

HANDBUCH  
**AUSDEHNUNGSVENTILE FÜR KÜHLANLAGEN**

---



# INHALTSVERZEICHNIS

Thermostatische ausdehnungsventile der serie 22	07
Ausdehnungsventile mit solenoid pwm	17

---

## AUS DER QUALITÄT, DIE NATÜRLICHE WEITERENTWICKLUNG

Nach dem Erreichen des Ziels einer fünfzigjährigen Tätigkeit im Bereich der Bauteile für die Kühlung und Klimatisierung der Luft, hat sich die Firma CASTEL in der ganzen Welt als ein Herstellung von Qualitätsbauteilen durchgesetzt. Diese Qualität ist das Ergebnis einer Unternehmensphilosophie, prägt alle Phasen des Produktionszyklus und wird sowohl durch die Zertifizierung des betrieblichen Qualitätsmanagementsystems, das von ICM entsprechend der Norm UNI EN ISO 9001:2008 bescheinigt wurde, als auch durch die zahlreichen Produktzertifikate entsprechend der Europäischen Richtlinien sowie europäischen und außereuropäischen Qualitätsmarken belegt. Die Qualität des Produktes geht einher mit der Qualität der Arbeit, die unter Einsatz von Maschinen und Anlagen von hohem technologischen Gehalt ausgeführt wird, die die von der gültigen Gesetzgebung geforderten Standards hinsichtlich Sicherheit und Umweltschutz erfüllen. CASTEL bietet den Unternehmen der Bereiche Luftkühlung und -klimatisierung sowie der Verarbeitungsindustrie geprüfte Produkte zum Einsatz mit den Kältemitteln HCFC und HFC an, die derzeit auf dem Kühlungsmarkt verwendet werden.





## Abdichtung nach aussen

Alle in diesem Handbuch aufgeführten Produkte werden einzeln nicht nur gezielten Funktionstests sondern auch Dichtheitstests unter Druck unterzogen. Der zulässige und bei den Tests messbare Verlust nach außen entspricht den Vorgaben im Abschnitt 9.4 der Norm EN 12284:2003:

*“Während des Tests dürfen sich über einen Zeitraum von mindestens einer Minute keine Blasen bilden, wenn das Testobjekt in Wasser mit einer niedrigen Oberflächenspannung eingetaucht wird ...”*

## Druckfestigkeit

Alle in diesem Handbuch aufgeführten Produkte garantieren, wenn sie einem hydrostatischen Test unterzogen werden, eine Druckfestigkeit von mindestens 1,43 x PS gemäß den Vorgaben in der Richtlinie 97/23/EG.

Alle in diesem Handbuch aufgeführten Produkte garantieren, wenn sie einem Bersttest unterzogen werden, eine Druckfestigkeit von mindestens 3 x PS gemäß den Vorgaben in der Norm EN 378-2:2008.

## Gewichte

Die in diesem Handbuch angegebenen Gewichte der Produkte verstehen sich einschließlich Verpackung und sind für das Unternehmen unverbindlich.

## Garantie

Für alle Produkte von Castel wird eine Garantie über einen Zeitraum von 12 Monaten gewährt. Die Garantie betrifft alle jene Produkte oder Teile dieser, die sich innerhalb des Garantiezeitraums als defekt herausstellen. Der Kunde muss in diesem Fall auf seine Kosten, die Materialien zusammen mit einer detaillierten Beschreibung der festgestellten Defekte zurücksenden. Die Garantie wird nicht zuerkannt, wenn die Defekte der Produkte von Castel auf Fehlern des Kunden oder Dritter beruhen, wie: falsche Installation, Gebrauch entgegen den von der Firma Castel erteilten Anweisungen, Veränderungen.

Bei eventuellen Defekten oder Mängeln an ihren Produkten verpflichtet sich die Firma Castel zum reinen und einfachen Ersatz dieser, ohne keinesfalls Rechte auf Schadensersatz jeglicher Art anzuerkennen.

Die in diesem Katalog aufgeführten technischen Eigenschaften sind ungefähre Angaben. Die Firma Castel behält sich vor, an ihren Produkten Änderungen jederzeit und ohne vorherige Ankündigung vorzunehmen.

Die in diesem Handbuch aufgeführten Produkte sind gesetzlich geschützt.



# THERMOSTATISCHE AUSDEHNUNGSVENTILE DER SERIE 22



## ANWENDUNG

Die thermostatischen Ausdehnungsventile Castel der Serie 22 regeln den Fluss der Kühlflüssigkeit im Inneren der Verdampfer. Die Einspritzung der Flüssigkeit wird durch die Überhitzung des Kühlmittels gesteuert.

Die neue Serie "22" der Firma Castel wurde entworfen, um mit der wechselbaren Öffnung zu arbeiten, die Flexibilität bei der Auswahl der Leistungen ermöglicht und in einem breiten Anwendungsbereich eingesetzt werden kann, wie nachfolgend aufgeführt wird:

- Kühlsysteme (Aussteller für Supermärkte, Kühltische, Speiseeismaschinen und Eisbereiter, Kühltransporte, usw.);
- Klimaanlage;
- Systeme mit Wärmepumpe;
- Chiller
- Chiller, die die folgenden Kühlflüssigkeiten verwenden: R22, R134a, R404A, R407C;

R507 der Gruppe II (gemäß Definition in Artikel 9, Punkt 2.2 der Richtlinie 97/23/EG, in Bezug auf die Richtlinie 67/548/EWG).

## FUNKTIONSWEISE

Die thermostatischen Ausdehnungsventile von Castel wirken als Ausgleichsvorrichtung zwischen der Hoch- und Niederdruckseite einer Kühlanlage und garantieren, dass die Kühlmittelmenge, die in den Verdampfer fließt, gleich

der Kühlmittelmenge ist, die im Verdampfer verdampft wird. Ist die effektive Überhitzung größer als die eingerichtete, speist das Ventil den Verdampfer mit einer größeren Menge Kühlflüssigkeit. Ist die effektive Überhitzung dagegen geringer als die eingerichtete, verringert das Ventil die in den Verdampfer fließende Kühlmittelmenge. Auf diese Weise wird die maximale Leistung des Verdampfers erzielt und entfällt die Gefahr, dass das Kühlmittel in flüssigem Zustand den Verdichter erreichen kann.

## AUFBAU

Das thermostatische Ausdehnungsventil von Castel der Serie 22 besteht aus zwei Teilen, die zusammen arbeiten. Der erste ist der Korpus, der als Antrieb des Regelsystems wirkt, der zweite ist die Öffnung, die den eigentlichen Regler enthält und die Ausdehnung der Kühlflüssigkeit bewirkt.

**Baugruppe des Korpus:** besteht aus zwei Unterbaugruppen: das Thermostatelement und der Korpus mit allen seinen inneren Bauteilen.

Das thermostatische Element ist der Motor des Ventils. Ein sensibler Bulb ist mit der Membranbaugruppe über eine kapillare Leitung in einer Länge von 1,5 m verbunden, die den innerhalb des Bulbs bestehenden Druck auf die obere Kammer der Membranbaugruppe überträgt. Der Druck im Inneren des Bulbs steht in direktem Verhältnis zur Temperatur der Thermostatfüllung, d.h. dem im Bulb befindlichen Stoff.

Der Korpus wird aus heiß geschmiedetem Messing mit Anschlüssen in rechtem Winkel hergestellt. Die Baugruppe der wechselbaren Öffnung kann über den Eingangsanschluss ausgetauscht werden. Eine Stahlwelle, die im Inneren des Korpus verläuft, überträgt die Bewegung von der Membran auf den Verschluss im Inneren der Öffnung. Beim Ansteigen des Drucks der Thermostatfüllung verformt sich die Membran, überträgt diese Verschiebung auf den Verschluss, der sich von seiner Position entfernt und das Durchfließen der Flüssigkeit ermöglicht.

Eine Kontrastfeder wirkt unter der Membran und ihre Spannung kann mit einer seitlichen Stellschraube verändert werden. Durch Drehen dieser seitlichen Schraube im Uhrzeigersinn wird die statische Überhitzung erhöht, dagegen beim Drehen entgegen dem Uhrzeigersinn verringert.

Das Thermostatelement ist fest mit dem geschmiedeten Korpus durch Schweißlöten verbunden, um jeglichen Gefahren von Leckstellen vorzubeugen.

Die Baugruppe des Korpus kann mit einem inneren oder äußeren Ausgleicher geliefert werden. Beide Typen sind mit SAE Flare- oder zu schweißenden Anschlüssen erhältlich (Ausgang und äußerer Ausgleicher, wenn vorhanden). Sowohl die Stutzen SAE Flare, die für den Gewindetyp notwendig sind, als auch der Eingangsadapter SAE/ODS,

der für den zu schweißenden Typ notwendig ist, müssen separat bestellt werden.

Jede Korpusbaugruppe wird mit einer Schelle, Code G9150/R61, geliefert, um die Befestigung des Bulbs an der Leitung zu ermöglichen. Dieser Artikel kann auch einzeln als Ersatzteil bestellt werden.

