

*Danfoss*

# Lehrer-Treff 2026 am

Michael Rosenzweig

Key Account Manager Danfoss GmbH, Offenbach



# Expansionsventile im Überblick



**Thermostatisch** regelnde Expansionsventile



**Stetig** regelnde Expansionsventile



**Pulsweitenmodulierend** regelnde elektrische Expansionsventile

# Thermostatisch regelnde Expansionsventile

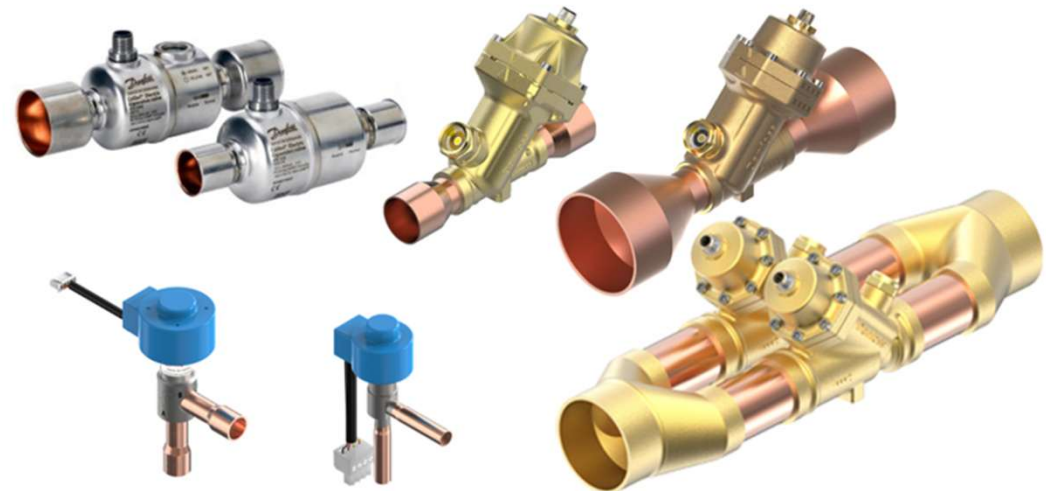


- Automatische, selbstregelnde Überhitzungssteuerung
- Hohe Zuverlässigkeit und Robustheit
- Einfache Installation und Service
- Wartungsfreundlich

# Stetig regelnde elektrische Expansionsventile



- Präzise, kontinuierliche Regelung
- Ventilöffnung wird stufenlos angepasst
- Hohe Energieeffizienz
- Breite Kältemittelkompatibilität
- Vielseitiger Einsatzbereich
- Konstante Regelgenauigkeit auch bei kleinen Durchflussmengen
- Ideal für Teillastbetrieb und variable Verdampferlast
- Geringe Geräuscentwicklung



# Pulsweitenmodulierend regelnde elektrische Expansionsventile



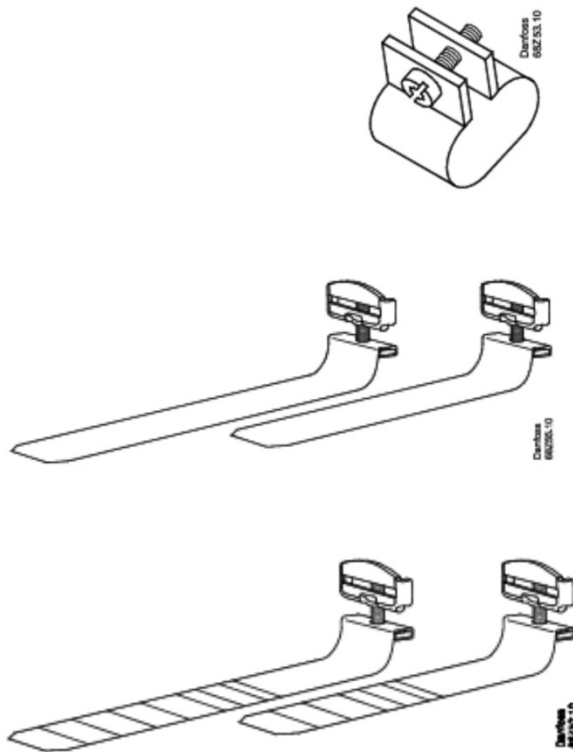
- Regelung durch schnelle Öffnungs-/Schließzyklen
- Ventilöffnung wird über Pulsweite gesteuert
- Gute Verdampferausnutzung bei variabler Last
- Hohe Energieeffizienz
- Breite Kältemittelkompatibilität
- Vielseitiger Einsatzbereich
- Geeignet für kleine und mittlere Durchflussmengen
- Robust gegenüber Lastschwankungen
- Fail-Safe-Strategien für sicheren Betrieb

