

Weitere wesentliche Bauelemente sind das sogenannte „Floating Seal“, mit dessen Hilfe Hoch- und Niederdruckseite getrennt werden und das eine nahezu gleichmäßige Anpressung der beiden Spiralelemente im weiten Betriebsbereich gewährleistet. Eine Druckplatte (muffler plate) trennt den Niederdruckteil vom Hochdruckteil. Das Gas tritt durch den Druckgasanschluß aus, in dem sich ein Rückschlagventil befindet. Als weiteres Charakteristikum für Kältescrollverdichter ist ein integriertes Rückschlagventil zu sehen, was sich unmittelbar im Austrittsbereich der Spiralelemente befindet. Des Weiteren ist eine Leitung gezeigt, mit der Flüssigkeit oder Gas durch das nicht-orbitierende Spiralelement einströmen kann.

Als sogenannte „Lowside“-Maschine befindet sich der untere Teil des Verdichters mit dem Motor, Ölpumpf und der Lagerung auf Saugdruckniveau.

Bild 2 zeigt in übersichtlicher Form die Konstruktionsunterschiede zwischen einem Klima- und einem Kältescroll. So sind die Scrollspiralen in der Kälteaufführung an die höheren Druckverhältnisse angepaßt und besitzen ein höheres eingebautes Volumenverhältnis.

Ebenso ist auch die schwimmende Dichtung (floating seal) an die höheren Druckverhältnisse im Kältebereich angepaßt, so daß sich die spezifischen Belastungen innerhalb der Scrolls und im floating seal innerhalb der zulässigen Grenzen

befinden. Ein weiteres Charakteristikum der Kälteaufführung ist ein integriertes Druckventil welches zur Verringerung der Verdichtungsarbeit benutzt wird und in der Klimaaufführung nicht vorhanden ist. Auch die erforderlichen Leitungen für die Einspritzung von Flüssigkeit oder Dampf sind in der Klimaaufführung nicht vorhanden. Ebenso gehören Schauglas und Ölserviceventil in der Kälteaufführung zum Standard, während sie bei der Klimaaufführung üblicherweise nicht vorhanden sind.

Auf das integrierte Rückschlagventil soll etwas genauer eingegangen werden, da es neben der Flüssigkeitseinspritzung ein wesentliches Charakteristikum von Kältescrolls ist, siehe Bild 3.

Eine Ventilzunge befindet sich unmittelbar hinter dem axialen Austritt aus der Spirale. Durch einen eingeschraubten Ventilfänger wird diese Ventilzunge in Position gehalten und beim Öffnungsvorgang begrenzt. Die Zunge ist derart gestaltet, daß sie geringere Strömungsverluste aufweist, als üblicherweise bei Hubkolbenverdichtern anzutreffen sind. Mit Bild 4 und Bild 5 wird die Funktionsweise dieses integrierten Druckventils erläutert. In das Bild mit den Anwendungsgrenzen eines ZS-Verdichters, Bild 4, sind sowohl ein typischer Betriebspunkt (-30 °C/45 °C) als auch die Linie des eingebauten Druckverhältnisses der Spiralelemente eingezeichnet. Der dargestellte Betriebspunkt befindet sich links der Linie, in dem das einge-