Die Hauptbauteile des Korpus werden aus folgenden Materialien hergestellt:

- Edelstahl für Bulb, Kapillarleitung, Aufnahme der Membran, Membran und Welle;
- Heiß geschmiedeter Messing EN 12420 – CW 617N für den Korpus;
- Messing EN 12164 – CW 614N für die Stellschraube der Überhitzung und den Federteller;
- Stahl DIN 17223-1 für die Feder;
- Kupferrohr EN 12735-1 – Cu-DHP für die zu schweißenden Anschlüsse.

**Öffnung:** die wechselbare Öffnung gewährleistet einen breiten Leistungsbereich von 0,5 bis zu 15,5 kW (Nennleistung mit R22). Die äußere Hülle enthält die folgenden Elemente: Korpus, Verschluss (Flussregler), Sitz, Feder und Filter. Der feste Aufbau der Öffnung und ihrer inneren Bauteile garantiert, dass Verschluss und Sitz allen Belastungen (Widderstoß, Kavitation, plötzliche Veränderungen von Druck und Temperatur, Schmutz) widerstehen. Die Feder hält den Verschluss dauerhaft mit dem Sitz in Kontakt, um das Durchsickern durch das Ventil zu minimieren. Damit ein vollständiger Verschluss gewährleistet wird, ist jedoch die Installation eines Solenoidventils vor dem thermostatischen Ausdehnungsventil erforderlich. Die Öffnungen sind in zwei baulichen Lösungen erhältlich:

- mit Kegelflansch-Filter für Ventile mit Gewindeanschlüssen SAE Flare;
- mit Flachflansch-Filter für Ventile mit zu schweißenden Anschlüssen ODS, die in Kombination mit den Adaptern der Serie 2271 verwendet werden.

Die Filter der Öffnungen können gesäubert oder auch ausgetauscht werden. In diesem Fall sind folgende Filtertypen erhältlich, die separat zu bestellen sind:

- Filter 2290 für Ventile mit Gewindeanschlüssen SAE Flare;
- Filter 2290/S für Ventile mit zu schweißenden Anschlüssen ODS.

## THERMOSTATFÜLLUNGEN

**Flüssige Befüllung:** das Verhalten von Ventilen mit flüssiger Befüllung wird ausschließlich durch die Veränderung der Temperatur im Bulb bedingt und unterliegt keinerlei Umwelteinflüssen. Sie sind durch eine kurze Reaktionszeit gekennzeichnet und reagieren deshalb schnell auf die Steuerung des Leitungskreises. Die thermostatischen Ausdehnungsventile von Castel mit flüssiger Befüllung können die Funktion MOP nicht aufnehmen.

**Gasförmige Befüllung:** das Verhalten von Ventilen mit gasförmiger Befüllung wird durch die in einem beliebigen Teil des Ausdehnungsventils (Thermostatelement, Kapillarleitung oder Bulb) herrschenden Mindesttemperatur bedingt. Wenn ein beliebiger anderer Teil außer dem Bulb der Mindesttemperatur ausgesetzt ist, kann es zu einer Funktionsstörung am Ausdehnungsventil (Veränderung der Befüllung) kommen. Die thermostatischen Ausdehnungsventile von Castel mit gasförmiger Befüllung umfassen immer die Funktion MOP und verfügen über einen Bulb mit Ausgleicher. Der Ausgleicher im Bulb hat eine dämpfende Wirkung auf die Ventilsteuerung und bedingt ein Verhalten mit einem langsamen Öffnen sowie einem schnellen Schließen.

**MOP (Maximum Operating Pressure - Maximaler Betriebsdruck):** Diese Funktion begrenzt den Betriebsdruck des Verdampfers auf einen Höchstwert, um den Verdichter vor Überlastungen zu schützen (Motor Overload Protection - Überlastungsschutz des Motors). MOP ist der Verdampfungsdruck, bei dem das Ausdehnungsventil die Einspritzung der Flüssigkeit in den Verdampfer drosselt, wodurch einem weiteren Anstieg des Verdampfungsdrucks vorgebeugt wird. Das Ausdehnungsventil wirkt als Steuerung der Überhitzung im normalen Arbeitsbereich und arbeitet als Druckregler innerhalb des MOP-Bereichs.

Der MOP-Punkt ändert sich, wenn der werkseitig eingestellte Überhitzungswert verändert wird. Die Einstellungen der Überhitzung beeinflussen den MOP-Punkt wie folgt:

- Anstieg der Überhitzung → Verringerung des MOP
- Anstieg der Überhitzung → Erhöhung des MOP

**Überhitzung:** dies ist der Steuerparameter des Ausdehnungsventils. Die am Ausgang des Verdampfers gemessene Überhitzung wird als Differenz zwischen der effektiven Temperatur des Bulbs und der aus dem Druck im Verdampfer abgeleiteten Verdampfungstemperatur definiert. Um zu vermeiden, dass Kühlmittel im flüssigen Zustand den Verdichter erreicht, muss ein Mindestwert der Überhitzung aufrecht erhalten werden. Beim Betrieb eines Ausdehnungsventils werden die folgenden Begriffe benutzt:

- Statische Überhitzung: Überhitzungswert oberhalb dessen sich das Ventil zu öffnen beginnt. Die thermostatischen Ausdehnungsventile von Castel werden im Werk auf den folgenden statischen Überhitzungswert geeicht:
  - 5 °C bei den Ventilen ohne MOP;
  - 4 °C bei den Ventilen mit MOP unter normalen Bezugsbedingungen (siehe Tabelle 2);
- Überhitzung beim Öffnen: ist die Überhitzung, oberhalb der statischen, die zur Erzeugung einer bestimmten Leistung des Ventils notwendig ist;
- Überhitzung bei Betrieb: ist die Summe der statischen Überhitzung und der beim Öffnen bestehenden Überhitzung.



**Unterkühlung:** wird als die Differenz zwischen Kondensationstemperatur (aus dem Kondensationsdruck abgeleitet) und der effektiven Temperatur am Eingang des Ventils definiert. Die Unterkühlung erhöht im Allgemeinen die Leistung einer Kühlanlage und muss bei der Bemessung eines Ausdehnungsventils berücksichtigt werden. In Abhängigkeit vom Entwurf des Systems kann die Unterkühlung notwendig sein, um dem Entstehen von Gasblasen in der Leitung der Kühlflüssigkeit vorzubeugen. Sollten sich Gasblasen in der Leitung der Kühlflüssigkeit bilden (Flash Gas), würde sich die Leistungsfähigkeit des Ausdehnungsventils deutlich verringern. Alle in diesem Kapitel enthaltenen Leistungstabellen wurden für einen Wert der Unterkühlung von 4 °C berechnet. Sollte die effektive Unterkühlung höher als 4 °C sein, ergibt sich die Leistungsfähigkeit des Ventils aus der vom Verdampfer geforderten Leistung geteilt durch den in den unter jeder Leistungstabelle vorhandenen Tabellen aufgeführten Korrekturfaktor.

## AUSWAHL

Zur richtigen Bemessung eines thermostatischen Ausdehnungsventils in einer Kühlanlage müssen die folgenden Entwurfsparameter zur Verfügung stehen:

- Art des Kühlmittels;
- Verdampferleistung;  $Q_e$
- Verdampfungstemperatur/-druck;  $T_e / p_e$
- Minimale Kondensationstemperatur/-druck;  $T_c / p_c$
- Temperatur des flüssigen Kühlmittels am Eingang des Ventils;  $T_1$
- Druckabfall in der Leitung der Kühlflüssigkeit, im Verteiler und Verdampfer;  $\Delta p$

Die nachfolgend beschriebene Vorgehensweise erleichtert die richtige Bemessung eines Ausdehnungsventils in einer Kühlanlage.

### Punkt 1

*Bestimmung des Druckabfalls vor dem Ventil.* Der Druckabfall wird mit folgender Formel berechnet:

$$\Delta p_{\text{tot}} = p_c - (p_e + \Delta p)$$

wobei:

- $P_c$  = Kondensationsdruck
- $P_e$  = Verdampfungsdruck
- $\Delta p_{\text{tot}} = - \Delta p$  = Summe des Druckabfalls in der Leitung der Kühlflüssigkeit, im Verteiler und Verdampfer

### Punkt 2

*Bestimmung der vom Ventil geforderten Leistung.* Verwenden Sie die Leistung des Verdampfers  $Q_e$ , um für eine bestimmte Verdampfungstemperatur die erforderliche Ventilleistung zu wählen. Korrigieren Sie bei Bedarf die Leistung des Verdampfers entsprechend dem Unterkühlungswert. Die Leistung eines Verdampfers steigt, wenn flüssiges, unterkühltes Kühlmittel in den Verdampfer gelangt. Aus diesem Grund kann ein Ventil von geringerer Größe gewählt werden. Die Unterkühlung wird mit folgender

Formel berechnet:

$$\Delta T_{\text{sub}} = T_c - T_1$$

Wählen Sie in der Tabelle der Korrekturfaktoren für die Unterkühlung den entsprechenden Korrekturfaktor  $F_{\text{sub}}$ , der dem berechneten Wert  $\Delta T_{\text{sub}}$  entspricht, und bestimmen Sie die geforderte Leistung des Ventils mit der Formel:

$$\Delta Q_{\text{sub}} = \frac{Q_e}{F_{\text{sub}}}$$

### Punkt 3

*Bestimmung der geforderten Größe der Öffnung:* Verwenden Sie den Druck vor dem Ventil, die Verdampfungstemperatur und die berechnete Leistung des Verdampfers, um die entsprechende Größe der Öffnung in der Leistungstabelle für die gewählte Art der Kühlflüssigkeit zu bestimmen.

