

## 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 Kältemittelgeites 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 elektronische und 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 Ventils wird durch die Kälteleistung ( $Q_o$ ) definiert:

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

wobei

$\dot{m}$  den Massenfluß 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),  $\Delta t_{Eu}$  (Unterkühlung des flüssigen Kältemittels) und  $t_o$ , (Taupunkt der Verdampfung) (siehe Fig. 1).

# STATEMENT

Letzte Aktualisierung: Mai 2011

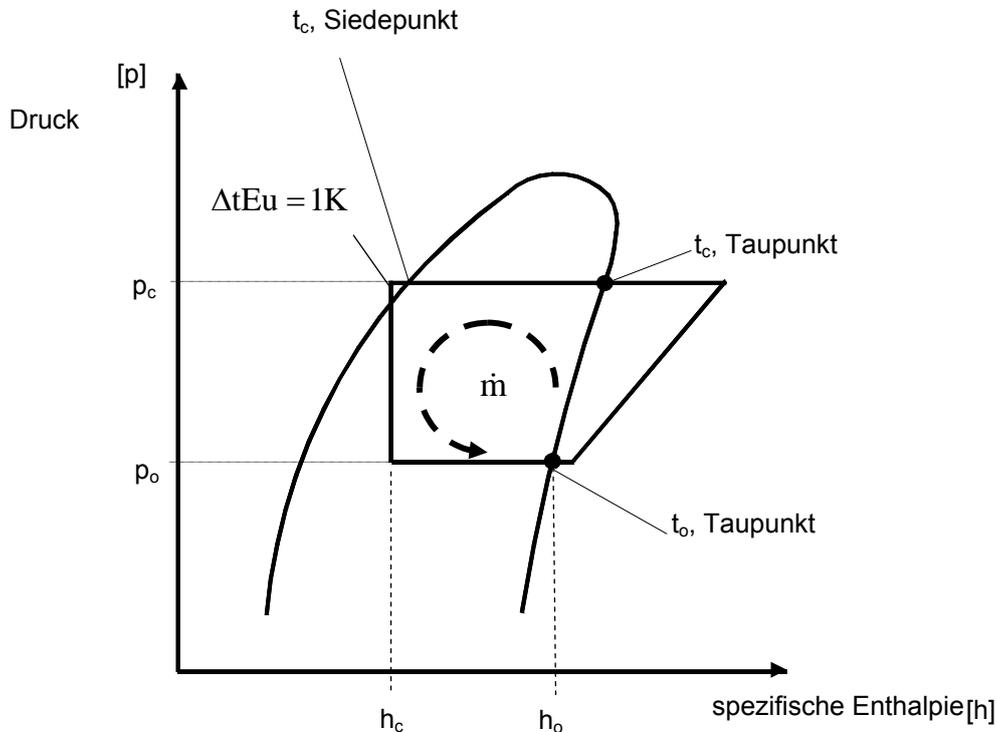


Fig. 1: Druck als Funktion der Enthalpie

p<sub>c</sub>: Verflüssigungsdruck beim Siedepunkt  
p<sub>o</sub>: Verdampfungsdruck beim Taupunkt

Der Massenstrom durch das Ventil ist abhängig vom Kältemittel, dem Öffnungsgrad des Ventils und dem Druckabfall am Ventil. Der Druckabfall in Verteilern und im Verdampfer sei in dieser Erklärung Null.