# Expansionsventile im Überblick



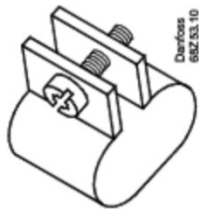
Merkmal	TEV (Thermostatisch)	ETS (Elektronisch stetig)	PWM (Elektronisch pulsierend)
<b>Regelprinzip</b>	Mechanisch, stufenlos über Fühlerdruck	Elektronisch, stufenlos über Schrittmotor	Elektronisch, Ein/Aus-Impulse über Magnetspule
<b>Überhitzungsregelung</b>	Automatisch, selbstregelnd, konstant	Sehr präzise, schnell anpassbar	Präzise, schnelle Reaktion auf Laständerungen
<b>Reaktionsgeschwindigkeit</b>	Mittel	Hoch	Sehr hoch
<b>Präzision</b>	Mittel	Sehr hoch	Hoch (abhängig von Pulsfrequenz)
<b>Energieeffizienz</b>	Gut	Sehr gut	Sehr gut
<b>Stromversorgung</b>	Nein	Ja	Ja
<b>Zuverlässigkeit</b>	Sehr hoch, robust	gut, abhängig von Elektronik	Hoch, abhängig von Elektronik
<b>Installationsaufwand</b>	Gering	Mittel	Mittel
<b>Wartung</b>	Gering	Mittel	Mittel
<b>Integration in digitale Systeme</b>	Nein	Ja	Ja
<b>Schmutzempfindlichkeit</b>	Gering bis mittel	Hoch	Gering
<b>Typische Anwendungen</b>	Kleine/mittlere DX-Anlagen, einfache Systeme	Präzisionskälte, variable Last, energieoptimierte Anlagen	Variable Last, schnelle Regelung, Integration in multifunktionale Ventilstationen

# Der Fühlerkontakt als Schlüssel

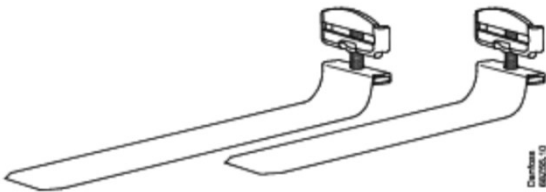


Der Fühlerkontakt sowie die Fühlerposition entscheidet über Effizienz, Zuverlässigkeit und Sicherheit.

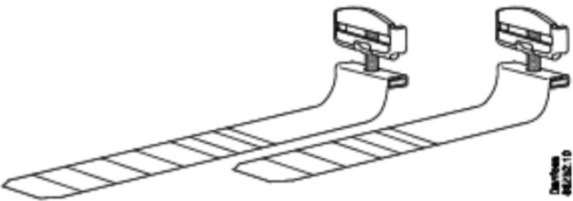
# Der Fühlerkontakt als Schlüssel



Fühler		
Code No.	Description	Width
068U3518	For 5/16 in tube	22,5 mm
068U3509	For 3/8 in tube	
068U3510	For 1/2 in tube	
068U3511	For 5/8 in tube	