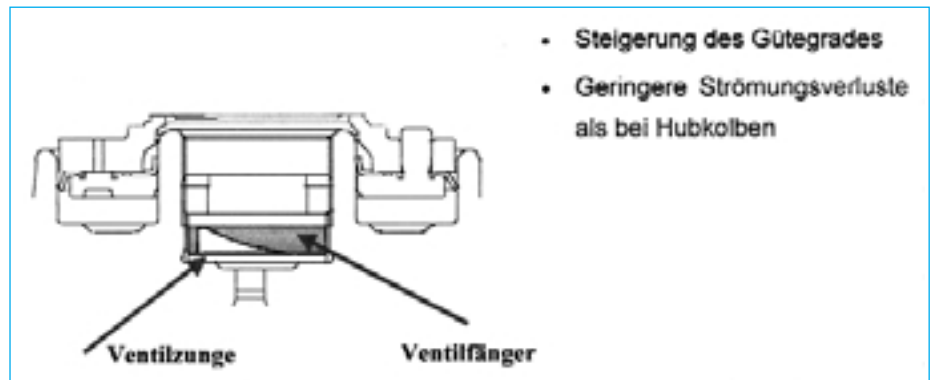


Bild 3 Integriertes Rückschlag-Ventil

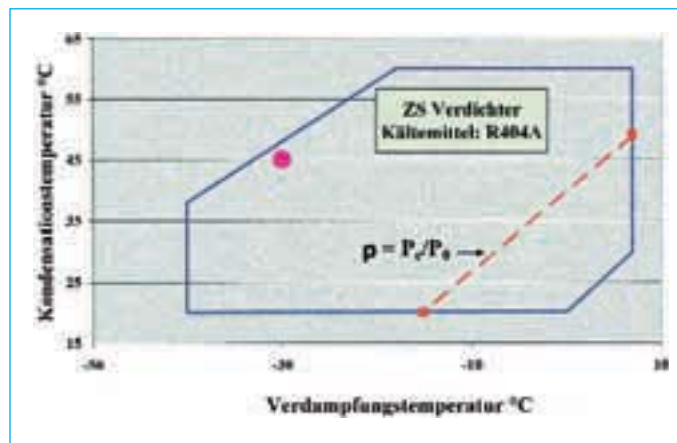


Bild 4 Anwendungsgrenzen eines ZS Verdichters

Konstruktionsmerkmal	Klima-Ausführung	Kälteaufführung
Scroll-Spiralen	Standard Form Standard Bearbeitung	Spez. Form für Höheres Volumenverhältnis
Floating Seal	Standard Form	Anpassung an Höhere Druckverhältnisse Breitere Sitzfläche
Integriertes Druckventil	nein	Zur Verringerung der Ver- dichtungsarbeit vorhanden
Einspritzung (Flüssigk. / Dampf)	nein	Bei ZF/ZF_KVE
Schauglas	nein (*)	Standard
Öl-Service Ventil	nein (*)	Standard

(\*) Bei Modellen ab ZR90 vorhanden

Bild 2 Konstruktionsunterschiede Klima- vs. Kältescroll

baute Druckverhältnis dem anliegenden Druckverhältnis entspricht und damit in einem Bereich der Überkompression. Für Maschinen mit festem eingebauten Druckverhältnis – streng genommen handelt es sich um ein festes Volumenverhältnis –, wie z. B. bei Scrollverdichtern oder Schraubenverdichtern, liegen nur wenige Betriebspunkte auf einer Linie, bei der die anliegenden Drücke diesem eingebauten Druckverhältnis entsprechen. In den meisten Betriebspunkten kommt es zu Überkompression oder Unterkompression.

Bild 5 stellt in prinzipieller Weise die Druckverläufe während des Kompressionsvorganges für den dargestellten Betriebspunkt dar. Die untere Linie zeigt einen isentropen Druckverlauf, bis der anliegende Kondensationsdruck erreicht wird, wie es im Idealfall für einen Kolbenverdichter der Fall wäre. Ebenfalls dargestellt ist der Druckverlauf, wie er sich idealerweise ergeben würde, wenn kein Ventil in die Spiralelemente integriert wäre, d. h. wie es bei einem Scrollverdichter für die Klimatechnik der Fall ist. In diesem Fall steigt der Druck im Kompressionsvolumen sprunghaft auf das Niveau des Kondensationsdruckes an, sobald das eingebaute Druckverhältnis erreicht ist und das Kompressionsvolumen (Scroll pocket) den Austrittsbereich der Spirale erreicht hat. Bekanntermaßen ist die Fläche unter dem dargestellten Druckverlauf ein Maß für die aufzuwendende Kompressionsarbeit. Es wird hier deutlich, daß sich aus der Unterkompression eine – gegenüber einem isentropen Druckverlauf – wesentlich vergrößerte Kompressionsarbeit ergibt. Mit Hilfe des integrierten Druckventils kann diese zusätzlich aufzuwendende Arbeit deutlich reduziert werden.