### Punkt 4

*Wahl der Thermostatbefüllung.* Wählen Sie die Befüllungsart, d.h. flüssig ohne MOP oder gasförmig mit MOP sowie den Temperaturbereich, in dem gearbeitet wird, d.h. bei normaler oder niedriger Temperatur.

### Punkt 5

*Wahl des Ausgleichertyps:* Bei Verwendung eines Verteilers oder Vorhandensein eines nennenswerten Druckunterschiedes zwischen dem Vorlauf des Ventils und der Befestigungsposition des Bulbs ist es immer notwendig, einen äußeren Ausgleicher zu wählen. Schließlich müssen die Art der Anschlüsse und ihre Größe festgelegt werden.

### Punkt 6

*Bestellung der erforderlichen Bauteile.* Handelt es sich um Anschlüsse SAE Flare müssen die folgenden beiden Teile bestellt werden:

- die Baugruppe des Korpus (siehe Tabellen 1a und 1b);
- die Öffnung, einschließlich Filter (siehe Tabelle 2);

Handelt es sich um Anschlüsse ODS müssen die folgenden beiden Teile bestellt werden:

- die Baugruppe des Korpus (siehe Tabellen 1a und 1b);
- Die Öffnung, einschließlich Filter (siehe Tabelle 2);
- Der zu schweißende Adapter (siehe Tab. 3).

## BEISPIEL FÜR DIE BEMESSUNG

Art des Kühlmittels	R134a
Verdampferleistung; $Q_e$	6 kW
Verdampfungstemperatur; $T_e$ :	- 10 °C
Minimale Kondensationstemperatur; $T_c$	+ 30 °C
Temperatur des flüssigen Kühlmittels; $T_1$	+ 20 °C
Druckabfall in der Leitung der Kühlflüssigkeit, im Verteiler und Verdampfer;	$\Delta p$ 1,5 bar

### Punkt 1

*Bestimmung des Druckabfalls vor dem Ventil.*

- Kondensationsdruck bei + 30 °C -  $P_c = 6,71$  bar
- Verdampfungsdruck bei - 10 °C -  $P_e = 1,01$  bar

$$\Delta p_{\text{tot}} = 6,71 - (1,01 + 1,5) = 4,2 \text{ bar}$$

## Punkt 2

Bestimmung der vom Ventil geforderten Leistung.

$$\Delta T_{\text{sub}} = 30 - 20 = 10 \text{ °C}$$

In der Tabelle der Korrekturfaktoren für die Unterkühlung 5b wird für den Wert  $\Delta T_{\text{sub}} = 10 \text{ °C}$  ein Korrekturfaktor  $F_{\text{sub}}$  gleich 1,08 erzielt. Die vom Ventil geforderte Leistung beträgt:

$$\Delta Q_{\text{sub}} = \frac{6}{1,08} = 5,55 \text{ kW}$$

## Punkt 3

Bestimmung der von der Öffnung geforderten Größe.

Geben Sie unter Verwendung der Leistungstabelle für das Kühlmittel R134a, auf Seite 11, folgende Daten ein:

- Druckabfall vor dem Ventil = 4,2 bar
- Verdampfungstemperatur = -10 °C
- berechnete Verdampferleistung = 5,55 kW

um die entsprechende Öffnung 2205 zu wählen (Anm.: die Leistung des Ausdehnungsventils muss gleich oder geringfügig höher als die berechnete Leistung des Verdampfers sein).

## KENNZEICHNUNG

Die wichtigsten Daten des Ventils sind auf der Oberseite des Thermostatelements und auf der Seite der Aufnahme für die Öffnung angegeben.

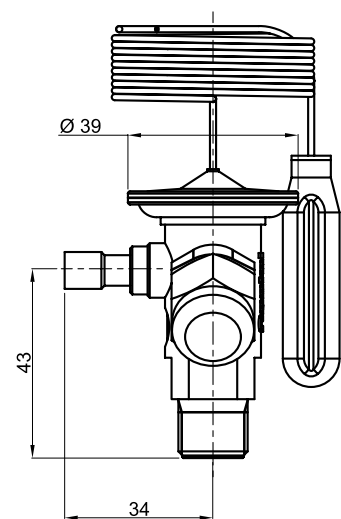
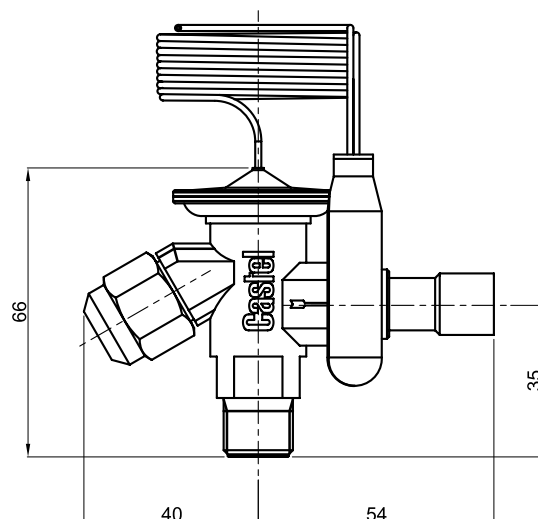
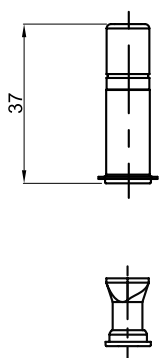
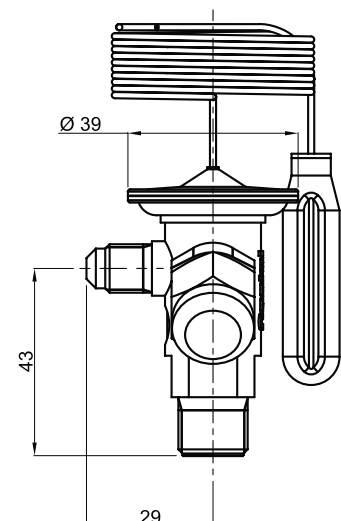
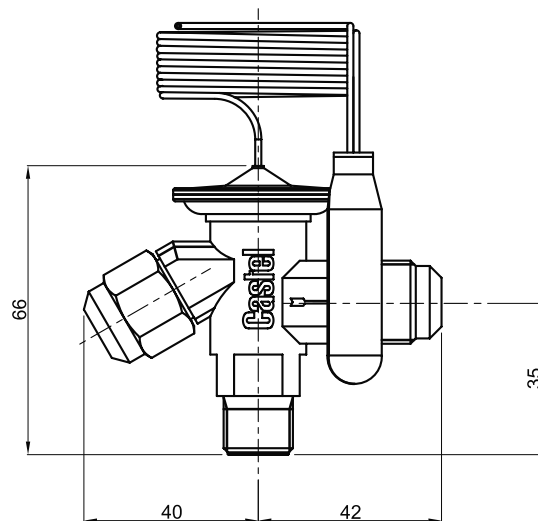
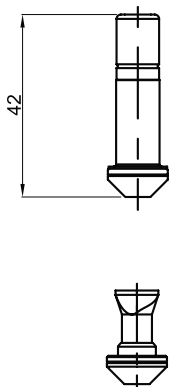
Auf dem Thermostatelement befinden sich die folgenden Daten:

- Codierung des Ventils;
- Kühlflüssigkeit;
- Wertebereich der Verdampfungstemperatur;
- Wert des MOP, wenn vorhanden;
- zulässiger Höchstdruck, PS;
- Herstellungsdatum;

An der Aufnahme für die Öffnung befinden sich die folgenden Daten:

- Größe der Öffnung;
- Herstellungsdatum;

Auf dem Kunststoffverschluss der Packung mit der Öffnung ist die Größe dieser Öffnung angegeben. Dieser Verschluss lässt sich mühelos an der Kapillarleitung des Ventils anbringen, um eindeutig die Größe der im Ventil montierten Öffnung anzugeben.



