

Dimensionierung von thermostatischen Expansionsventilen

1	Zweck.....	1
2	Anwendungsbereich	1
3	Definitionen	1
3.1	Leistung.....	1
3.2	Überhitzung.....	3
4	Nennbedingungen bei nicht zeotropen Kältemitteln.....	3
5	Nennbedingungen für zeotrope Kältemittelmischungen: Beispiel R407C.....	5
6	Kälteleistung und die Umrechnung auf ARI Standard.....	6
7	Anhang: Einfluss des Kältemittelgleites in einem Verflüssiger ohne Druckabfall.....	7

1 Zweck

Der Zweck dieser Erklärung ist die Definition einer gemeinsamen Terminologie und der Umgebungsbedingungen für die Auslegung von thermostatischen Expansionsventilen innerhalb des Europäischen Kälte- und Klima-Marktes.

2 Anwendungsbereich

Diese Erklärung gilt für thermostatische Expansionsventile (im weiteren Text mit TXV abgekürzt). Ein TXV ist ein mechanisches Gerät, das den Kältemittel-Massenstrom in Abhängigkeit von Druck und Temperatur regelt. Andere Expansionsorgane wie automatische Expansionsventile, Düsen, Kapillarrohre sind von dieser Erklärung nicht betroffen. Sie gilt für den Verdampfungstemperaturbereich von -50°C bis +25°C.

3 Definitionen

3.1 Leistung

Die Leistung eines TXV wird durch die Kälteleistung (Q_o) definiert:

$$Q_o = \dot{m} \times \Delta h = \dot{m} \times (h_o - h_c)$$

wobei

\dot{m} den Massenstrom bezeichnet.

h_o ist die spezifische Enthalpie des gesättigten Gases am Austritt des Verdampfers.

h_c ist die spezifische Enthalpie des teilweise verdampften Kältemittels am Eintritt des Verdampfers

Die Enthalpiedifferenz ist abhängig von t_c , (Siedepunkt der Verflüssigung), Δt_{Eu} (Unterkühlung des flüssigen Kältemittels) und t_o , (Taupunkt der Verdampfung) (siehe Fig. 1).

STATEMENT

Last update: September 2005



3.2 Überhitzung

- Die Überhitzung (SH) ist definiert als die Differenz zwischen der gemessenen Temperatur und der gesättigten Temperatur des Kältemittels.
- Statische Überhitzung (SS) bezieht sich nur auf das TXV und ist definiert als die Überhitzung unter welcher das Ventil geschlossen ist und über welcher sich das Ventil öffnet.
- Die Öffnungsüberhitzung (OS) ist die Erhöhung der Überhitzung oberhalb SS, die erforderlich ist um \dot{Q}_n zu erhalten.
- Die Arbeitsüberhitzung (WS) ist die Summe von SS und OS und kann im Feld gemessen werden.
- Die Werkseinstellung ist der voreingestellte Wert von SS, des Ventilherstellers (Lieferzustand).

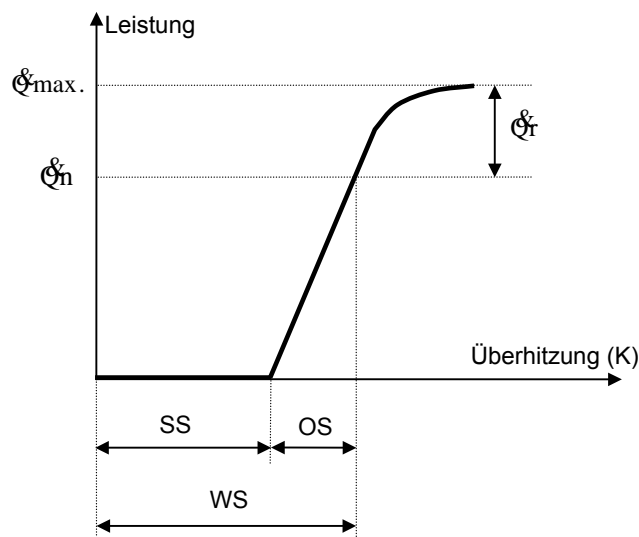


Fig. 2: Leistung als Funktion der Überhitzung

4 Nennbedingungen bei nichtzeotropen Kältemitteln

Die Nennleistung eines TXV muss bei folgenden Nennbedingungen berechnet werden:

Verdampfungstemperatur	+4°C
Verflüssigungstemperatur	+38°C
Unterkühlung	1 K
Normierter Differenzdruck am TXV	Der normierte Differenzdruck ist die Differenz der Drücke bei der normierten Verflüssigungstemperatur und der normierten Verdampfungstemperatur.
Statische Überhitzung	3 ... 4 K
Öffnungsüberhitzung	Max. 5K für normierte Leistung – siehe Hinweis

HINWEIS Bis zur Nennleistung besteht eine lineare Abhängigkeit zwischen der Leistung und der Öffnungsüberhitzung. Bei höherer Öffnungsüberhitzung ergibt sich eine höhere Leistung und umgekehrt.

STATEMENT

Last update: September 2005

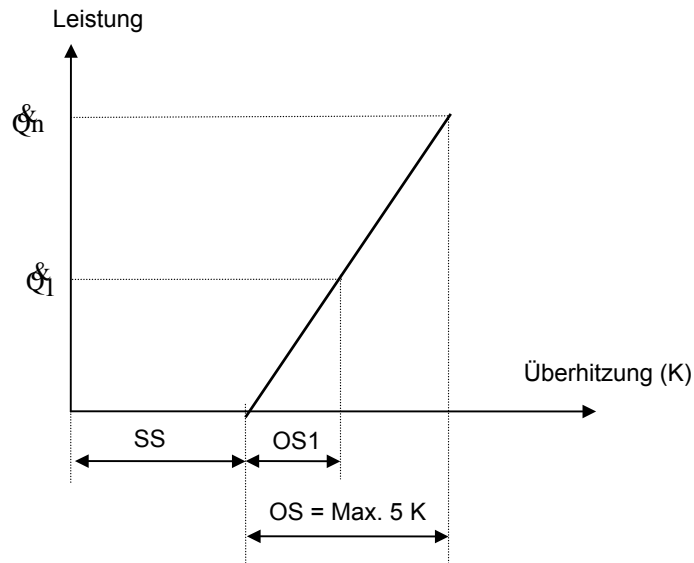


Fig. 3: Leistung in Abhängigkeit der Überhitzung

Normierter Differenzdruck für einige verbreitete Kältemittel

Kältemittel	Verflüssigungsdruck p_c bei $t_c = +38^\circ\text{C}$, bara	Verdampfungsdruck p_o bei $t_o = +4^\circ\text{C}$, bara	Normierter Differenzdruck am TXV, bar
R134a	9.63	3.38	6.25
R22	14.60	5.66	8.94
R404A	17.47	6.85	10.62
R507	17.86	7.12	10.74
R410A	23.03	9.03	14.00

HINWEIS 1: Es wurden nicht alle Kältemittel aufgelistet

HINWEIS 2: R404A ist eine zeotrope Mischung, die wegen des schmalen gleitenden Temperaturbandes für die Dimensionierung von TXVs wie ein nicht-zeotropes Kältemittel behandelt werden kann.

In der Praxis besitzen alle Kältesysteme Druckabfälle – deshalb ist der effektive Differenzdruck am TXV immer niedriger als der normierte Differenzdruck und lässt sich folgendermaßen bestimmen:

$$\Delta p_{\text{effective}} = p_c - (p_o + \Delta p_L + \Delta p_F + \Delta p_{SI} + \Delta p_{SO} + \Delta p_{LD} + \Delta p_E)$$

Wobei:

- p_c : Verflüssigungsdruck beim Siedepunkt
- p_o : Verdampfungsdruck beim Taupunkt
- Δp_L : Druckabfall in der gesamten Flüssigkeitsleitung
- Δp_F : Druckabfall im Flüssigkeitsfilter-Trockner
- Δp_{SI} : Druckabfall im Schauglas in der Flüssigkeitsleitung
- Δp_{SO} : Druckabfall im Magnetventil in der Flüssigkeitsleitung
- Δp_{LD} : Druckabfall im Flüssigkeitsverteiler zum Verdampfer
- Δp_E : Druckabfall im Verdampfer

HINWEIS: Für die Berechnung der normierten Kälteleistung des TXV wurde angenommen, dass alle Druckabfälle gleich Null seien. Für die Auswahl eines Ventils für eine bestimmte Anwendung / Installation müssen die Druckabfälle im System berücksichtigt werden.