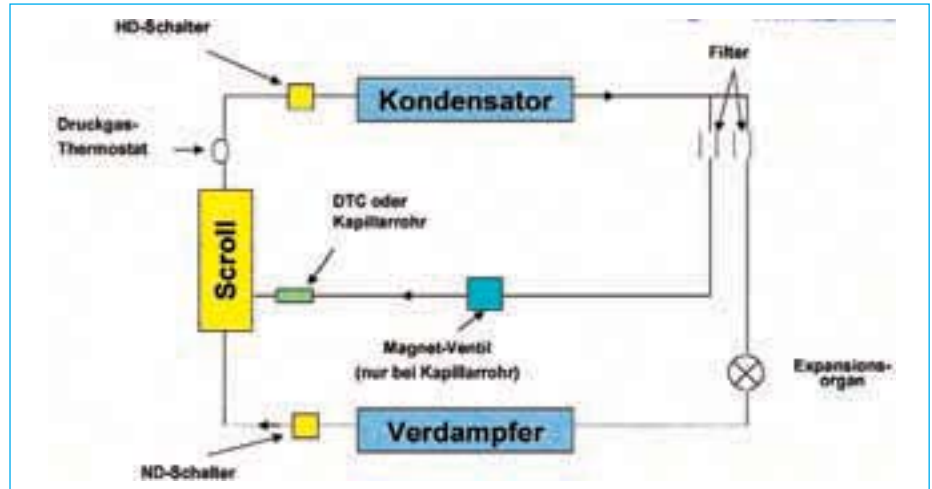


Bild 7 Systemschaltbild zur Flüssigkeitseinspritzung

Im dargestellten Druckverlauf mit einem Ventil steigt der Druck im Druckvolumen geringfügig an, sobald der Austrittsbereich der Spirale erreicht ist. Dies geschieht durch Mischung mit dem Volumen unterhalb der Ventilzunge, welches sich auf Kondensationsdruckniveau befindet. Der weitere Druckverlauf geschieht dann idealerweise ebenfalls isentrop, bis in diesem Volumen das Kondensations-

druckniveau erreicht ist, und dann das komprimierte Gas ausgeschoben wird.

Durch das integrierte Ventil läßt sich der Druckverlauf sehr stark an die isentrope Drucksteigerung heranführen und damit die aufzuwendende Kompressionsarbeit vermindern.

Selbstverständlich stellt Bild 5 nur idealisierte Zustände dar, aber sie erläutern die prinzipielle Funktionsweise des integrierten Druckventils. Der Einfluß des Druckventils hängt natürlich sehr stark vom Betriebspunkt ab und nimmt zu, je weiter man sich von der Linie ausgeglichenen Druckverhältnisses in Bild 4 entfernt.

Ein weiteres wesentliches Element ist die Flüssigkeitseinspritzung, die bei bestimmten hohen Druckverhältnissen erfolgen muß, um die Druckgastemperaturen zu begrenzen. Bild 6 verdeutlicht, wie die Einspritzlöcher für die Flüssigkeitseinspritzung in der Scroll-Geometrie angeordnet sind.

Die Einspritzung erfolgt während des Verdichtungsprozesses nach Abschluß des Ansaugvorganges und kühlt das Gas während des Verdichtungsprozesses und damit die Spiralelemente. Die inneren Bauelemente für diese Flüssigkeitseinspritzung wurden bereits in Bild 1 gezeigt, die dazugehörigen Bauelemente und Schaltung des Kältekreislaufes sind in Bild 7 dargestellt. So muß die Flüssigkeit über eine zusätzliche Leitung von dem Kondensatoraustritt zum Scroll geführt werden und über ein Kapillarrohr (oder ein sog. DTC-Ventil) auf einen entsprechenden Volumenstrom eingestellt werden. Über diese Anordnung wird kontinuierlich Flüssigkeit in den Verdichter eingespritzt. Das gezeigte Magnetventil dient zunächst nur