**TABELLE 1A: Allgemeine Eigenschaften der Korpusbaugruppen der thermostatischen Ausdehnungsventile mit flüssiger Befüllung**

Katalognummer		Anschlüsse							Kühl- mittel	Wertebe- reich der Verdamp- fungstempe- raturen [°C]	MOP	Maxima- le Bulb- tem- peratur [°C]	TS [°C]		PS [bar]	Gefahr- kate- gorie gemäß PED								
innerer Ausgleicher	äußerer Ausgleicher	SAE Flare			ODS [mm]		ODS [in]						min	max										
		IN	AUS- GANG	Ausgl.	AUS- GANG	Ausgl.	AUS- GANG	Ausgl.																
2210/4	-	3/8"	1/2"	-	-	-	-	-	R22 R407C	- 40 → + 10	ohne	100 (1)	- 60	+ 120	34	Art. 3.3								
2210/M12S			-	-	12	-	-	-																
2210/4S			-	-	-	1/2"	-	-																
-			2210/4E	1/2"	1/4"	-	-	-																
-	2210/M12SE	-	-	12	6	-																		
-	2210/4SE	-	-	-	1/2"	1/4"																		
2220/4	-	3/8"	1/2"	-	-	-	-	R134a									- 40 → + 10	ohne	100 (1)	- 60	+ 120	34	Art. 3.3	
2220/M12S			-	-	12	-	-																	-
2220/4S			-	-	-	1/2"	-																	-
-			2220/4E	1/2"	1/4"	-	-																	-
-	2220/M12SE	-	-	12	6	-																		
-	2220/4SE	-	-	-	1/2"	1/4"																		
2230/4	-	3/8"	1/2"	-	-	-	-		R404A R507	- 40 → + 10	ohne	100 (1)	- 60	+ 120	34	Art. 3.3								
2230/M12S			-	-	12	-	-																	-
2230/4S			-	-	-	1/2"	-																	-
-			2230/4E	1/2"	1/4"	-	-																	-
-	2230/M12SE	-	-	12	6	-																		
-	2230/4SE	-	-	-	1/2"	1/4"																		

(1) : bei installiertem Ventil. 60°C bei nicht montiertem Element

**TABELLE 1B: Allgemeine Eigenschaften der Korpusbaugruppen der thermostatischen Ausdehnungsventile mit MOP-Befüllung**

Katalognummer		Anschlüsse							Kühl- mittel	Wertebe- reich der Verdamp- fungstempe- raturen [°C]	MOP	Maxima- le Bulb- tem- peratur [°C]	TS [°C]		PS [bar]	Gefahr- kate- gorie gemäß PED								
innerer Ausgleicher	äußerer Ausgleicher	SAE Flare			ODS [mm]		ODS [in]						min	max										
		IN	AUS- GANG	Ausgl.	AUS- GANG	Ausgl.	AUS- GANG	Ausgl.																
2211/4	-	3/8"	1/2"	-	-	-	-	R22 R407C	- 40 → + 10	+ 15 °C (95 psi)	100 (1)	- 60	+ 120	34	Art. 3.3									
2211/M12S			-	-	12	-	-									-								
2211/4S			-	-	-	1/2"	-									-								
-			2211/4E	1/2"	1/4"	-	-									-								
-	2211/M12SE	-	-	12	6	-																		
-	2211/4SE	-	-	-	1/2"	1/4"																		
2221/4	-	3/8"	1/2"	-	-	-	-									R134a	- 40 → + 10	+ 15 °C (55 psi)	100 (1)	- 60	+ 120	34	Art. 3.3	
2221/M12S			-	-	12	-	-																	-
2221/4S			-	-	-	1/2"	-																	-
-			2221/4E	1/2"	1/4"	-	-																	-
-	2221/M12SE	-	-	12	6	-																		
-	2221/4SE	-	-	-	1/2"	1/4"																		
2231/4	-	3/8"	1/2"	-	-	-	-	R404A R507	- 40 → + 10	+ 15 °C (120 psi)	100 (1)	- 60	+ 120	34	Art. 3.3									
2231/M12S			-	-	12	-	-																	-
2231/4S			-	-	-	1/2"	-																	-
-			2231/4E	1/2"	1/4"	-	-																	-
-	2231/M12SE	-	-	12	6	-																		
-	2231/4SE	-	-	-	1/2"	1/4"																		
2234/4	-	3/8"	1/2"	-	-	-	-									R404A R507	- 60 → - 25	- 20 °C (30 psi)	100 (1)	- 60	+ 120	34	Art. 3.3	
2234/M12S			-	-	12	-	-																	-
2234/4S			-	-	-	1/2"	-																	-
-			2234/4E	1/2"	1/4"	-	-																	-
-	2234/M12SE	-	-	12	6	-																		
-	2234/4SE	-	-	-	1/2"	1/4"																		

(1) : bei installiertem Ventil. 60°C bei nicht montiertem Element

**TABELLE 2: Öffnungen - Nennleistungen in kW**

Katalognummer		Wertebereich der Verdampfungstemperaturen [°C]			
Ventile mit Anschlüssen SAE Flare	Ventile mit Anschlüssen ODS	- 40 → + 10			- 60 → - 25
		R22 R407C	R134a	R404A R507	R404A R507
220X	220X/S	0,5	0,4	0,38	0,38
2200	2200/S	1,0	0,9	0,7	0,7
2201	2201/S	2,5	1,8	1,6	1,6
2202	2202/S	3,5	2,6	2,1	2,1
2203	2203/S	5,2	4,6	4,2	3,5
2204	2204/S	8,0	6,7	6,0	4,9
2205	2205/S	10,5	8,6	7,7	6,0
2206	2206/S	15,5	10,5	9,1	6,6

Die Nennleistungen für den Temperaturbereich - 40 → + 10, beziehen sich auf:

- Verdampfungstemperatur  $T_{evap} = + 5 \text{ °C}$
- Kondensationstemperatur  $T_{cond} = + 32 \text{ °C}$
- Temperatur der Kühlflüssigkeit am Eingang des Ventils  $T_{liq} = + 28 \text{ °C}$

Die Nennleistungen für den Temperaturbereich - 60 → - 25, beziehen sich auf:

- Verdampfungstemperatur  $T_{evap} = - 30 \text{ °C}$
- Kondensationstemperatur  $T_{cond} = + 32 \text{ °C}$
- Temperatur der Kühlflüssigkeit am Eingang des Ventils  $T_{liq} = + 28 \text{ °C}$

**TABELLE 3: Adapter ODS**

Katalognummer	ODS-Anschlüsse	
	[in]	[mm]
2271/M6S	-	6
2271/2S	1/4"	-
2271/3S	3/8"	-
2271/M10S	-	10

**TABELLE 4A: Kühlmittel R22/R407C - Leistung in kW für den Temperaturbereich - 40°C → + 10°C**

Code der Öffnung	Druckabfall vor dem Ventil [bar]								Code der Öffnung	Druckabfall vor dem Ventil [bar]							
	2	4	6	8	10	12	14	16		2	4	6	8	10	12	14	16
Verdampfungstemperatur = + 10 °C									Verdampfungstemperatur = 0 °C								
220X	0,37	0,48	0,55	0,60	0,63	0,65	0,65	0,67	220X	0,37	0,48	0,55	0,59	0,63	0,65	0,66	0,66
2200	0,87	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	2200	0,84	1,0	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4
2201	2,2	2,8	3,2	3,4	3,6	3,7	3,8	3,8	2201	1,9	2,4	2,7	3,0	3,1	3,2	3,3	3,3
2202	3,0	4,0	4,7	5,1	5,4	5,6	5,8	5,8	2202	2,6	3,4	4,0	4,3	4,6	4,8	4,9	5,0
2203	5,4	7,2	8,3	9,1	9,7	10,0	10,2	10,3	2203	4,6	6,1	7,1	7,8	8,2	8,5	8,7	8,8
2204	8,1	10,8	12,5	13,8	14,5	15,0	15,5	15,5	2204	6,9	9,1	10,5	11,5	12,2	12,7	13,0	13,2
2205	10,2	13,6	15,7	17,2	18,3	18,9	19,3	19,5	2205	8,8	11,6	13,3	14,6	15,5	16,1	16,4	16,6
2206	12,6	16,7	19,3	21,0	22,3	23,1	23,5	23,7	2206	10,8	14,2	16,3	17,8	18,9	19,6	20,0	20,2
Verdampfungstemperatur = - 10 °C									Verdampfungstemperatur = - 20 °C								
220X	0,37	0,47	0,53	0,57	0,60	0,63	0,64	0,64	220X		0,44	0,50	0,54	0,57	0,59	0,61	0,61
2200	0,79	0,96	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	2200		0,88	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2
2201	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8	2201		1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,3	2,3
2202	2,2	2,9	3,3	3,6	3,8	4,0	4,1	4,1	2202		2,4	2,7	2,9	3,1	3,2	3,3	3,3
2203	3,9	5,1	5,9	6,4	6,8	7,1	7,3	7,3	2203		4,2	4,8	5,2	5,5	5,8	5,9	6,0
2204	5,8	7,6	8,7	9,5	10,1	10,5	10,8	10,9	2204		6,2	7,1	7,7	8,2	8,5	8,7	8,8
2205	7,4	9,6	11,0	12,0	12,8	13,3	13,6	13,8	2205		7,9	9,0	9,8	10,3	10,8	11,0	11,2
2206	9,1	11,6	13,5	14,7	15,6	16,2	16,6	16,8	2206		9,6	11,0	11,9	12,6	13,1	13,5	13,7
Verdampfungstemperatur = - 30 °C									Verdampfungstemperatur = - 40 °C								
220X		0,40	0,45	0,49	0,52	0,55	0,56	0,57	220X			0,42	0,45	0,48	0,50	0,52	0,53
2200		0,79	0,9	0,96	1,0	1,1	1,1	1,1	2200			0,8	0,86	0,92	0,95	0,98	0,99
2201		1,4	1,5	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	2201			1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6
2202		1,9	2,2	2,7	2,5	2,6	2,6	2,7	2202			1,7	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1
2203		3,4	3,9	4,2	4,4	4,6	4,7	4,8	2203			3,1	3,4	3,5	3,7	3,8	3,8
2204		5,0	5,7	6,2	6,6	6,8	7,0	7,1	2204			4,6	4,9	5,2	5,4	5,6	5,7
2205		6,4	7,2	7,8	8,3	8,6	8,8	9,0	2205			5,8	6,3	6,6	6,9	7,1	7,2
2206		7,8	8,8	9,6	10,1	10,5	10,8	11,0	2206			7,1	7,7	8,1	8,4	8,7	8,8

**TABELLE 4B: Kühlmittel R22/R407C - Korrekturfaktor für Unterkühlung  $\Delta t_{sub} > 4^\circ\text{C}$**

$\Delta t_{sub}$ [°C]	4	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$F_{sub}$	1,00	1,06	1,11	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,39	1,44

Weicht die Unterkühlung vor dem Ventil von 4 °C ab, muss die Leistung des Verdampfers mittels Division durch den entsprechend in Tabelle 4b ermittelten Korrekturfaktor angepasst werden.