- Die Nennleistung  $Q_n$  ist definiert als die Leistung, die der Ventilhersteller bei Nennbedingungen (siehe Fig. 2) spezifiziert hat.
- Die Maximalleistung  $Q_{max}$  ist definiert als die größte Leistung bei Nennbedingungen.
- Die Reserveleistung  $Q_r$  ist definiert als die Differenz zwischen  $Q_{max}$  und  $Q_n$

# STATEMENT

Letzte Aktualisierung: Mai 2011



## 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).

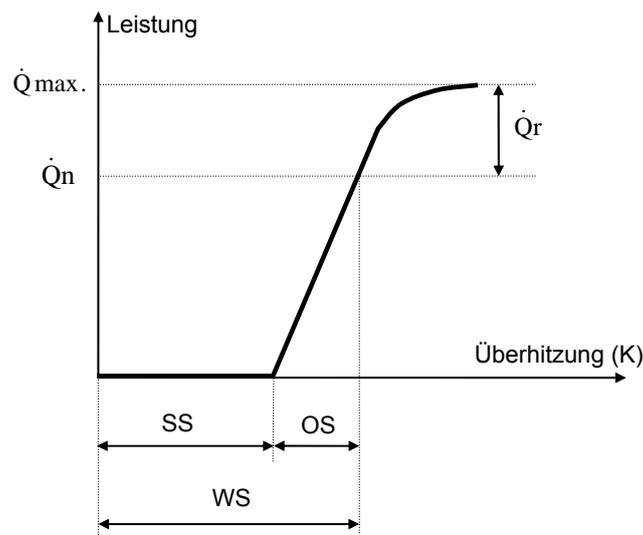


Fig. 2: Leistung als Funktion der Überhitzung

## 4 Nennbedingungen bei nichtzeotropen Kältemitteln.

Die Nennleistung eines TXV muß bei folgenden Nennbedingungen berechnet werden:

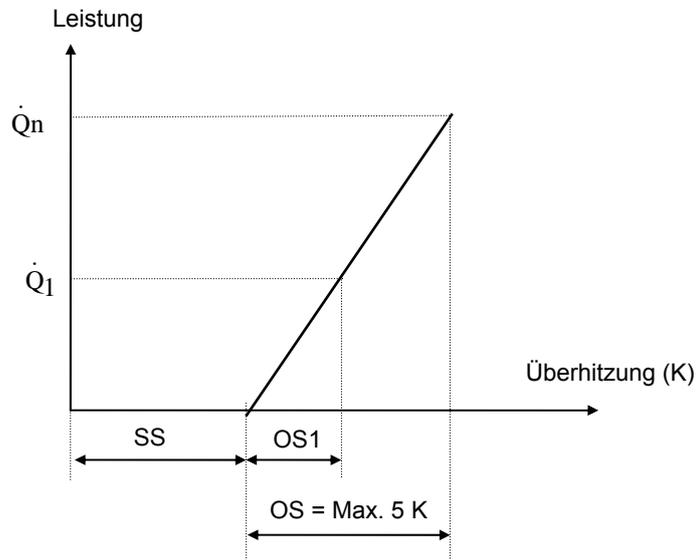
Verdampfungstemperatur	+4°C
Verflüssigungstemperatur	+38°C
Unterkühlung	1 K
Normierter Differenzdruck am TXV	Der normierte Differenzdruck ist die Differenz der Drücke bei der normierten Verflüssigungstemperatur und der normierten Verdampfungstemperatur.
Statische Überhitzung	3 ... 4 K
Öffnungsüberhitzung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

# STATEMENT

Letzte Aktualisierung: Mai 2011



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



**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 Differenz- druck am TXV, bar
R134a	9.63	3.38	6.25
R404A	17.47	6.85	10.62
R507A	17.86	7.12	10.74
R410A	23.03	9.03	14.00
R22	14.60	5.66	8.94

*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
- $\Delta p_L$ : Druckabfall in der gesamten Flüssigkeitsleitung
- $\Delta p_F$ : Druckabfall im Flüssigkeitsfilter-Trockner
- $\Delta p_{SI}$ : Druckabfall im Schauglas in der Flüssigkeitsleitung
- $\Delta p_{SO}$ : Druckabfall im Magnetventil in der Flüssigkeitsleitung
- $\Delta p_{LD}$ : Druckabfall im Flüssigkeitsverteiler zum Verdampfer

# STATEMENT

Letzte Aktualisierung: Mai 2011



$\Delta p_E$ : Druckabfall im Verdampfer

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

## 5 Nennbedingungen für zeotrope Kältemittelmischungen: Beispiel R407C

Im Gegensatz zu einfachen Substanzen (wie R134a, R22 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.