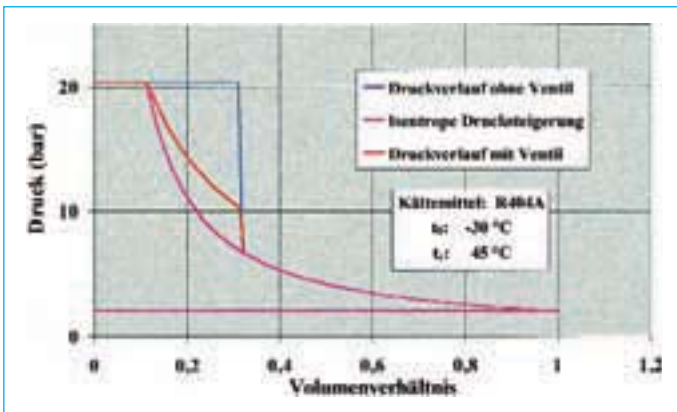


Bild 5 PV-Diagramm eines Kältescroll

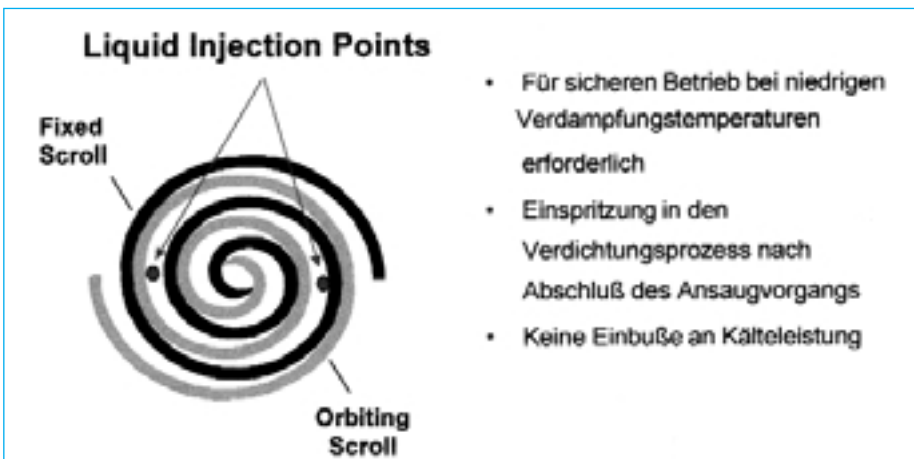


Bild 6 Scroll mit Flüssigkeitseinspritzung



dazu, in der Kapillarrohranwendung ein Überfüllen des Verdichters im Stillstand zu vermeiden. Solange keine Information über die Druckgastemperaturen vorhanden war, konnte dieses Magnetventil nicht zu einer kontrollierten Einspritzung verwendet werden. Die in Bild 7 gezeigte Anordnung mit Kapillarrohr war typisch für die erste Generation der Kältescrolls für die Tieftemperaturanwendung.

### Entwicklungsschritte bei Kälte-Scrolls

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die verschiedenen z. Zt. erhältlichen bzw. in der Entwicklung befindlichen Ausführungen von Kältescrollverdichtern. Diese unterscheiden sich durch verschiedene Konstruktionsmerkmale und natürlich auch durch unterschiedliche Leistungsdaten und Anwendungsbereiche. Zu den zuerst erhältlichen Ausführungen mit der Modellbezeichnung ZS und ZF kamen im Laufe der Zeit die Modelle mit den Bezeichnungen ZB und demnächst auch ZF-KVE hinzu. Im Vergleich zum ZS-Scroll erlaubt das ZF-Modell bei niedrigen Verdampfungstemperaturen höhere Kondensationstemperaturen, und für diesen erwei-

terten Anwendungsbereich ist eine Flüssigkeitseinspritzung zur Kühlung erforderlich. Obwohl auch diesem Modell ZF eine Dampfeinspritzung möglich war, hat sie sich nicht als wirkungsvoll erwiesen, da die Querschnitte nicht für die größeren Dampfvolamina dimensioniert waren. Die ZB-Baureihe zielt im Gegensatz zum ZF/ZS auf Anwendungen mit höheren Verdampfungstemperaturen (wie sie beispielsweise bei der typischen Normalkühlanwendung R 404A/507 -10 °C/45 °C auftreten) und niedrigeren Kondensationstemperaturen. Entsprechend ändert sich in diesem Fall die Scrollform und das integrierte Druckventil entfällt, andererseits kommt hierbei eine Konstruktion mit geringerem Volumenverhältnis zum Einsatz. Die ZF\_KVE-Baureihe befindet sich noch in der Entwicklung und es sind erst einige Modelle erhältlich. Diese Baureihe wird für Dampfeinspritzung optimiert und im nachfolgenden Kapitel beschrieben.

Ein erster Schritt zur anwenderfreundlicheren Gestaltung der ZF-Baureihe war der Ersatz des Kapillarrohres durch ein DTC-Ventil. Ein in den Druckraum integrierter Temperaturfühler steuert die Flüssigkeitseinspritzung des Ventils und sorgt dafür, daß nur dann Flüssigkeit eingespritzt wird, wenn die Druckgastempera-

tur sich einem kritischen Wert nähert. In der DTC-Anordnung entfällt auch das Magnetventil in der Flüssigkeitsleitung sowie die Erfordernis eines Stromsensors, über den das Magnetventil angesteuert wurde. Mit dem DTC-Ventil wird daher eine anwenderfreundlichere Schaltung ermöglicht, wie aus Bild 8 hervorgeht.