**TABELLE 5A: Kühlmittel R134a - Leistung in kW für den Temperaturbereich - 40°C → + 10°C**

Code der Öffnung	Druckabfall vor dem Ventil [bar]					Code der Öffnung	Druckabfall vor dem Ventil [bar]				
	2	4	6	8	10		2	4	6	8	10
Verdampfungstemperatur = + 10 °C						Verdampfungstemperatur = 0 °C					
220X	0,34	0,43	0,47	0,50	0,51	220X	0,33	0,42	0,46	0,47	0,49
2200	0,71	0,86	0,93	0,97	0,98	2200	0,65	0,78	0,86	0,89	0,91
2201	1,5	1,9	2,1	2,2	2,2	2201	1,3	1,6	1,7	1,8	1,8
2202	2,0	2,6	3,0	3,1	3,2	2202	1,7	2,2	2,4	2,6	2,6
2203	3,6	4,7	5,3	5,6	5,8	2203	3,0	3,9	4,4	4,6	4,7
2204	5,4	7,0	7,8	8,3	8,6	2204	4,5	5,7	6,4	6,8	7,0
2205	6,9	8,9	9,9	10,8	10,9	2205	5,7	7,3	8,1	8,6	8,8
2206	8,4	10,8	12,1	12,8	13,2	2206	7,0	8,9	1,0	10,5	10,8
Verdampfungstemperatur = - 10 °C						Verdampfungstemperatur = - 20 °C					
220X	0,30	0,36	0,43	0,44	0,44	220X	0,28	0,35	0,39	0,41	0,42
2200	0,59	0,70	0,77	0,81	0,82	2200	0,53	0,62	0,69	0,72	0,73
2201	1,0	1,3	1,4	1,5	1,5	2201	0,81	1,0	1,1	1,2	1,2
2202	1,4	1,8	2,0	2,1	2,1	2202	1,1	1,4	1,5	1,6	1,7
2203	2,5	3,1	3,5	3,7	3,8	2203	2,0	2,5	2,8	2,9	3,0
2204	3,6	4,6	5,1	5,4	5,6	2204	2,9	3,6	4,0	4,3	4,4
2205	4,6	5,8	6,5	6,9	7,1	2205	3,7	4,6	5,1	5,4	5,5
2206	5,7	7,1	8,0	8,4	8,6	2206	4,5	5,6	6,2	6,6	6,8
Verdampfungstemperatur = - 30 °C						Verdampfungstemperatur = - 40 °C					
220X	0,25	0,32	0,35	0,37	0,38	220X	0,23	0,28	0,32	0,33	0,34
2200	0,48	0,55	0,61	0,64	0,64	2200	0,44	0,50	0,54	0,56	0,57
2201	0,66	0,80	0,88	0,93	0,95	2201	0,54	0,65	0,72	0,78	0,77
2202	0,9	1,1	1,2	1,3	1,3	2202	0,7	0,9	1,0	1,0	1,0
2203	1,6	2,0	2,2	2,3	2,3	2203	1,3	1,6	1,8	1,9	1,9
2204	2,3	2,9	3,2	3,3	3,4	2204	1,9	2,3	2,6	2,7	2,7
2205	3,0	3,6	4,0	4,2	4,3	2205	2,4	2,9	3,2	3,5	3,5
2206	3,6	4,4	4,9	5,2	5,3	2206	3,0	3,6	4,0	4,2	4,3

**TABELLE 5B: Kühlmittel R134a - Korrekturfaktor für Unterkühlung  $\Delta t_{sub} > 4^\circ\text{C}$**

$\Delta t_{sub}$ [°C]	4	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$F_{sub}$	1,00	1,08	1,13	1,19	1,25	1,31	1,37	1,42	1,48	1,54

Weicht die Unterkühlung vor dem Ventil von 4 °C ab, muss die Leistung des Verdampfers mittels Division durch den entsprechend in Tabelle 5b ermittelten Korrekturfaktor angepasst werden.

**TABELLE 6A: Kühlmittel R404A/R507 - Leistung in kW für den Temperaturbereich - 40°C → + 10°C**

Code der Öffnung	Druckabfall vor dem Ventil [bar]								Code der Öffnung	Druckabfall vor dem Ventil [bar]							
	2	4	6	8	10	12	14	16		2	4	6	8	10	12	14	16
Verdampfungstemperatur = + 10 °C									Verdampfungstemperatur = 0 °C								
220X	0,28	0,35	0,40	0,42	0,43	0,43	0,42	0,41	220X	0,30	0,37	0,41	0,42	0,43	0,43	0,43	0,41
2200	0,67	0,82	0,90	0,94	0,96	0,96	0,93	0,90	2200	0,68	0,80	0,87	0,90	0,92	0,93	0,91	0,87
2201	1,70	2,10	2,30	2,42	2,48	2,46	2,41	2,34	2201	1,53	1,86	2,04	2,13	2,18	2,18	2,15	2,08
2202	2,32	3,00	3,39	3,61	3,73	3,74	3,68	3,59	2202	2,06	2,64	2,95	3,13	3,22	3,25	3,21	3,11
2203	4,15	5,36	6,03	6,43	6,63	6,66	6,55	6,39	2203	3,68	4,72	5,27	5,59	5,75	5,80	5,73	5,55
2204	6,24	8,06	9,06	9,66	9,95	9,98	9,81	9,57	2204	5,49	7,15	7,86	8,33	8,58	8,64	8,53	8,27
2205	7,91	10,17	11,43	12,16	12,53	12,56	12,34	12,03	2205	6,97	8,92	9,95	10,52	10,83	10,90	10,76	10,43
2206	9,71	12,47	13,98	14,86	15,29	15,31	15,05	14,66	2206	8,57	10,93	12,16	12,85	13,21	13,30	13,12	12,72
Verdampfungstemperatur = - 10 °C									Verdampfungstemperatur = - 20 °C								
220X	0,30	0,37	0,40	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	220X		0,35	0,38	0,40	0,39	0,40	0,39	0,38
2200	0,65	0,76	0,82	0,84	0,87	0,87	0,85	0,83	2200		0,70	0,75	0,77	0,79	0,79	0,79	0,76
2201	1,31	1,61	1,74	1,81	1,84	1,85	1,84	1,78	2201		1,34	1,45	1,50	1,52	1,52	1,51	1,47
2202	1,76	2,24	2,50	2,62	2,69	2,71	2,68	2,60	2202		1,85	2,04	2,14	2,17	2,18	2,16	2,09
2203	3,14	4,02	4,47	4,69	4,81	4,84	4,79	4,65	2203		3,32	3,66	3,83	3,89	3,90	3,86	3,75
2204	4,66	5,97	6,61	6,95	7,13	7,18	7,11	6,91	2204		4,88	5,40	5,64	5,75	5,77	5,71	5,56
2205	5,93	7,57	8,39	8,81	9,02	9,08	8,99	8,73	2205		6,20	6,86	7,17	7,29	7,31	7,23	7,05
2206	7,28	9,27	10,26	10,76	11,00	11,08	10,97	10,65	2206		7,60	8,39	8,75	8,91	8,93	8,84	8,61
Verdampfungstemperatur = - 30 °C									Verdampfungstemperatur = - 40 °C								
220X			0,35	0,37	0,36	0,37	0,36	0,35	220X			0,32	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32
2200			0,67	0,70	0,70	0,70	0,69	0,67	2200			0,60	0,61	0,62	0,61	0,60	0,59
2201			1,18	1,21	1,23	1,21	1,20	1,17	2201			0,92	0,96	0,97	0,96	0,94	0,91
2202			1,63	1,69	1,71	1,70	1,68	1,64	2202			1,27	1,32	1,33	1,31	1,28	1,24
2203			2,93	3,04	3,07	3,06	3,02	2,93	2203			2,28	2,36	2,38	2,36	2,31	2,24
2204			4,28	4,47	4,52	4,51	4,46	4,35	2204			3,34	3,47	3,50	3,48	3,42	3,33
2205			5,45	5,68	5,74	5,74	5,67	5,52	2205			4,25	4,41	4,45	4,43	4,36	4,24
2206			6,66	6,94	7,02	7,01	6,93	6,75	2206			5,19	5,39	5,45	5,42	5,33	5,19

**TABELLE 6B: Kühlmittel R404A/R507 - Korrekturfaktor für Unterkühlung  $\Delta t_{sub} > 4^\circ\text{C}$**

$\Delta t_{sub}$ [°C]	4	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$F_{sub}$	1,00	1,10	1,20	1,29	1,37	1,46	1,54	1,63	1,70	1,78

Weicht die Unterkühlung vor dem Ventil von 4 °C ab, muss die Leistung des Verdampfers mittels Division durch den entsprechend in Tabelle 6b ermittelten Korrekturfaktor angepasst werden.