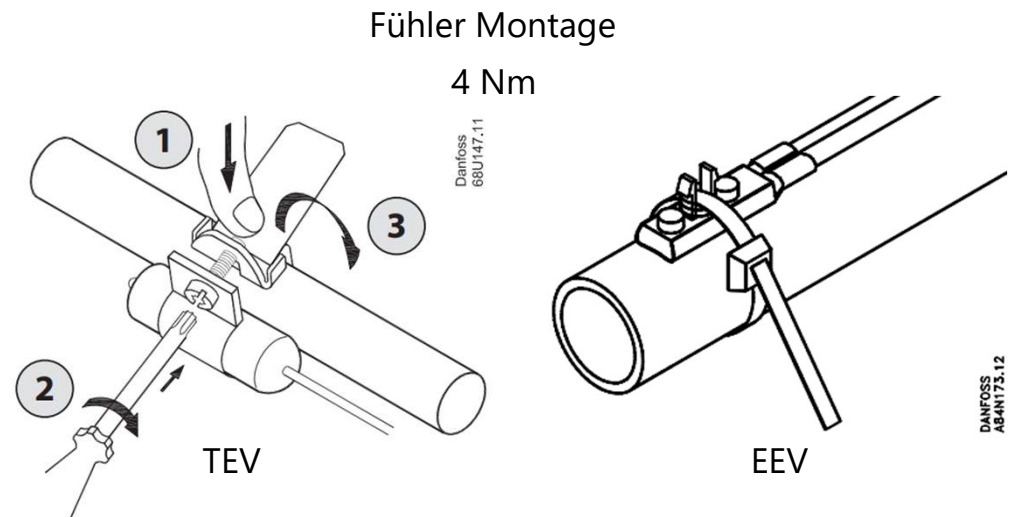
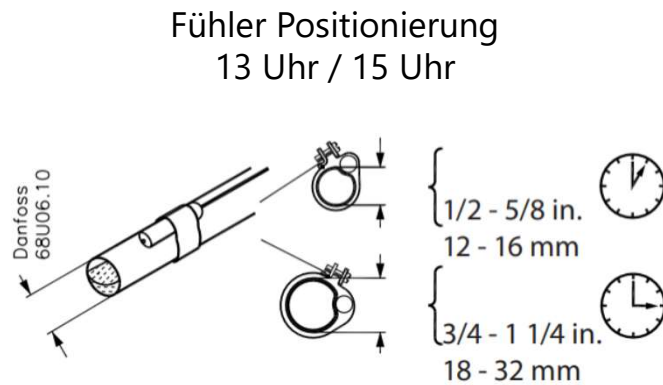


Bulb strap for TU, TC, T2, TD1 and TR6		
Code No.	Description	Width
068U3525	Max. 28 mm tube	18 mm
068U3527	Max. 50 mm tube	
068U3519	Max. 28 mm tube	
<b>068U3520</b>	<b>Max. 28 mm tube</b>	
<b>068U3528</b>	<b>Max. 50 mm tube</b>	



Bulb strap for TGE and TE 5 - TE55		
Code No.	Description	Width
068U3525	Max. 1 1/8 mm tube	18 mm
067N0587	Max. 2 1/8 mm tube	
067N0589	Max. 3 1/8 mm tube	

# Der Fühlerkontakt als Schlüssel



**Richtige Fühlerposition + richtiger Fühlerkontakt  
= optimaler Wärmeübergang = präzise Regelung  
Woher stammen diese Angaben?**

# Der Fühlerkontakt als Schlüssel

Die Modellierung der Dynamik des Füllsystems eines TEV lässt sich grob in zwei Teile unterteilen (Abbildung 1). Einer davon ist der **thermische Kontakt** zwischen dem Kältemittel, das durch den Verdampferausgang strömt, und der Füllung im Inneren des Fühlers, der andere Teil sind verschiedene interne Phänomene innerhalb des Füllsystems.

Der thermische Kontakt zwischen dem Kältemittel und der Füllung hängt von mehreren Parametern ab, die sich auf Geometrien, Materialien und die Art der Montage des Fühlers beziehen. Das System besteht aus einem zylindrischen Edelstahlfühler, der mit einem Kupferband auf einem Kupferrohr montiert ist (Abbildung 2).

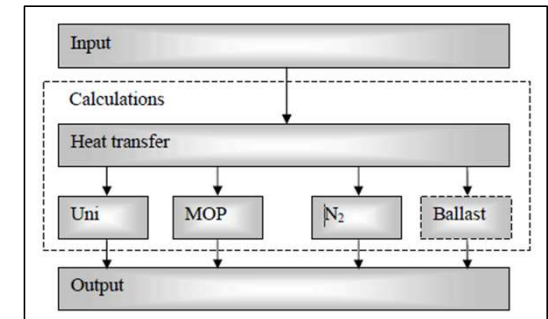


Abbildung 1



Abbildung 2

# Der Fühlerkontakt als Schlüssel

Die Wärme fließt über zwei getrennte Wege vom Kältemittel zur Fühlerfüllung:

## Pfad 1 (Direkter Kontakt):

Kältemittel (1) → Verdampferrohrwand (2) → Fühlerwand (6) → Füllung (7)

## Pfad 2 (Über das Band):

Kältemittel (1) → Verdampferrohrwand (2) → Band am Verdampferrohr (3) → Freies Band (4) → Band am Fühler (5) → Fühlerwand (6) → Füllung (7)