Bild 9 zeigt einen Verdichter mit angebautem Ventil und dem integrierten Temperaturfühler. Dieser Temperaturfühler ist jedoch hermetisch vom Verdichterringen getrennt und so im Servicefall problemlos auszutauschen.



Bild 9 Verdichter mit DTC-Ventil

Modell-Bezeichnung	Konstruktions-Merkmal						
	Integriertes Rückschlagventil	Spezielle Kälte-Scrollform	Flüssigkeits-Einspritzung	Dampf-Einspritzung	Optimierte Dampf-Einspritzung	Vergrößerter Scroll Austritt	Öl-Pumpe
ZS_K4	✓	✓					
ZF_K4	✓	✓	✓	✓			
ZB_KC						✓	
ZF_KVE	✓	✓			✓		
ZFH_K4	✓	✓					✓
ZSH_K4	✓	✓	✓				✓

Tabelle 1 Modellübersicht Kältescroll-Verdichter

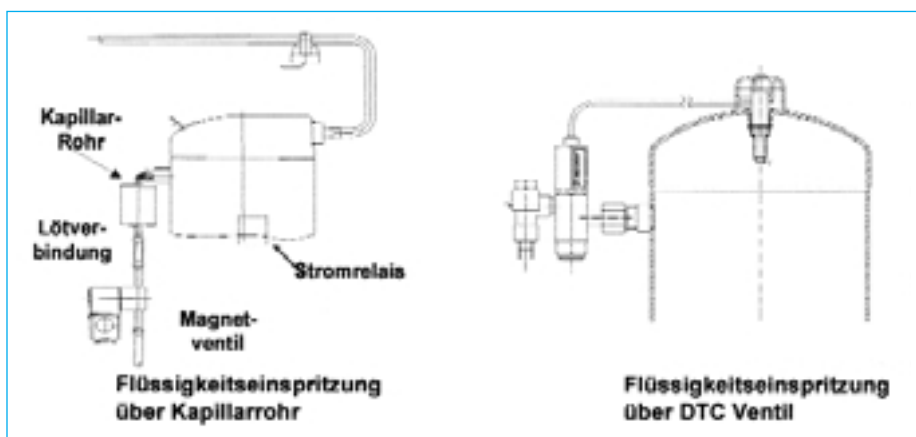


Bild 8 Flüssigkeitseinspritzung mit Kapillarrohr oder DTC-Ventil

Aus Gründen der Einbauhöhe kam für Kältescrollverdichter sehr früh der Wunsch nach niedrigeren Baumaßen zum Tragen. Auf der Basis der 2 bis 6 PS-Maschinen in Vertikalausführung wurde eine horizontale Bauweise entwickelt, deren Höhe auf ein Maß von 260 mm begrenzt ist, siehe Bild 10.



Bild 10 Horizontaler Kältescroll-Verdichter

Aus Rationalisierungsgründen wird für alle verfügbaren Modelle eine einheitliche Gehäuseausführung gewählt. Für die Ölversorgung ist eine Ölpumpe in Verdrängerbauweise im Verdichter enthalten. Die kältetechnischen Daten dieser horizontalen Ausführung entsprechen den Werten der standardmäßigen Vertikalaufstellung. Da sich neben Anwendungen im Kältebereich auch Anwendungen im Klimabereich für diese Ausführung eröffnen, wird der horizontale Scroll auch für R 407C eingesetzt.

**Aktuelle Weiterentwicklungen**

Zu den aktuellen Weiterentwicklungen gehört die Entwicklung der ZB- und der ZF-KVE-Baureihe, deren Merkmale bereits in Tabelle 1 charakterisiert worden sind.

Der ZB-Verdichter wurde aus der ZS-Baureihe entwickelt und für höhere Verdampfungs- und niedrigere Kondensations-temperaturbereiche angepasst. Bild 11 zeigt einen Vergleich der beiden Anwendungsgrenzen sowie die Linien der Betriebspunkte, bei denen das anliegende Druckverhältnis den eingebauten Druckverhältnissen entspricht.