**TABELLE 7A: Kühlmittel R404A/R507 - Leistung in kW für den Temperaturbereich - 60°C → - 25°C**

Code der Öffnung	Druckabfall vor dem Ventil [bar]								Code der Öffnung	Druckabfall vor dem Ventil [bar]							
	2	4	6	8	10	12	14	16		2	4	6	8	10	12	14	16
Verdampfungstemperatur = - 25 °C									Verdampfungstemperatur = - 30 °C								
2200	0,57	0,67	0,72	0,73	0,74	0,85	0,74	0,71	2200	0,53	0,64	0,67	0,70	0,70	0,70	0,69	0,67
2201	0,98	1,20	1,31	1,36	1,37	1,37	1,35	1,31	2201	0,88	1,07	1,18	1,21	1,23	1,21	1,20	1,17
2202	1,31	1,65	1,83	1,91	1,93	1,93	1,90	1,85	2202	1,18	1,47	1,63	1,69	1,71	1,70	1,68	1,64
2203	2,35	2,97	3,28	3,42	3,47	3,46	3,42	3,32	2203	2,12	2,65	2,93	3,04	3,07	3,05	3,02	2,93
2204	3,45	4,37	4,82	5,04	5,11	5,12	5,06	4,93	2204	3,09	3,88	4,28	4,47	4,52	4,51	4,46	4,35
2205	4,40	5,56	6,14	6,40	6,49	6,49	6,42	6,26	2205	3,94	4,94	5,45	5,68	5,74	5,74	5,67	5,52
2206	5,40	6,30	7,49	7,81	7,93	7,93	7,85	7,64	2206	4,83	6,06	6,66	6,94	7,02	7,01	6,93	6,75
Verdampfungstemperatur = - 40 °C									Verdampfungstemperatur = - 50 °C								
2200		0,56	0,60	0,61	0,62	0,61	0,60	0,59	2200		0,49	0,53	0,54	0,54	0,53	0,52	0,50
2201		0,65	0,72	0,75	0,77	0,77	0,77	0,75	2201		0,51	0,57	0,60	0,60	0,60	0,60	0,59
2202		1,17	1,27	1,32	1,33	1,31	1,28	1,24	2202		0,91	0,99	1,02	1,02	1,01	0,98	0,95
2203		2,09	2,28	2,36	2,38	2,36	2,31	2,24	2203		1,63	1,73	1,84	1,84	1,81	1,78	1,72
2204		3,03	3,34	3,47	3,50	3,48	3,42	3,33	2204		2,36	2,60	2,69	2,71	2,68	2,63	2,56
2205		3,87	4,25	4,41	4,45	4,43	4,36	4,24	2205		3,02	3,30	3,43	3,45	3,42	3,35	3,26
2206		4,73	5,19	5,39	5,45	5,47	5,33	5,19	2206		3,69	4,04	4,20	4,22	4,18	4,12	4,00
Verdampfungstemperatur = - 60 °C																	
2200			0,46	0,48	0,47	0,45	0,45	0,43									
2201			0,58	0,60	0,60	0,58	0,56	0,54									
2202			0,78	0,80	0,80	0,78	0,75	0,72									
2203			1,40	1,44	1,43	1,40	1,36	1,30									
2204			2,04	2,11	2,11	2,07	2,03	1,96									
2205			2,59	2,69	2,66	2,65	2,59	2,50									
2206			3,16	3,28	3,30	3,25	3,18	3,07									

**TABELLE 7B: Kühlmittel R404A/R507 - Korrekturfaktor für Unterkühlung  $\Delta t_{sub} > 4^\circ\text{C}$**

$\Delta t_{sub}$ [°C]	4	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$F_{sub}$	1,00	1,10	1,20	1,29	1,37	1,46	1,54	1,63	1,70	1,78

Weicht die Unterkühlung vor dem Ventil von 4 °C ab, muss die Leistung des Verdampfers mittels Division durch den entsprechend in Tabelle 7b ermittelten Korrekturfaktor angepasst werden.



# AUSDEHNUNGSVENTILE MIT SOLENOID PWM UND WECHSELBARER ÖFFNUNG



## ANWENDUNG

Das Ausdehnungsventil mit Solenoid von Castel der Serie 2028 regelt den Kühlmittelfluss zum Verdampfer durch die Modulierung der Öffnungszeit seines Verschlusses, wodurch ein breiter Variationsbereich der Leistung ermöglicht wird. Dieses Ventil muss mit einer Spule des Typs HM4 (siehe Tabelle 2) kombiniert werden, das von einer elektronischen Regelvorrichtung gesteuert wird (nicht von Castel geliefert).

Seine typische Verwendung sind die Kühlsysteme, d.h. vor allem die vom Großhandel verwendeten Kühltische, in denen die folgenden Kühlflüssigkeiten eingesetzt werden: R22, R134a, R404A, R407C, R410A; R507 der Gruppe II (gemäß Definition in Artikel 9, Punkt 2.2 der Richtlinie 97/23/EG, in Bezug auf die Richtlinie 67/548/EWG).

## FUNKTIONSWEISE

Das Ventil der Serie 2028 ist eine Ausgleichsvorrichtung, die die Flüssigkeit vom Kondensator erhält und diese in den Verdampfer einleitet, wobei die erforderliche Druckveränderung an der Ausdehnungsdüse vorgenommen wird.

Es handelt sich um ein Ventil ON / OFF, das entsprechend des Kriteriums der Modulierung der Impulsbreite geregelt werden muss, die besser unter dem Begriff "**Pulse Width Modulation**" (PWM) bekannt ist und sich zur Steuerung durch eine relativ einfache Steuerelektronik eignet. Entsprechend dieses Prinzips wird nach Festlegung eines

Bezugszeitraums  $T$  des Reglers der Durchsatz  $QT$  des vom Verdampfer geforderten Kühlmittels in diesem Zeitraum vom Ventil in einem Zeitraum  $t$  bereitgestellt, der kürzer als der Zeitraum  $T$  ist, während dem der maximale Durchsatz (Phase ON) erfolgt. Während des übrigen Zeitraums  $T - t$  bleibt das Ventil geschlossen (Phase OFF).

Somit muss das PWM-Ventil für eine effiziente Regelung so bemessen werden, dass es unter den aufwendigsten Lastbedingungen eine Kühlmittelmenge liefern kann, die in jedem Falle ausreichend ist, um der Anforderung nachzukommen. Unter diesen extremen Bedingungen bleibt das Ventil über den gesamten Zeitraum  $T$  geöffnet. Die Verwendung eines elektronischen Reglers ermöglicht eine genauere Dosierung des Kühlmittels, wodurch auf lange Sicht eine bessere Leistung (und somit eine deutliche Verringerung der Betriebskosten der Maschinen) sowie auch eine schnellere Reaktion auf Veränderungen bei der Belastung des Verdampfers erzielt werden.

## AUFBAU

Das Ventil wird einschließlich Öffnung geliefert. Es können neun verschiedene Öffnungen geliefert werden, die gleichviel Höchstleistungen entsprechen, die bei Übergang von Öffnung 01 bis Öffnung 09 steigen. Die letzten beiden Ziffern des Codes des Ventils bezeichnen, welche Art Öffnung werkseitig am Ventil montiert wurde. Zum Beispiel ist ein Ventil mit dem Code 2028/3S02 ein Ventil mit zu schweißenden Anschlüssen von 3/8" sowie einer Öffnung des Typs 02. Die Öffnungen sind austauschbar und können auch installiert werden, wenn das Ventil mit der Anlage verschweißt ist. In diesem Fall ist es notwendig, wenn die Öffnung gewechselt werden soll, das entsprechende Set gemäß der in Tabelle 3 angegebenen Codierung zu erwerben.

Die Hauptbauteile der Ventile 2028 werden aus folgenden Materialien hergestellt:

- Messing EN 12164 – CW 614N-M für den Korpus und die Hülse zur Aufnahme des beweglichen Kerns;
- Ferritischer Edelstahl EN 10088-3 – 1.4105 für den ortsfesten und den beweglichen Kern;
- Austenit-Edelstahl EN 10088-3 – 1.4301 für den Filter;
- Austenit-Edelstahl EN 10088-3 – 1.4305 für die Öffnung;
- P.T.F.E. für die Dichtungen zur Abdichtung des Ventilsitzes.
- Chloroprenkummi (CR) für die Dichtungen zur Abdichtung nach außen;

## SPULEN UND VERBINDER

Die Spulen, die für dieses Ventil benutzt werden können, sind vom Typ HM4. In Tabelle 2 werden die wichtigsten Eigenschaften der Spulen und Verbinder zusammengefasst, die mit diesen Spulen kombiniert werden können. Für weitere Informationen zu den technischen Eigenschaften der Spulen

des Typs HM4 sowie der entsprechenden Verbinder wird auf das Handbuch der "Solenoidventile" verwiesen.

## AUSWAHL

Zur richtigen Bemessung eines PWM-Ventils der Serie 2028 in einer Kühlanlage müssen die folgenden Entwurfsparameter zur Verfügung stehen:

- Art des Kühlmittels;
- Verdampferleistung;  $Q_e$
- Verdampfungstemperatur/-druck;  $T_e / p_e$
- Minimale/r Kondensationstemperatur/-druck;  $T_c / p_c$
- Temperatur des flüssigen Kühlmittels am Eingang des Ventils;  $T_1$
- Druckabfall in der Leitung der Kühlflüssigkeit, im Verteiler und Verdampfer;  $\Delta p$

Der nachfolgend beschriebene Vorgang trägt zur richtigen Bemessung eines Ausdehnungsventils in einer Kühlanlage bei.