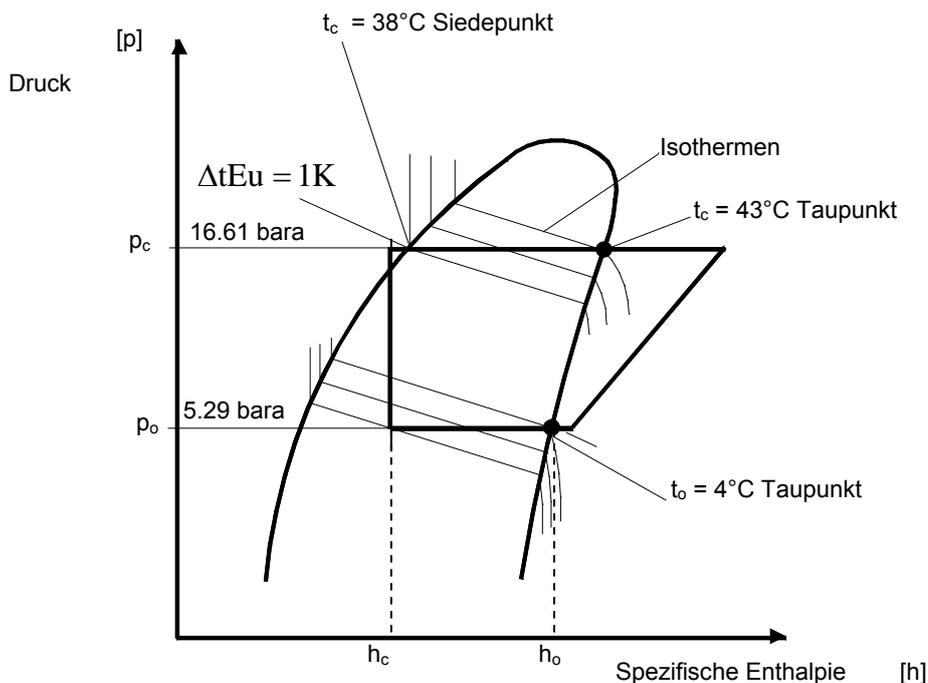


Fig. 4: Druck als Funktion der Enthalpie

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

# STATEMENT

Letzte Aktualisierung: Mai 2011



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

## 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-temperature, °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)
R410A			6.9 (100psi)	13.77 (200 psi)
R404A				10.46 (152 psi)
R407C				11.17 (162 psi)
R507A				10.56 (153 psi)
R22			11.03 (160psi)	8.80 (128 psi)

Vergleich der normierten Differenzdrücke, bar (psi)

Kältemittel	laut ASERCOM Erklärung +38.0 / +4.0 °C	nach ARI Standard +37.8 / +4.4 °C
R134a	6.25 (91 psi)	4.14 (60 psi)
R404A	10.62 (154 psi)	6.9 (100 psi)
R407C	11.32 (164 psi)	6.9 (100 psi)
R507A	10.74 (156 psi)	6.9 (100 psi)
R410A	14.00 (203 psi)	11.03 (160 psi)
R22	8.94 (130 psi)	6.9 (100 psi)

Die metrischen kW Leistungen können unter Berücksichtigung der Unterschiede der normierten Differenzdrücke in ARI Tons umgerechnet werden.

# STATEMENT

Letzte Aktualisierung: Mai 2011



## 7 Anhang: Einfluß des Kältemittelgeites 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.

# STATEMENT

Letzte Aktualisierung: Mai 2011



---

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. *ASERCOM* und ihre Mitglieder übernehmen keine Verantwortung und insbesondere keine Haftung für Maßnahmen, Gesetze und Unterlassungen, die auf der Grundlage dieser Empfehlungen erstellt wurden.

---