Sowohl untere als auch obere Verdampfungs-Temperaturgrenzen sind zu höheren Werten hin verschoben, und die Veränderung des eingebauten Druckverhältnisses wird erkennbar. Das Ergebnis dieser konstruktiven Maßnahmen ist in Bild 12 zu sehen, in dem der Gütegrad beider Ausführungen miteinander verglichen wird. Im Bereich der hohen Druckverhältnisse weist die ZB-Baureihe geringfügig schlechtere Gütegrade auf, da sich hier der Fortfall des integrierten Druckventiles negativ bemerkbar macht. In einem Feld mittlerer Druckverhältnisse ergibt sich eine Verbesserung des Gütegrades im Bereich 0 bis 10 % und in einem Bereich niedrigerer Druckverhältnisse eine sehr deutliche Steigerung des Gütegrades. Die Steigerung des Gütegrades ergibt sich aus dem

Fortfall der mit dem integrierten Druckventil verbundenen Strömungsverluste, die natürlich zu größeren Massenströmen und damit höheren Verdampfungstemperaturen hin deutlich ansteigen. Ein weiterer Faktor zur Steigerung des Gütegrades bei niedrigeren Druckverhältnissen liegt darin, daß durch die Verschiebung der Linie angepaßten Druckverhältnisses nach rechts das Gebiet mit Überkompression im Anwendungsbereich verringert wird. Entsprechend verringern sich auch

die durch Überkompression bedingten Verluste. Gerade für Einsätze in gemäßigttem Klima mit relativ niedrigen Kondensationsbedingungen führt der Einsatz eines ZB-Verdichters zu günstigeren Betriebskosten als der Gebrauch eines Verdichters der ZS-Baureihe. Vielfach ist die Beschneidung des Anwendungsbereiches zu niedrigeren Temperaturen und die geringeren Gütegrade bei höheren Kondensationstemperaturen nicht ausschlaggebend.