5 Nennbedingungen für zeotrope Kältemittelmischungen: Beispiel R407C

Im Gegensatz zu Einstoff-Kältemitteln (wie R22, R134a usw.), bei denen der Phasenübergang bei konstanter Temperatur / Druck stattfindet, vollzieht sich Verdampfung und Verflüssigung des zeotropen Gemisches R407C „gleitend“ (d.h. bei konstantem Druck variiert die Temperatur in einem bestimmten Bereich) innerhalb des Verdampfers und des Verflüssigers.

Das beeinflusst die Leistung von TXVs, aber auch anderer Komponenten wie Verdichter und muss bei der Dimensionierung berücksichtigt werden.

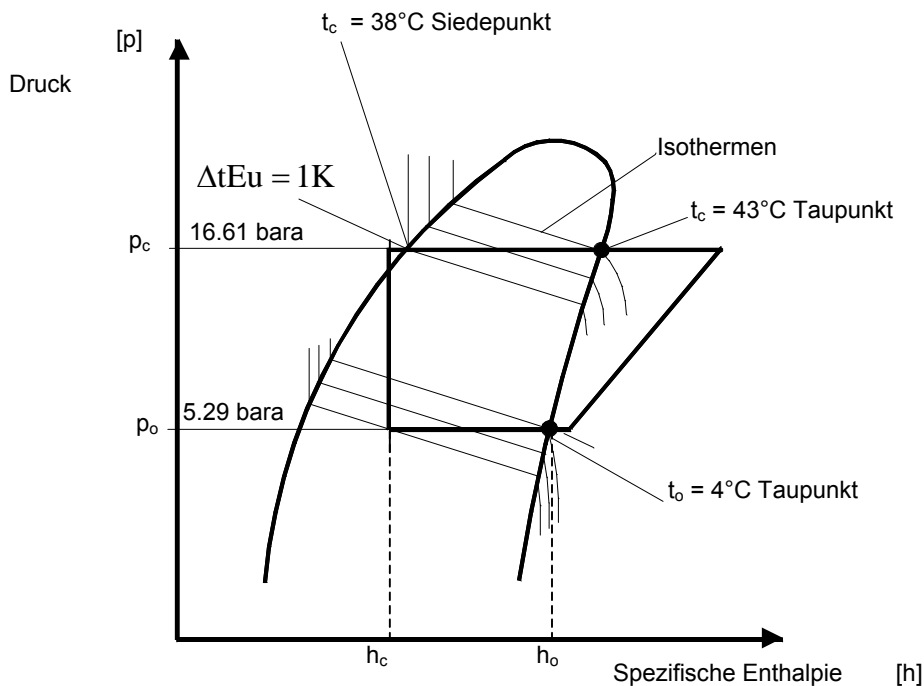


Fig. 4: Druck als Funktion der Enthalpie

Verdampfungstemperatur	+4°C Taupunkt
Verdampfungsdruck	5.29 bara.
Verflüssigungstemperatur	+38°C Siedepunkt bezogen auf +43°C Taupunkt
Verflüssigungsdruck	16.61 bara (der Druckabfall im Verflüssiger wurde vernachlässigt)
Unterkühlung	1 K
Normierter Differenzdruck im TXV	11.32 bar Differenzdruck
Statische Überhitzung (Werkseinstellung)	3 ... 4 K
Öffnungsüberhitzung	max. 5K

Die Abhängigkeit zwischen den Siedepunkten und den Taupunkten des Kältemittels R407C ist im Anhang zu finden.

STATEMENT

Last update: September 2005



6 Kälteleistung und die Umrechnung auf ARI Standard

Wegen der unterschiedlichen Normierungsbedingungen kann die TXV Kälteleistung in dieser Erklärung nicht direkt in Kälteleistungen nach ARI Standard übertragen werden.

Die vorliegende Erklärung definiert den thermodynamischen Differenzdruck in Abhängigkeit von normierten Temperaturen.

Der ARI Standard dagegen normiert TXVs bei festen Differenzdrücken, die thermodynamisch nicht mit den normierten Temperaturen korrelieren.

ARI normierte Bedingungen für TXVs				Thermodynamischer Differenzdruck korreliert mit Flüssigkeits- und Verdampfungs-temperatur, bar (psi)
Kältemittel	Flüssigkeits-temperatur, °C (F)	Verdampfungs-temperatur, °C (F)	ARI normierter Differenzdruck am TXV, bar (psi)	
R134a	+37.8°C (+100F)	+4.4 °C (+40F)	4.14 (60 psi)	6.16 (89 psi)
R22			6.9 (100psi)	8.80 (128psi)
R404A				10.46 (152 psi)
R407C				11.17 (162 psi)
R507				10.56 (153 psi)
R410A			11.03 (160psi)	13.77 (200 psi)

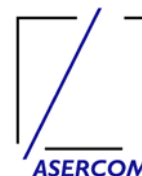
Vergleich der normierten Differenzdrücke, bar (psi)

Kältemittel	laut ASERCOM Statement +38.0 / +4.0 °C	nach ARI Standard +37.8 / +4.4 °C
R134a	6.25 (91 psi)	4.14 (60 psi)
R22	8.94 (130 psi)	6.9 (100 psi)
R404A	10.62 (154 psi)	6.9 (100 psi)
R407C	11.32 (164 psi)	6.9 (100 psi)
R507	10.74 (156 psi)	6.9 (100 psi)
R410A	14.00 (203 psi)	11.03 (160 psi)

Die in SI-Einheiten dokumentierten Leistungswerte (kW oder W) können unter Berücksichtigung der Unterschiede der normierten Differenzdrücke in ARI Tons umgerechnet werden.

STATEMENT

Last update: September 2005



7 Anhang: Einfluss des Kältemittelgleites in einem Verflüssiger ohne Druckabfall

R407C				
Sättigungsdruck		Siedetemperatur	Tautemperatur	Differenz
pc, bara	pc, barg	tc, °C	to, °C	K
9.0	8.0	15	21	6
9.2	8.2	16	22	6
9.5	8.5	17	23	6
9.8	8.8	18	24	6
10.1	9.1	19	25	6
10.4	9.4	20	26	6
10.6	9.6	21	27	6
10.9	9.9	22	28	6
11.3	10.3	23	28	5
11.6	10.6	24	29	5
11.9	10.9	25	30	5
12.2	11.2	26	31	5
12.5	11.5	27	32	5
12.9	11.9	28	33	5
13.2	12.2	29	34	5
13.6	12.6	30	35	5
13.9	12.9	31	36	5
14.3	13.3	32	37	5
14.7	13.7	33	38	5
15.0	14.0	34	39	5
15.4	14.4	35	40	5
15.8	14.8	36	41	5
16.2	15.2	37	42	5
16.6	15.6	38	43	5
17.0	16.0	39	44	5
17.4	16.4	40	45	5
17.9	16.9	41	46	5
18.3	17.3	42	47	5
18.8	17.8	43	48	5
19.2	18.2	44	49	5
19.7	18.7	45	50	5
20.1	19.1	46	51	5
20.6	19.6	47	52	5
21.1	20.1	48	53	5
21.6	20.6	49	53	4
22.1	21.1	50	54	4
22.6	21.6	51	55	4
23.1	22.1	52	56	4
23.7	22.7	53	57	4
24.2	23.2	54	58	4
24.8	23.8	55	59	4
25.3	24.3	56	60	4

HINWEIS: Die Temperaturen wurden gerundet.

Die vorliegenden Empfehlungen sind für Fachleute, Hersteller industrieller, gewerblicher oder privater Kälteanlagen und Installateure bestimmt. Sie wurden entworfen auf der Grundlage dessen, was ASERCOM zum Zeitpunkt der Erstellung für den Stand der wissenschaftlichen und technischen Kenntnisse gehalten hat. Die ASERCOM und ihre Mitglieder übernehmen keine Verantwortung und insbesondere keine Haftung für Maßnahmen, Gesetze und Unterlassungen, die auf der Grundlage dieser Empfehlungen erstellt wurden.