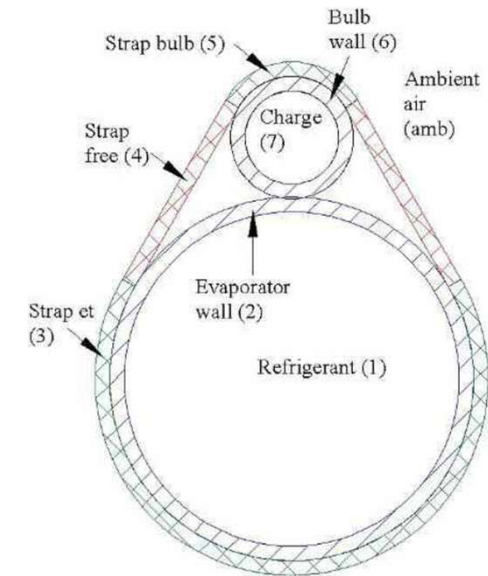


Abbildung 3

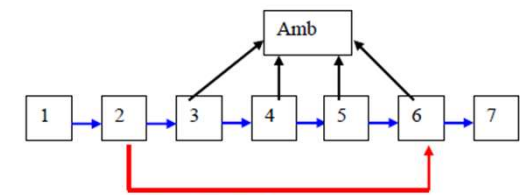


Figure 7-4: Heat fluxes in the system

Abbildung 4

# Der Fühlerkontakt als Schlüssel

## Experimentelle Auswertung der Temperaturverteilung im leeren Fühler

Dies wurde experimentell durchgeführt, indem die Temperatur an vier Stellen an einem leeren Fühler gemessen wurde. Die Temperatur wurde, wie in der Abbildung 5 und 6 gezeigt, an vier Stellen gemessen.

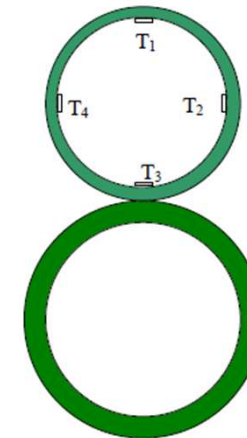


Abbildung 5

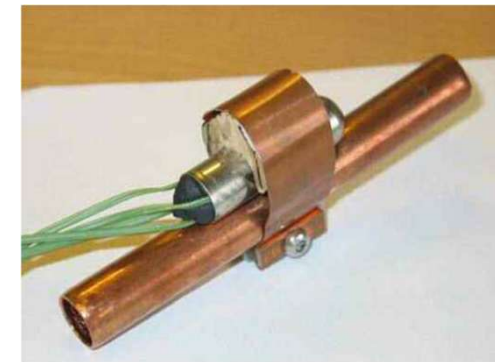


Abbildung 6

# Der Fühlerkontakt als Schlüssel

- **Pfad 1: Direkter Kontakt (Rohr → Fühler)**
  - Überträgt **~75%** der Wärme
  - **Dominanter Pfad**
- **Pfad 2: Kontakt über das Band (Rohr → Band → Fühler)**
  - Überträgt **~25%** der Wärme
  - **Sekundärer Pfad**

Montage	Position der Flüssigkeit	Primärer Kontakt durch	Zeitkonstante (aufwärts)	Ergebnis
<b>Fühler unten</b>	Am Rohr	<b>Flüssigkeit</b>	<b>75s</b>	<b>SCHNELL</b>

<b>Fühler oben</b>	Vom Rohr entfernt	<b>Gas (isoliert)</b>	<b>219s</b>	<b>LANGSAM</b>
--------------------	-------------------	-----------------------	-------------	----------------