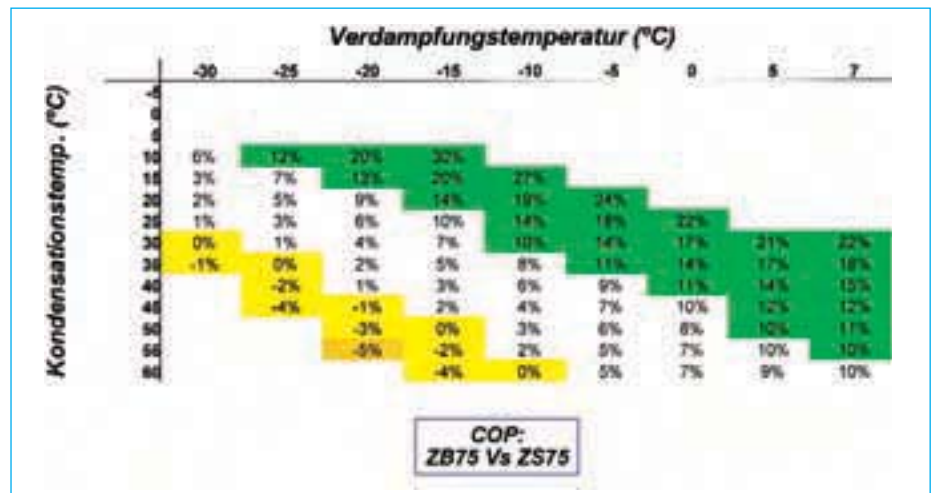


Bild 12 Gütegradvergleich ZB vs. ZS

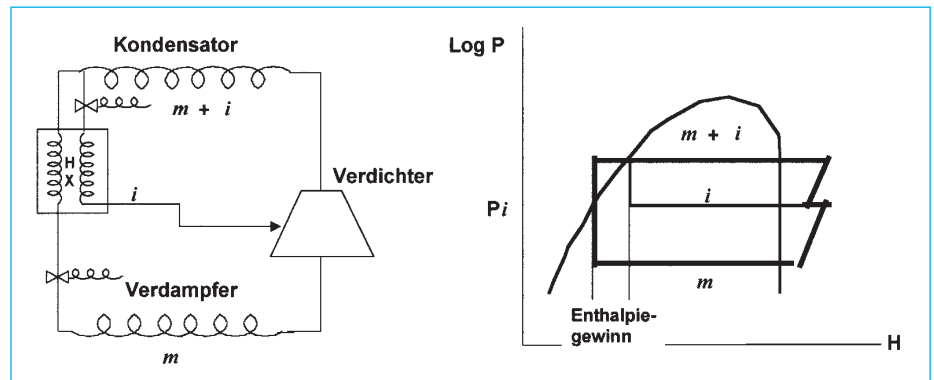
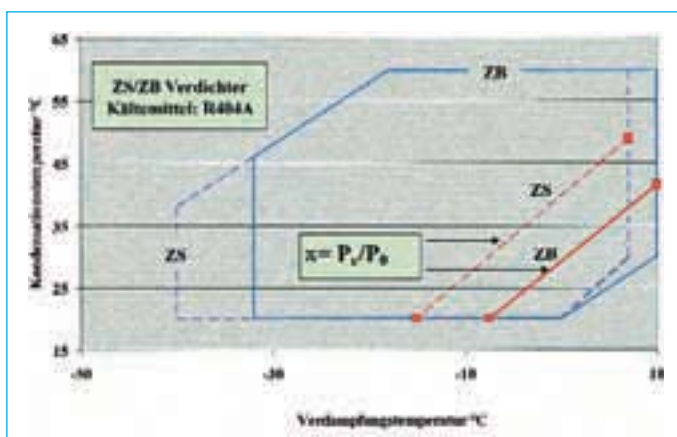


Bild 13 Anlagendiagramm für Dampfeinspritzung

Bild 11 Anwendungsbereich ZB vs. ZS



Eine aktuelle und sehr interessante Weiterentwicklung stellt die Baureihe ZF\_KVE dar, die für Dampfeinspritzung optimiert wird. Das dazugehörige Anlagendiagramm ist in Bild 13 gezeigt und entspricht der bekannten Economizerschaltung. Im Gegensatz zur Flüssigkeitseinspritzung wird nun der abgezweigte Kältemittelstrom zunächst entspannt, durch einen Verdampfer geleitet und dann als Dampf in den Kompressor geführt. Die damit erreichte Unterkühlung führt zur größeren Verdampfungsenthalpie im Verdampfer.

Der Volumenstrom auf der Saugseite bleibt erhalten und es erhöht sich der Massenstrom durch den Kondensator um die Menge des Einspritzdampfes. Um diese Anlage zu realisieren sind einige Veränderungen am Verdichter gegenüber der reinen Flüssigkeitseinspritzung vorzunehmen. Diese erstrecken sich hauptsächlich darauf, die größeren Volumenströme der Zwischeneinspritzung in den Verdichter und an die entsprechende Stelle in den Spiralen hinzuführen. Eine Darstellung dieser Dampfleitung ist im Bild 14 zu sehen.



Bild 14 Scroll Modifikation für Dampfeinspritzung

Diese Leitung führt von dem Gehäuseanschluß um den Scroll herum zu einer Position, von der aus die beiden Einspritzlöcher im Innenbereich der Spiralen erreicht werden können.

Wegen der symmetrischen Natur der Spiralen sind jeweils zwei Volumina gleichzeitig mit Dampf zu befüllen. Die wesentliche konstruktive Schwierigkeit ergibt sich aus den beengten Raumverhältnissen.

Ein Leistungsvergleich der Ausführung mit und ohne Dampfeinspritzung ist in Bild 15 dargestellt.

Es werden vier Betriebspunkte verglichen bezüglich ihrer Kälteleistung, Leistungsaufnahme und des Verdichtergütesgrades.

Es ergibt sich eine Steigerung der Kälteleistung von bis zu 50 % für den Betriebspunkt mit dem höchsten Druckverhältnis und auch bei hoher Verdampfung von 0 °C erreicht man noch eine Steigerung der Kälteleistung um 30 %. Mit der gesteigerten Kälteleistung einher geht ein höherer Leistungsbedarf des Verdichters, da ja das zusätzlich eingespritzte Gasvolumen auch zu verdichten ist. Diese erhöhte Leistungsaufnahme ist nicht unerheblich und beträgt bis zu über 20 %. Selbstverständlich muß der Motor in der Lage sein, diese zusätzliche Leistung zu liefern. Dieses ist auch bei der ZF-KVE-Baureihe gewährleistet, da die starken Motoren der Klimamodelle zum Einsatz kommen. Die Verdichter sind also den erhöhten Leistungsanforderungen bei Dampfeinspritzung gewachsen.

Eine Steigerung des Gütegrades macht sich besonders bei niedrigen Verdampfungstemperaturen bemerkbar. Verglichen mit dem Betrieb ohne Einspritzung führt die Verwendung der Dampfeinspritzung zu einer Steigerung um bis zu 30 % im Gütegrad. Insgesamt zeigt sich eine deutliche Steigerung der Kälteleistung im gesamten Anwendungsbereich, die bei niedrigeren Verdampfungstemperaturen mit einer entsprechend hoher Steigerung des Gütegrades einhergeht.

Die ZF\_KVE-Baureihe verfügt über einen Anwendungsbereich, der mit der ZF-

Baureihe identisch ist und bedarf auch bei hohen Druckverhältnissen keiner zusätzlichen Kühlung durch Flüssigkeitseinspritzung. Die Zufuhr des Kältemitteldampfes bewirkt eine ausreichende Kühlung, um auf eine Flüssigkeitskühlung verzichten zu können.

### Zusammenfassung

Seit Einführung der Scrollverdichtertechnologie in den Kältemarkt Anfang der 90er Jahre hat es eine kontinuierliche Weiterentwicklung gegeben. Anfangs bestand das Bestreben darin, die angebotene Produktpalette zu erweitern und zu den jeweils vorhandenen Klimamodellen entsprechende Kälteverdichter zu entwickeln. Um der Nachfrage nach niedriger Bauhöhe zu entsprechen, wurden einige Modelle ebenfalls als Horizontalausführung entwickelt, wobei die kältetechnischen Daten der Vertikalausführung beibehalten werden konnten.

Mit der Einführung des DTC-Ventils konnte der bauliche Aufwand für die Flüssigkeitseinspritzung zur Kühlung der Tieftemperaturmodelle vermindert werden und gleichzeitig wurde der Betrieb mit Flüssigkeitseinspritzung auf solche Punkte beschränkt, bei denen diese Kühlung tatsächlich auch erforderlich war. Eine neuere Baureihe an Kälteverdichtern wurde an die Erfordernisse des Betriebes bei höheren Verdampfungs- und niedrigeren Kondensationstemperaturen derart angepasst, so daß sich bei leichter Begrenzung des Anwendungsbereiches in weiten Teilen des Betriebes verbesserte Gütegrade realisieren lassen.

Eine neueste Entwicklung nutzt die Fähigkeit des Zuganges zum Verdichtungsprozeß für eine Steigerung der Kälteleistung und des Gütegrades in eine Art Economizer-Schaltung. Dies führt zu einer erhöhten Kälteleistung und erlaubt im tiefen Verdampfungstemperaturbereich Steigerungen des Gütegrades um bis zu 50 %.

Die dargestellten Entwicklungen belegen die Tatsache, daß Scrollverdichter ein noch relativ junges Produkt sind, die in einem kontinuierlichen Entwicklungsprozeß immer besser an die Anwenderbedürfnisse angepaßt werden. □

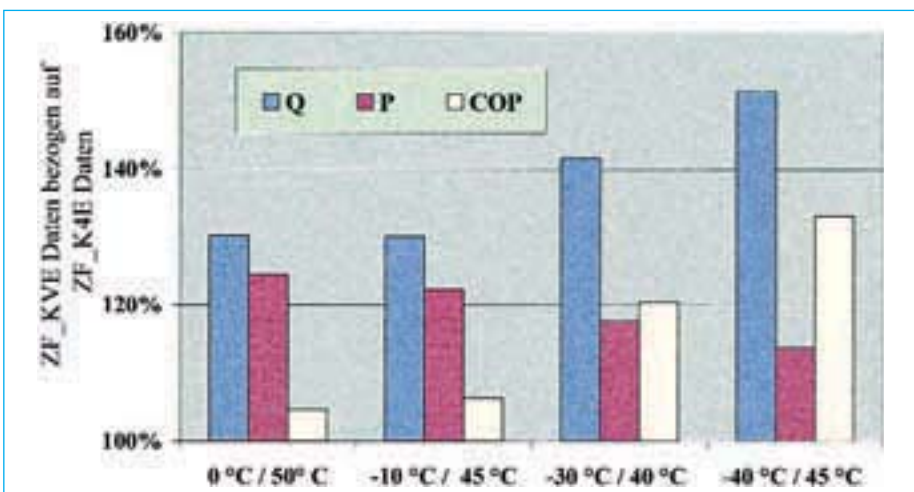


Bild 15 Leistungsvergleich mit/ohne Dampfeinspritzung