

## Wärmedämmung der Kältemittelrohrleitungen einer Klimasplitanlage

**Stichwörter:** Klimasplitanlage; Kältemittelrohrleitungen; Wärmedämmung

**Streitpunkt:** Stoßverbindungen der Wärmedämmung

### GUTACHTEN (Kurzfassung)

**Gegenstand der Untersuchung** ist die Wärmedämmung der Kältemittelrohrleitungen einer Klimasplitanlage mit mehreren hundert angeschlossenen Klimatruhen.

**Anlass der Untersuchung** ist die Befürchtung, dass an den Stoßverbindungen und an den Auflagen der Wärmedämmung infolge der Unterschreitung der minimalen Dämmdicke Schweißwasserbildung auftreten kann

**Fazit des Gutachtens:**

Die Nachrechnung und Überprüfung der Wärmedämmung ergab keinen Anlass zur Beanstandung.

Das ausführliche Gutachten finden Sie umseitig.

# Wärmedämmung der Kältemittelrohrleitungen einer Klimasplitanlage

**Stichwörter:** Klimasplitanlage; Kältemittelrohrleitungen; Wärmedämmung

**Streitpunkt:** Befürchtung, dass an den Stoßverbindungen der Dämmung zwischen Rohrleitung und Anschluss der Klimatruhen sowie an den Auflagen der Rohrhalterung Kondenswasserbildung auftreten kann.

## GUTACHTEN

### 1. Anlass der Beauftragung

Anlass der Beauftragung ist die gutachterliche Prüfung von Kältemittelleitungs-dämmungen, die die ...im Rahmen eines Klimaauftrages für die ... vorgenommenen hatte und von dieser beanstandet wird. Die Gegebenheiten sind nachstehend erläutert.

Die Beauftragung zur Erstellung der gutachterlichen Stellungnahme erfolgte am .. anlässlich einer Besprechung bei der ....

### 2. Gegebenheiten

Die Fa. ... wurde von den ... gemäß LV vom ... mit der Lieferung einer Klimaanlage beauftragt. Dem Werk zugehörig sind unter anderem Kältemittel-Doppelleitungen mit den Abmessungen 12/6 (580,00 m), 15/10 (100,00 m), 22\*1/10\*1, gemäß den LV-Seiten 40 und 41 (Anlage 1).

Die größeren Durchmesser der Rohrpaarungen stellen die Kältemittel-Saugleitungen dar, die kleineren die Kältemittel-Flüssigkeitsleitungen. Wegen den niedrigeren Temperatur in den Saugleitungen stellen diese im vorliegenden Fall die Grundlage der gutachterlichen Stellungnahme dar.

Die Doppelleitungen dienen zur Kältemittelversorgung daran angeschlossener Klimatruhen zum Kühlen im Sommer. Im Winter dienen die Truhen zum Heizen. Insgesamt sind ca. 400 Truhen eingebaut. Die Einbauverhältnisse innerhalb der Bürobereiche gehen aus der Anlage 2 hervor.

Als Kältemittel-Doppelleitungen kam das Fabrikat ... zum Einbau, für welches sowohl eine speziell für das Projekt erteilte Zustimmung im Einzelfall nach § 19 HBO (Anlage 3) als auch eine Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung des DIBt mit der Zulassungs-Nr. Z-56.268-3522 vorliegt (Anlage 4).

Die zylindrische Dämmung von Saug- und Druckleitung ist zu einer Einheit zusammengefasst, Dämmmaterial ist gewebeverkleidetes PE, die Dämmstärke beträgt ca. 10 mm.

Die Betriebsbedingungen der Kältemittelleitungen lauten:

- Winter: ca. 46/30°C
- Sommer: ca. 10/30°C.

Der hier zur Untersuchung stehende Fall betrifft den Sommerbetrieb.

Betriebsaufzeichnungen für den ... Uhr, bestätigen die vorgegen. Saugtemperatur im Sommer mit Werten von 10,6°C und 10,5°C (Anlage 5).

Im Bereich des Anschlusses der Doppelleitungen an die Truhen wurde die Dämmung mit dem Dämmmaterial ... vorgenommen und dieses an die ... Dämmung angeschlossen. Diese vorgenommene Verbindung ist Hauptgegenstand der von den Stadtwerken vorgebrachten Beanstandung.

Armaflex weist ähnliche Eigenschaften wie die SANGI-Isolierung auf, verfügt über einen hohen Diffusionswiderstand und niedrige Wärmeleitfähigkeit. Es ist geschlossenzellig und ein Elastomer auf Basis eines synthetischen Kunststoffes. Beide Materialien finden in der Kältetechnik vielseitige Verwendung. Die Eignung des Armaflex-Materials für den hier zur Sprache stehenden Anwendungszweck ist unbestritten.

Die vorgenommene Verbindung der beiden Dämmmaterialien geht aus der Anlage 6 hervor: Die Dämmung auf der linken Seite ist die SANGI-Isolierung, die Dämmung rechts das Armaflex. Die Verbindungsstelle in der Mitte ist nur gestoßen, d.h. unverklebt, und mit einem 3 mm starken und 45 mm breiten Armaflex-Band verklebt. Dieses ist auf der Innenseite mit einer selbstklebenden Klebeschicht versehen, die eine sehr feste Verklebung ermöglicht.

Auch das Armaflex-Band ist, wie die übrigen Armaflex-Materialien, ein in der Kälte- und Klimatechnik gängiges Dämm- und Verbindungsmaterial mit gleichen physikalischen Eigenschaften wie diese (Anlage 7); es ist diffusionswiderstandsfähig mit einem Diffusionswiderstandskoeffizienten  $\mu \geq 7000$  (Vergleich:  $\mu$  Luft = 1) und einem Wärmeleitkoeffizienten von  $\lambda = 0,043 \text{ W(m K)}$ .

### **3. Beanstandungen**

Seitens der ... wird zum Einen beanstandet, dass die Verbindung der beiden Dämmmaterialien nicht mittels eines Spezialklebers erfolgte, sondern teilweise gestoßen und mit dem darüber befindlichen Armaflex-Band abgeklebt wurde. Folge unsachgemäßer Verbindung könnte die Bildung von Tauwasser innerhalb der Verbindung und damit einhergehende Schäden sein.

Ein weiterer Beanstandungspunkt betrifft die Art der Befestigung der Doppelleitungen. Im horizontalen Bereich wurden diese in Schellen des Herstellers Hilti (Anlage 8), im vertikalen Bereich mit Lochband, ebenfalls von Hilti, befestigt (Anlage 9).

Beanstandet wird, dass es infolge des Auflagedruckes zu einer Deformation der Dämmung und damit zu einer Beeinträchtigung der Dämmeigenschaften kommen könnte.

#### **4. Gutachtensauftrag**

Der Gutachtensauftrag lautet daher:

- Prüfung der Stoßverbindung der beiden Dämmmaterialien auf Taupunktunterschreitung und Kondensatbildung
- Prüfung der Leitungsaufgabe auf mögliche Unterschreitung der Taupunkttemperatur an der Oberfläche der Dämmung infolge Materialdeformation.

#### **5. Gutachterliche Untersuchung**

##### 5.1 Prüfung der Stoßverbindung der beiden Dämmmaterialien auf Taupunktunterschreitung und Kondensatbildung

###### 5.1.1 Voraussetzung für eine Kondensatbildung

Voraussetzung für die Kondensatbildung ist die Unterschreitung der Taupunkttemperatur an der Oberfläche des Armaflex-Bandes. Hierfür wird von folgenden Klimabedingungen ausgegangen:

Max. Außenbedingungen:

- Außentemperatur: 32°C
- Relative Feuchte: 40%

Daraus geben sich die Raumverhältnisse wie folgt:

- Raumtemperatur: 24°C
- Relative Feuchte: 65%.

Die zugehörige Taupunkttemperatur beträgt 17°C.

Die Zusammenhänge gehen aus der Anlage 10 (h,x-Diagramm) hervor.

Kondensatbildung tritt daher nicht ein, wenn an der Oberfläche der Verbindung die Temperatur stets über 17°C liegt.

Dabei ist anzumerken, dass sich die tatsächlichen Verhältnisse in Richtung niedrigerer Taupunkttemperatur als 17°C verschieben, da durch die Klimatruhen die Raumluft entfeuchtet wird und damit die Taupunkttemperatur sinkt. Weiterhin handelt es sich bei den angegebenen Außenbedingungen um Spitzenwerte, die sich nur an einer relativ geringen Zahl von Jahrestagen einstellt.

Grundsätzlich wären auch bei Kondensatbildung keine größeren Folgen zu erwarten, denn:

- Beide Dämmmaterialien sind geschlossenzellig, so dass kein Wasser in die Dämmung eintreten kann

- das Kupferrohr bliebe bei Befeuchtung unbeschädigt, da es korrosionsbeständig ist.

Ungeachtet dieser Einschränkungen soll der gutachterlichen Überprüfung eine Taupunkttemperatur von

$$17^{\circ}\text{C}$$

zugrunde gelegt werden.

### 5.1.2 Berechnungen

Als Untersuchungsobjekt wurde das ungünstigste Rohr mit dem Innendurchmesser von 20 mm ausgewählt. Der Berechnung liegt zugrunde, dass an der Verbindungsstelle der Dämmmaterialien ein Luftspalt vorhanden sei. Die Verhältnisse gehen aus der Anlage 11 hervor. Das Lichtbild einer dem Unterz. für die Begutachtung übergebenen Verbindungsprobe, die aussagegemäß am ... vor Ort entnommen wurde, ist aus der Anlage 12 zu erkennen.

Der Wärmedurchgangsleistung durch ein solches rohrförmiges Teil errechnet sich nach der Gleichung

$$\dot{Q} = k_R L \Delta t,$$

mit dem Wärmedurchgangskoeffizienten

$$k_R = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_i d_i} + \sum \left( \frac{1}{2\lambda_k} \ln \frac{d_{k+1}}{d_k} \right) + \frac{1}{\alpha_n d_{n+1}}}$$

und der Temperaturdifferenz  $\Delta t$  zwischen Raumluft und Sauggas.

Folgende Daten liegen zugrunde:

- Raumtemperatur: 24°C
- Taupunkttemperatur: 17°C
- Rohrintemperatur (Verdampfungstemperatur): 10°C
- $\Delta t = 14 \text{ K}$
- Kupferrohrmaß innen: 20 mm, außen 22 mm, Wandstärke 1 mm
- Dämmstärke Armaflex-Band: 3 mm
- Luftspalt im Innern: 10 mm
- Wärmeübergangskoeffizient  $\alpha_i$  Kältemittel-Rohrwand: 1000 W/(m<sup>2</sup> K)
- Wärmeleitkoeffizient  $\lambda$  Kupfer: 393 W/(m K)
- Wärmeleitkoeffizient  $\lambda$  Luft: 0,024 W/(m K)
- Wärmeleitkoeffizient  $\lambda$  Armaflex-Band: 0,043 W/(m K)
- Wärmeübergangskoeffizienten  $\alpha_a$  Wand/Luft, Luft/Wand: 7 W/(m<sup>2</sup> K).

Aus den vorgegen. Werten erhält man für

$$k_R = 0,11 \text{ W/(m K)}$$

und den Wärmestrom zu

$$\dot{Q} = 1,57 \text{ W.}$$

Die Oberflächentemperatur am Armaflex-Band errechnet sich danach zu

**22,5°C.**

Daraus folgt, dass bei einer Taupunkttemperatur von 17°C keine Kondensation auftritt. Der große Temperaturunterschied schließt jegliche diesbezügliche Gefahr aus.

### 5.1.3 Ausführung

Die Art der Ausführung ist auch aus Sicht der Praxis nicht zu beanstanden. Das Armaflex-Band ist ausreichend diffusionswiderstandsfähig und sichert durch die wirksame Verklebung eine dichte Verbindung mit dem darunter befindlichen Dämmmaterial.

### 5.2 Prüfung der Leitungsauflage auf mögliche Unterschreitung der Taupunkttemperatur an der Oberfläche der Dämmung infolge Materialdeformation

Da die unter 5.1 vorgenommene Überprüfung ergab, dass selbst bei einer Dämmstärke des Armaflex-Bandes von 3 mm keine Kondensatgefahr besteht, kann dieses Ergebnis auf die Leitungsauflagen übernommen werden. Es ist ausgeschlossen, dass sich die 10 mm starke Dämmung auf 3 mm zusammenquetscht.

## 6. Folgerung

Die zu untersuchenden Installationsmaßnahmen:

- Prüfung der Stoßverbindung der beiden Dämmmaterialien auf Taupunktunterschreitung und Kondensatbildung
- Prüfung der Leitungsauflage auf mögliche Unterschreitung der Taupunkttemperatur an der Oberfläche der Dämmung infolge Materialdeformation

geben aufgrund der gutachterlichen Überprüfung keinen Anlass zur Beanstandung.