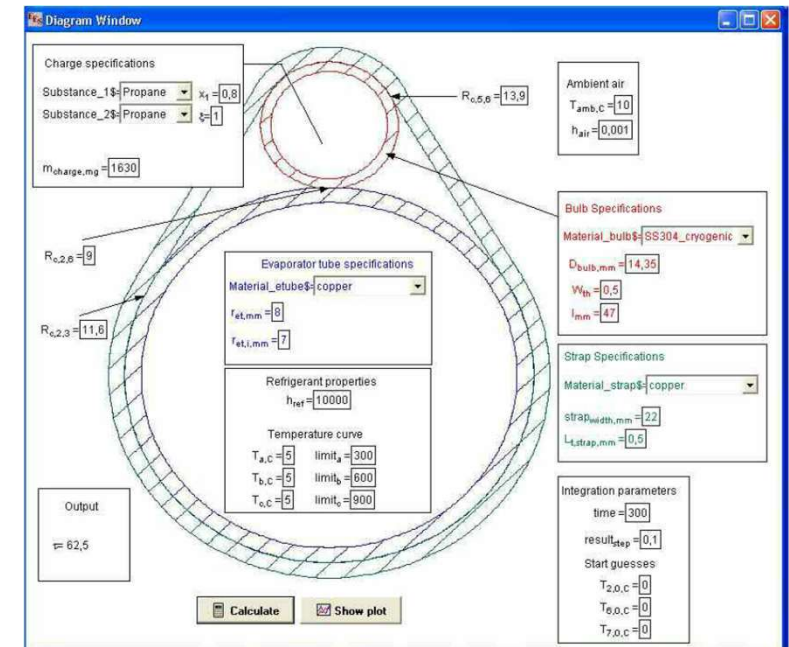


Abbildung 7

Schlussfolgerung: Die Performance wird maximiert, wenn die flüssige Phase den dominanten Wärmeübertragungspfad (direkter Rohrkontakt) nutzt. Eine falsche Montage macht den sekundären Pfad zum Hauptpfad und verlangsamt das System drastisch.

# Der Fühlerkontakt als Schlüssel



Die Modellergebnisse korrelieren mit experimentellen Daten für verschiedene Füllungen. Weiterhin ist festzuhalten, dass der **Wärmeübergang durch das Band etwa 20-30 %** des gesamten Wärmeübergangs ausmacht, während die restlichen 70-80 % durch den direkten Kontakt übertragen werden.

# Statement des Firmengründers



Our Danfoss DNA

"If others can do it,  
so can we – if others can't,  
we still have a chance."

Mads Clausen, founder of Danfoss





# Quellen Verzeichnis

- 1. Aguilar, J., Cäsar, R., Köhler, J., Tegethoff, W., Tischendorf, C., 2006, Wege zur modellierung von thermostatischen Expansionsventilen, Luft- und Kältetechnik 1-2/2006.
- 2. ARI standard 210/240
- 3. Conde, M.R., Suter, P., 1991, A mathematical simulation model for thermostatic expansion valves, Heat recovery systems & CHP Vol. 12, No. 3, pp271-282.
- 4. F-Chart software, EES Engineering Equation solver for Microsoft Windows Operating System, <http://www.fchart.com>
- 5. Incropera, F. P., De Witt, D. P., 1996, Introduction to heat transfer, John Wiley and sons, Inc., USA, 801 pages
- 6. James, K.A., James R.W., 1987, Transient analysis of thermostatic expansion valves for refrigeration system evaporators using mathematical models, Trans Inst MC Vol. No. 4.
- 7. Jørgensen B., 1997, Vedr. Blandinger af R125+R152a. Sammenligning mellem målte værdier og beregnede værdier (REFPROP), Danfoss internal technical report no. 97-061.
- 8. Kuleshov, G. G., 1984, External interaction Equilibria in the thermodynamics of diffuse Phase Transitions of the first kind, Russian Journal of Physical Chemistry Vol. 58, pp 2385-2396
- 9. Lenger, M.J., Jacobi, A.M., Hrnjak, P.S., 1998, Superheat Stability of an evaporator and thermostatic expansion valve, ACRC project 76.
- 10. Outcalt S.L., McLinden M.O., A modified Benedict-Webb-Rubin equation of state for the thermodynamic properties of R152a (1,1- difluoroethane), J. Phys. Chem. Ref. Data, Vol. 25, No. 2, 1996 11. Outcalt S.L., McLinden M.O., Equations of state of R32 (Difluoromethane) and R125 (Pentafluoroethane), International journal of thermophysics, Vol. 16, No. 1, 1995
- 12. Patel, N. C., Teja A. S., A new cubic equation of state for fluids and fluid mixtures; Chemical Engineering Science Vol. 37, No. 3. pp. 463-473, 1982
- 13. Pedersen, J. T., 1996 Beregning af væskevolumen som function af temperatur ved forskellige fyldningsgrader for R 160 (etylchlorid), Danfoss internal technical report no. 96-007
- 14. Raven H. F., 1995, Automatic Control Engineering, McGraw Hill, Singapore, 619 pages.
- 15. RefProp documentation, <http://www.nist.gov/srd/nist23.htm>
- 16. Skovrup M.J., WinDali a modelling and simulation system
- 17. Paper DTU, Denmark, Dr. Lasse Nicolai Langmaack, M.Sc.
- **18: Automatic controls laboratories at Danfoss A/S, Nordborg, Denmark**



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit