

## Was Sie schon immer wissen wollten, ...

Die „Fragen aus der Praxis“, die in Zusammenarbeit mit der Technologie-Transfer-Stelle<sup>1</sup> der Bundesfachschule Kälte-Klima-Technik in Maintal/Niedersachsen bearbeitet werden, behandeln aktuelle Fragen bzw. Probleme aus der täglichen Praxis des Kälte-Anlagenbauers. Dieses Mal geht es um die folgenden Themen:

- Temperaturabhängige Längenänderung von CU-Rohren
- Messung von Isolationswiderständen in Altanlagen
- Absicherung von Verbundanlagen



### Rohrleitungen

#### Temperaturabhängige Längenänderung bei Cu -Rohren

**Frage:** Wie kann die Längenänderung von Cu-Rohrleitungen in Kälteanlagen berechnet werden? Welche rohrtechnischen Vorkehrungen müssen zum Ausgleich der Längenänderung getroffen werden?

**Antwort:** Jeder feste Stoff ändert bei Erwärmung oder Abkühlung seine Länge bzw. sein Volumen. Cu-Rohre in Kälteanlagen ändern ausgehend von der Installationstemperatur ihre Länge. Ist die Betriebstemperatur einer Cu-Rohrleitung höher als die Installationstemperatur (z. B. bei einer Druckleitung), so wird sich die Länge der Leitung vergrößern. Wird die Cu-Rohrleitung bei niedrigeren Temperaturen als die Installationstemperatur (z. B. bei einer Saugleitung) betrieben, so wird sich die Länge verkürzen. Entscheidend für die Längen-

änderung einer Cu-Rohrleitung ist der thermische Längenausdehnungskoeffizient  $\alpha$  von Kupfer. Der Längenausdehnungskoeffizient  $\alpha$  gibt an, um wie viel Meter (oder mm) sich ein Cu-Rohr pro 1 Meter und 1 Kelvin Temperaturdifferenz in der Länge verändert.

Der Längenausdehnungskoeffizient  $\alpha$  für Kupfer beträgt 0,00017 m/(m K) bei 20°C oder 0,017 mm Längenänderung pro Meter und Kelvin. Eine 100 m lange Cu-Rohrleitung wird sich somit pro Kelvin um 1,7 mm in der Länge ändern.

Die Längenänderung  $\Delta l$  wird berechnet mit  $\Delta l = l_1 \times \alpha \times \Delta T$ . Für die Berechnung wird mit dem Längenausdehnungskoeffizient  $\alpha$  bei 20°C praxisnah gerechnet.

#### Beispiel Druckleitung:

Ausgangslänge  $l_1 = 25$  m bei  $t_1 = 20^\circ\text{C}$   
 Betriebstemperatur  $t_2 = 60^\circ\text{C}$   
 Somit ergibt sich eine Temperaturdifferenz  $\Delta T$  von 40 K.  
 Die Längenänderung der Druckleitung beträgt somit  $\Delta l = 11 \times \alpha \times \Delta T = 25 \text{ m} \times 0,017 \text{ mm}/(\text{m K}) \times 40 \text{ K} = 17 \text{ mm}$

Da sich die Druckleitung erwärmt, muss die Längenänderung zur Ausgangslänge addiert werden, d. h. die Druckleitung verlängert sich um ca. 17 mm oder 1,7 cm.

#### Beispiel Saugleitung:

Ausgangslänge  $l_1 = 32$  m bei  $t_1 = 20^\circ\text{C}$   
 Betriebstemperatur  $t_2 = -15^\circ\text{C}$   
 Somit ergibt sich eine Temperaturdifferenz  $\Delta T$  von 35 K.  
 Die Längenänderung der Druckleitung beträgt somit  $\Delta l = 11 \times \alpha \times \Delta T = 32 \text{ m} \times 0,017 \text{ mm}/(\text{m K}) \times 35 \text{ K} = 19,04 \text{ mm}$

Da sich die Saugleitung abkühlt, muss die Längenänderung von der Ausgangslänge subtrahiert werden, d. h. die Saugleitung wird sich um ca. 19 mm oder 1,9 cm verkürzen.

Die Längenänderung von Cu-Rohrleitungen in Kälteanlagen kann einerseits durch spezielle Einbauteile (Dehnungsbogen, Stopfbuchsenkompensator, Wellrohrkompensator), oder über die vorhandene Leitungsführung (Bogen, Umführung, Abzweig) kompensiert werden.



### Elektrotechnik

#### Isolationswiderstand in Altanlagen

**Frage:** Im Zusammenhang mit Wartungsarbeiten führen wir – als eingetragener Betrieb nach § 7a HwO für das Elektrohandwerk – Wiederholungsprüfungen gemäß der Unfallverhütungsvorschrift BGV A2 (Elektrische Anlagen und Betriebsmittel) durch.

In einer Kundenanlage stellte sich heraus, dass in einigen Leitungsabzweigen der Isolationswiderstand kleiner als 0,5 M $\Omega$  war. Nach DIN VDE 0100 T.610 ist dieser Wert nicht zulässig. Ist der Wert von 0,5 M $\Omega$  der absolute Grenzwert oder sind begrenzte Abweichungen zulässig?