### Punkt 1

*Bestimmung des Druckabfalls vor dem Ventil.* Der Druckabfall wird mit folgender Formel berechnet:

$$\Delta p_{\text{tot}} = p_c - (p_e + \Delta p)$$

wobei:

- $p_c$  = Kondensationsdruck
- $p_e$  = Verdampfungsdruck
- $\Delta p$  = Summe der Druckabfälle in der Leitung der Kühlflüssigkeit, im Verteiler und im Verdampfer bei maximalem Durchsatz, d.h. bei ständig geöffnetem Ventil.

### Punkt 2

*Korrektur der Leistung des Verdampfers bei Vorliegen einer Unterkühlung.* Die Leistung  $Q_e$  des Verdampfers muss entsprechend je nach dem Unterkühlungswert korrigiert werden. Die Unterkühlung wird mit folgender Formel berechnet:

$$\Delta T_{\text{sub}} = T_c - T_1$$

Wählen Sie in der Tabelle der Korrekturfaktoren für die Unterkühlung den entsprechenden Korrekturfaktor  $F_{\text{sub}}$ , der dem berechneten Wert  $\Delta T_{\text{sub}}$  entspricht, und bestimmen Sie die geforderte Leistung des Ventils mit der Formel:

$$Q_{\text{sub}} = F_{\text{sub}} \times Q_e$$

### Punkt 3

*Korrektur der Leistung je nach der Anwendung.* Damit das Ventil richtig regelt, muss es so überbemessen werden, dass es innerhalb des Steuerzeitraums für einen Zeitanteil zwischen 50% und 25% geschlossen bleibt. Die Wahl dieses Leistungsbereichs ist von der Anwendung, die Leistungsspitzen von unterschiedlicher Höhe vorsehen kann, sowie vom durch das elektronische Steuergerät verwendeten Steueralgorithmus abhängig.

Im Allgemeinen steht dieser Korrekturfaktor  $F_{\text{ev}}$  in jedem Fall in engem Zusammenhang mit der Verdampfungstemperatur  $T_e$  und kann gleich 125% bei  $T_e \geq -15^\circ\text{C}$  sowie 150% bei

$T_e < -15^\circ\text{C}$  vorausgesetzt werden. Diese allgemeinen Werte sind jedoch je nach der besonderen Anwendung zu prüfen. Die Leistung des Ventils muss jedoch zumindest betragen:

$$Q_{\text{ev}} = F_{\text{ev}} \times Q_{\text{sub}}$$

### Punkt 4

*Bestimmung der von der Öffnung geforderten Größe.* Verwenden Sie den Druck vor dem Ventil, die Verdampfungstemperatur und die oben berechnete, korrigierte Leistung  $Q_{\text{ev}}$  um die entsprechende Größe der Öffnung in der Leistungstabelle für die gewählte Art der Kühlflüssigkeit zu bestimmen.

### Punkt 5

*Bemessung der Kühlflüssigkeitsleitung.* Da das Ventil eine Funktionsweise On-Off aufweist, kann der Durchsatz beim Öffnen deutlich im Vergleich zu seinem zeitlich durchschnittlichen Wert steigen. Gerade aus diesem Grund muss der Projektant den Durchmesser der Kühlflüssigkeitsleitungen entsprechend des maximalen Durchsatzes bemessen, der von der Düse unter realen Bedingungen von  $\Delta p_{\text{tot}}$  fließt, d.h. so, dass der Strömungsverlust nicht zu einer Verringerung der maximalen Leistung des Ventils führt.

## BEISPIEL FÜR DIE BEMESSUNG

Art des Kühlmittels:	R404A
Verdampferleistung; $Q_e$ :	2,8kW
Verdampfungstemperatur; $T_e$ :	-5°C
Minimale Kondensationstemperatur; $T_c$ :	+35°C
Temperatur des flüssigen Kühlmittels; $T_1$ :	+20°C
Druckabfall in der Leitung der Kühlflüssigkeit, im Verteiler und Verdampfer;	$\Delta p$ 2 bar

### Punkt 1

*Bestimmung des Druckabfalls vor dem Ventil.*

- Kondensationsdruck bei +35°C -  $p_c = 16,9$  bar
- Verdampfungsdruck bei -5°C -  $p_e = 5,14$  bar

### Punkt 3

$$\Delta p_{\text{tot}} = 16,9 - (5,14 + 2) = 9,76 \text{ bar}$$

### Punkt 2

*Bestimmung der vom Ventil geforderten Leistung.*

$$\Delta T_{\text{sub}} = 35 - 20 = 15^\circ\text{C}$$

In der Tabelle der Korrekturfaktoren für die Unterkühlung 9 wird für den Wert  $\Delta T_{\text{sub}} = 15^\circ\text{C}$  ein Korrekturfaktor  $F_{\text{sub}}$  gleich 0,83 erzielt. Die vom Ventil geforderte Leistung beträgt:

$$Q_{\text{sub}} = 0,83 \times 2,8 = 2,324 \text{ kW}$$

### Step 3

*Korrektur der Leistung je nach der Anwendung.* Je nach dem oben aufgeführten allgemeinen Kriterium kommt ein Zuschlag von 25% auf die soeben berechnete Leistung zur Anwendung:

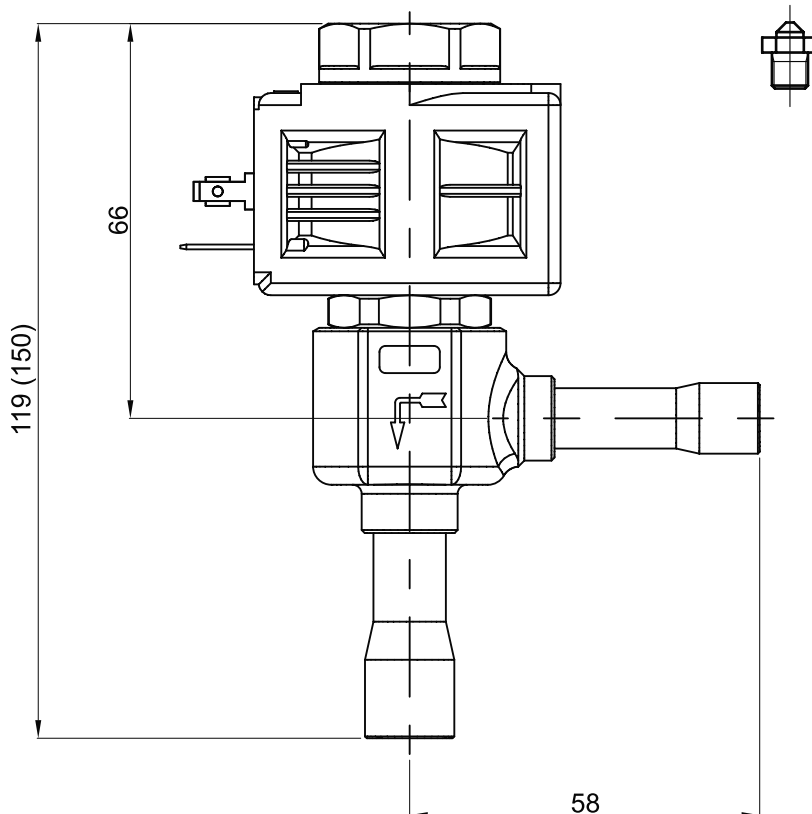
$$Q_{\text{ev}} = 1,25 \times 2,324 = 2,91 \text{ kW}$$

**Punkt 4**

Bestimmung der von der Öffnung geforderten Größe. Geben Sie unter Verwendung der Leistungstabelle für das Kühlmittel R404A, auf Seite 17, folgende Daten ein:

- Druckabfall vor dem Ventil = 9,76 bar
- Verdampfungstemperatur = - 5 °C

- berechnete Verdampferleistung = 2,91 kW um die entsprechende Öffnung O4 zu wählen (Anm.: die Leistung des Ausdehnungsventils muss gleich oder geringfügig höher als die berechnete Leistung des Verdampfers sein).



**TABELLE 1: Allgemeine Eigenschaften der Ausdehnungsventile PWM**

Katalognummer	ODS-Anschlüsse				Bohrung der Öffnung [mm]	Kv-Faktor [m³/h]	Differentialdruck zum Öffnen [bar]			Funktionsweise	Minimale Auslösezeit [s]	TS [°C]		PS [bar]	Gefahrenkategorie gemäß PED
	[in]		[mm]				MinOPD	MOPD				min.	max.		
	IN	AUS-GANG	IN	AUS-GANG				AC	DC						
2028/3S01	3/8"	1/2"	-	-	0,5	0,010	0	18	18	1	-40	100	45	Art. 3.3	
2028/M10S01	-	-	10	12											
2028/3S02	3/8"	1/2"	-	-	0,7	0,017									
2028/M10S02	-	-	10	12											
2028/3S03	3/8"	1/2"	-	-	0,8	0,023									
2028/M10S03	-	-	10	12											
2028/3S04	3/8"	1/2"	-	-	1,1	0,043									
2028/M10S04	-	-	10	12											
2028/3S05	3/8"	1/2"	-	-	1,3	0,065									
2028/M10S05	-	-	10	12											
2028/3S06	3/8"	1/2"	-	-	1,7	0,113									
2028/M10S06	-	-	10	12											
2028/4S07	1/2"	5/8"	-	-	2,3	0,200	14								
2028/M12S07	-	-	12	16											
2028/4S08	1/2"	5/8"	-	-	2,5	0,230									
2028/M12S08	-	-	12	16											
2028/4S09	1/2"	5/8"	-	-	2,7	0,250	10								
2028/M12S09	-	-	12	16											

**TABELLE 2: Allgemeine Eigenschaften der Spulen**

Spulentyp	Katalognummer	Spannung [V]	Spannungstoleranz [%]	Frequenz [Hz]	Stromaufnahme bei 20 °C [mA]				Anschlüsse	
					Anlauf		Betrieb		Schutzart IP65	Schutzart IP65/IP68
					50 [Hz]	D.C.	50 [Hz]	D.C.		
HM4	9160/RA2	24 A.C.	+6 / -10	50	1490	-	700	-	9150/R02	9155/R01
	9160/RA4	110 A.C.			330		156			
	9160/RA6	220/230 A.C.			162		76			
	9160/RD1	12 D.C.	-	1350	1350					
	9160/RD2	24 D.C.		650	650					

**TABELLE 3: Öffnungen - Nennleistungen in kW**

Katalognummer	Öffnungsart	Bohrung der Öffnung [mm]	Kühlmittel				
			R22	R134a	R404A R507	R407C	R410A
9150/R63	01	0,5	1,0	0,9	0,8	1,1	1,3
9150/R64	02	0,7	1,9	1,7	1,6	2,0	2,4
9150/R65	03	0,8	2,5	2,0	1,9	2,4	3,0
9150/R66	04	1,1	3,9	3,2	2,9	3,8	4,8
9150/R67	05	1,3	6,7	5,6	5,1	6,7	8,4
9150/R68	06	1,7	9,2	7,7	7,0	9,1	11,4
9150/R69	07	2,3	14,7	12,2	11,3	15,3	18,2
9150/R78	08	2,5	17,4	14,7	13,5	17,7	21,6
9150/R79	09	2,7	19,3	16,3	15,0	19,6	24,1

Die Nennleistungen beziehen sich auf:

- Verdampfungstemperatur  $T_{evap} = + 5 \text{ °C}$
- Kondensationstemperatur  $T_{cond} = + 32 \text{ °C}$
- Temperatur der Kühlflüssigkeit am Eingang des Ventils  $T_{liq} = + 28 \text{ °C}$

TABELLE 4: Kühlmittel R22 - Leistung in kW

Öffnungsart	Druckabfall vor dem Ventil [bar]								
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
01	0,7	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2
02	1,3	1,7	1,9	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3
03	1,7	2,2	2,5	2,7	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0
04	2,7	3,5	3,9	4,2	4,4	4,5	4,6	4,7	4,7
05	4,7	6,0	6,7	7,3	7,6	7,8	7,9	8,1	8,1
06	6,4	8,3	9,2	9,9	10,4	10,6	10,8	11,0	11,0
07	10,3	13,2	14,7	15,8	16,6	17,0	17,3	17,6 (1)	17,6 (2)
08	12,2	15,7	17,4	18,8	19,7	20,2	20,5	20,9 (1)	20,9 (2)
09	13,5	17,4	19,3	20,8	21,8	22,4 (1)	22,8 (2)	23,2 (2)	23,2 (2)

TABELLE 5: Kühlmittel R134a - Leistung in kW

Öffnungsart	Druckabfall vor dem Ventil [bar]								
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
01	0,6	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9
02	1,2	1,5	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	1,8	1,8
03	1,4	1,8	2,0	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1
04	2,3	2,9	3,2	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,5
05	3,9	5,0	5,6	6,0	6,1	6,2	6,2	6,1	6,0
06	5,4	6,9	7,7	8,2	8,4	8,5	8,5	8,4	8,2
07	8,5	10,9	12,2	13,0	13,4	13,5	13,5	13,4 (1)	13,0 (2)
08	10,3	13,2	14,7	15,7	16,2	16,3	16,3	16,2 (1)	15,7 (2)
09	11,4	14,7	16,3	17,4	17,9	18,1 (1)	18,1 (2)	17,9 (2)	17,4 (2)

(1) : Druckdifferenzial bei Spulen 9160/RD2 nicht verfügbar

(2) : Druckdifferenzial bei Spulen 9160/RD1 und 9160/RD2 nicht verfügbar

**TABELLE 6: Kühlmittel R404A/R507 - Leistung in kW**

Öffnungsart	Druckabfall vor dem Ventil [bar]								
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
01	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
02	1,1	1,4	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5
03	1,3	1,7	1,9	2,0	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9
04	2,1	2,7	2,9	3,1	3,2	3,2	3,2	3,1	2,9
05	3,7	4,7	5,1	5,5	5,6	5,6	5,5	5,4	5,1
06	5,0	6,4	7,0	7,4	7,6	7,6	7,5	7,4	6,9
07	8,0	10,2	11,3	11,9	12,2	12,2	12,0	11,8 (1)	11,1 (2)
08	9,6	12,3	13,5	14,3	14,6	14,6	14,4	14,2 (1)	13,4 (2)
09	10,7	13,7	15,0	15,9	16,2	16,2 (1)	16,0 (2)	15,8 (2)	14,9 (2)

**TABELLE 7: Kühlmittel R407C - Leistung in kW**

Öffnungsart	Druckabfall vor dem Ventil [bar]								
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
01	0,8	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3
02	1,4	1,8	2,0	2,2	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4
03	1,7	2,1	2,4	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9
04	2,7	3,4	3,8	4,1	4,3	4,4	4,5	4,6	4,6
05	4,7	6,0	6,7	7,3	7,6	7,8	7,9	8,1	8,1
06	6,4	8,2	9,1	9,8	10,3	10,5	10,7	10,9	10,9
07	10,7	13,8	15,3	16,5	17,3	17,7	18,1	18,4 (1)	18,4 (2)
08	12,4	15,9	17,7	19,1	20,0	20,5	20,9	21,2 (1)	21,2 (2)
09	13,7	17,6	19,6	21,2	22,1	22,7 (1)	23,1 (2)	23,5 (2)	23,5 (2)

(1) : Druckdifferenzial bei Spulen 9160/RD2 nicht verfügbar

(2) : Druckdifferenzial bei Spulen 9160/RD1 und 9160/RD2 nicht verfügbar

TABELLE 8: Kühlmittel R410A - Leistung in kW

Orifice Type	Pressure drop across valve [bar]								
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
01	0,9	1,1	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6
02	1,6	2,1	2,4	2,6	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0
03	2,0	2,7	3,0	3,3	3,5	3,6	3,7	3,8	3,8
04	3,2	4,3	4,8	5,3	5,6	5,8	5,9	6,1	6,1
05	5,6	7,4	8,4	9,2	9,7	10,0	10,2	10,5	10,6
06	7,7	10,1	11,4	12,5	13,1	13,6	13,9	14,3	14,4
07	12,2	16,0	18,2	19,8	20,9	21,6	22,2	22,7 (1)	22,9 (2)
08	14,5	19,0	21,6	23,5	24,8	25,7	26,4	27,0 (1)	27,2 (2)
09	16,1	21,2	24,1	26,3	27,7	28,7 (1)	29,4 (2)	30,1 (2)	30,4 (2)

(1) : Druckdifferenzial bei Spulen 9160/RD2 nicht verfügbar

(2) : Druckdifferenzial bei Spulen 9160/RD1 und 9160/RD2 nicht verfügbar

TABELLE 9: Korrekturfaktor für Unterkühlung  $\Delta t_{sub} > 4^{\circ}\text{C}$

Kühlmittel	4K	10K	15K	20K	25K	30K	35K	40K	45K	50K
R22	1	0,94	0,9	0,87	0,83	0,8	0,77	0,74	0,72	0,69
R134a	1	0,93	0,88	0,84	0,8	0,76	0,73	0,7	0,68	0,65
R404A/R507	1	0,91	0,83	0,78	0,73	0,68	0,65	0,61	0,59	0,56
R407C	1	0,93	0,88	0,83	0,79	0,75	0,72	0,69	0,66	0,64
R410A	1	0,95	0,9	0,85	0,81	0,77	0,73	0,7	0,67	0,64

Weicht die Unterkühlung vor dem Ventil von  $4^{\circ}\text{C}$  ab, muss die Leistung des Verdampfers mittels Division durch den entsprechend in Tabelle 9 ermittelten Korrekturfaktor angepasst werden.

[www.castel.it](http://www.castel.it)



ed. 001-VE-DEU

Castel übernimmt keine Verantwortung für Fehler oder Änderungen in den Katalogen, Handbüchern, Broschüren und sonstigen Unterlagen. Castel behält sich das Recht vor, Änderungen und Verbesserungen der Produkte ohne vorherige Ankündigung vorzunehmen. Alle genannten Marken sind Eigentum des jeweiligen Inhaber. Der Name und das Castel-Logo sind eingetragene Warenzeichen und Eigentum von Castel Srl. Alle Rechte vorbehalten.

Castel Srl - Via Provinciale 2-4 - 20060 Pessano con Bornago - MI