**Antwort:** Der Fragestellung ist leider nicht zu entnehmen, ob es sich bei den gemessenen

Leitungsabzweigen um Leistungsstromkreise oder Steuerstromkreise handelt.

1. In Leistungsstromkreisen gilt nach der VDE 0100.610 der Wert von  $R_{\text{Iso}} \geq 0,5 \text{ M}\Omega$ . Bei Wiederholungsprüfungen handelt es sich um sogenannte „Altanlagen“. Hier wird die VDE 0105 herangezogen. Sie enthält die Bestimmungen für den „Betrieb elektrischer Anlagen“.

Abweichend von den Forderungen aus Teil 610 der VDE 0100 stellt man in Rechnung, dass in Anlagen der Isolationswiderstand durch Alterung, Staubablagerung etc. sinken kann. Insofern gelten abweichende Werte.

Als Auszug sei genannt: „In Stromkreisen mit eingeschalteten Verbrauchsmitteln (gemessen L PE) gilt als zulässig, wenn  $R_{\text{Iso}}$  den Wert von 300  $\Omega$  / 1 V Nennspannung nicht unterschreitet. Das bedeutet, dass beispielsweise in einer 400 V-Anlage ein Isolationswiderstand von  $R_{\text{Iso}} \geq 120 \text{ k}\Omega$  ausreichend ist. Weitere Angaben sind den genannten VDE-Bestimmungen zu entnehmen.“

2. In Steuerstromkreisen stellt sich die Lage anders dar. Wenn keine galvanische Trennung des Steuerstromkreises zum niederohmigen Netz erfolgt ist, muss die Messung nach VDE 0105 (in Betrieb befindliche Anlagen) erfolgen.

Wenn ein Steuertransformator eine galvanische Trennung geschaffen hat (und der Transformator vor Überlastung bestimmungsgemäß geschützt ist), ist der Isolationswiderstand nicht mehr relevant.

Steuerstromkreise mit angeschlossenen empfindlichen Steuer-, Regel- oder Messgeräten sollten nicht mit einer hohen Prüfspannung beaufschlagt werden. Das heißt im Klartext: Vermeiden Sie diese Messungen. Besser ist es, messtechnisch die Einhaltung des Fehlerschutzes nach Anlagenschutz bzw. Personenschutz zu überprüfen.

<sup>1</sup> Gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit und des Europäischen Sozialfonds.

## § Normen + Richtlinien

DIN EN 378

### Absicherung von Verbundanlagen

**Frage:** Bei einer „kleinen“ Verbundanlage werden Verdichter (z.B. Vollhermetiks), die selbst keine Absperrventile haben, parallel geschaltet. In der gemeinsamen Saug- und Druckleitung befindet sich jeweils ein Absperrventil. Die Anlage soll nun abgesichert werden. Wie ist vorzugehen?

**Antwort:** Nach der DIN EN 378 Teil 2 müssen Verdrängerverdichter mit einem Volumendurchfluss  $\dot{V}$  von mehr als 25 l/s mit einer Druckentlastungseinrichtung geschützt werden. Bei der oben beschriebenen Anlage wird der Volumendurchfluss der Einzelverdichter vermutlich kleiner als dieser Grenzwert sein, folglich wird es diese Druckentlastungseinrichtung dann nicht geben (müssen).

Bei den Sicherheitsschalteinrichtungen zur Druckbegrenzung gilt für den Schutz der Kälteanlage die Aussage, dass drei Bedingungen erfüllt sein müssen, damit ein baumustergeprüfter Druckwächter ausreicht:

1. Kältemittel-Füllmenge kleiner 100 kg
2. Kältemittel der Gruppe L1

3. Gesamt-Volumendurchfluss des Verdichters ( $\dot{V}$ ) weniger als 25 l/s.

Nun handelt es sich bei der beschriebenen Anlage aber um mehrere Einzelverdichter ohne Absperrventile.

Die Situation ist prinzipiell vergleichbar mit einem „größeren“ Einzelverdrängerverdichter mit mehreren Zylinderköpfen. Die einzelnen Zylinder sind ebenfalls parallel geschaltet und in der Regel nicht einzeln mit Absperrventilen versehen. Da auch hier der Gesamt-Volumendurchfluss des Verdichters aus

der Addition der Einzelwerte der Zylinder errechnet wird, liegt es nahe, bei der oben beschriebenen Anlage analog zu verfahren:

Ergibt die Addition der Volumendurchflüsse (aller parallel auf ein Absperrventil fördernder Verdichter) einen Summenwert von kleiner als 25 l/s (und sind parallel die anderen Bedingungen auch erfüllt), dann reicht ein „Wächter“ aus. Sonst muss mit 2 „Begrenzern“ gearbeitet werden („ein baumustergeprüfter Druckbegrenzer und ein .... baumustergeprüfter Sicherheitsdruckbegrenzer“). ■

Weitere Auskünfte zu diesen und weiteren Fragen erteilt die Technologie-Transfer-Stelle der Bundesfachschule Kälte-Klima-Technik in Maintal gerne unter der Rufnummer (0 61 09) 69 54 25 oder per E-Mail unter [tts@bfs-kaelte-klima.de](mailto:tts@bfs-kaelte-klima.de)