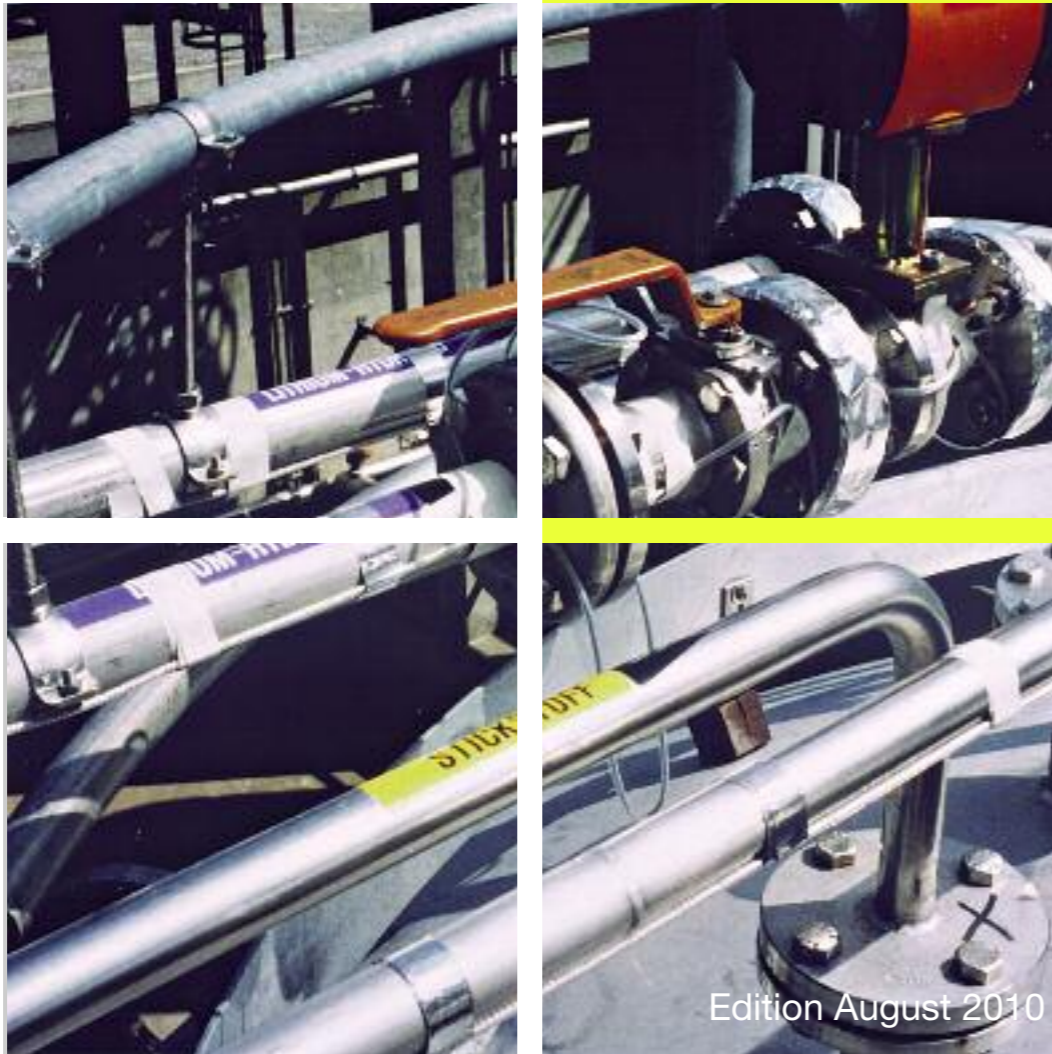




Installation von Wärmekabeln

Installation de câbles chauffants

Installation of Heating Cables



Edition August 2010

2 Rohrleit-, Tank- und Behälterbeheizungen tragen viel zu einem reibungslosen Betriebsablauf in der chemischen und der petrochemischen Industrie, in Kühlanlagen sowie im Maschinenbau bei. Die klassischen Anwendungen sind der Schutz vor Frost, die Warmhaltung oder Temperaturerhöhung von Rohrleitungen, Behältern und Armaturen für Medien wie Wasser, Öle, Fette und Paraffine. Bei einigen Medien erreicht man durch die Beheizung eine Veränderung der Viskosität und damit bessere Pumpeigenschaften. Andere Medien kristallisieren oder kondensieren, falls Rohre oder Behälter nicht auf die entsprechenden Temperaturen aufgeheizt werden. Der Ausführung ist daher besondere Beachtung zu schenken, damit auch scheinbar kleinste Details ihre Funktion vollumfänglich erfüllen. Zusätzlich müssen diese Anlagen auch den sicherheitstechnischen Anforderungen genügen.

Les dispositifs de chauffage d'accompagnement de conduites, de citernes et de conteneurs contribuent largement au fonctionnement irréprochable des installations de transport et de stockage de fluides dans les industries chimique et pétrochimique, dans la chaîne du froid ainsi que dans la construction mécanique. Les applications classiques en sont la protection contre le gel, le maintien de la chaleur ou l'augmentation de la température des conduites, conteneurs et armatures transportant ou contenant des substances liquides telles qu'eau, huile, graisse et paraffine. Le chauffage permet d'obtenir une modification de la viscosité de certains fluides et, de ce fait, de meilleures propriétés de pompage. D'autres fluides se cristallisent ou se condensent lorsque les conduites ou les conteneurs ne sont pas maintenus à la température adéquate. Il est donc nécessaire d'accorder une attention particulière à l'exécution des dispositifs afin que même les plus infimes détails remplissent pleinement leur fonction. De plus, ces installations doivent répondre entièrement aux exigences techniques de sécurité.

Pipe trace heating systems and tank and vessel heaters make a major contribution to smooth operations in the chemical and petrochemical industries, in cooling installations and in mechanical engineering. Traditional applications include protection against frost and maintaining or raising the temperature of piping, tanks and fittings for media such as water, oils, fats and paraffin. Some media are heated to reduce viscosity and thus facilitate pumping. Others tend to crystallize or condense if pipes and tanks are not heated to the right temperature. For these reasons, the design of the heating system is extremely important; even seemingly minor details can impair the system operation. Moreover, the heating systems must also meet the relevant safety requirements.

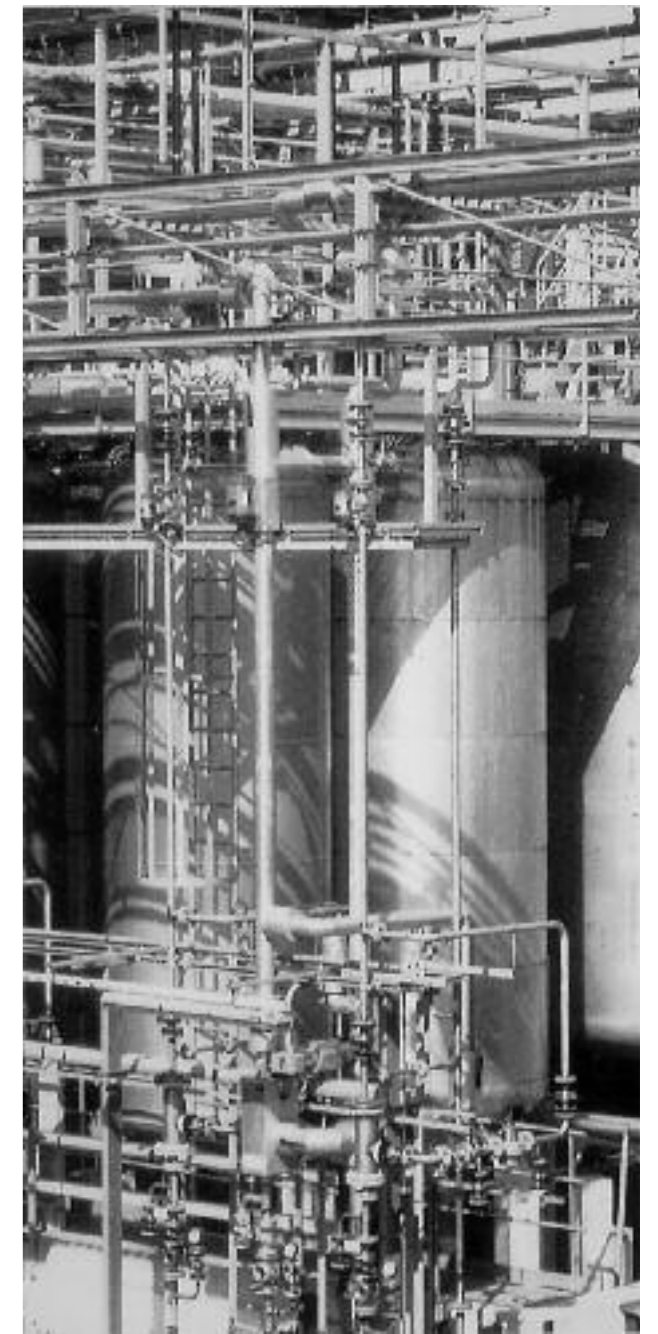


Abbildung 1  
Figure 1

## 1.1 Explosionsschutz

Auswahl und Errichtung von Begleitheizungen in explosionsgefährdeten Bereichen basieren auf der Normenreihe EN 60079. Die eigentliche Errichtung der Begleitheizung ist im Guide EN 60079-30-2 beschrieben, während die übrigen Geräte nach der EN 60079-14 auszuwählen und zu errichten sind. Wichtige Punkte sind dabei die Beachtung der Temperaturüberwachung, der Fehlerstrom- und der Überstromschutz.

Eine wesentliche Aufgabe liegt in der Sicherstellung der Gerätekonformität. So sind beispielsweise die zugehörigen Komponenten zusammen mit dem Wärmekabel einem Konformitätsbewertungsverfahren unterzogen worden. Deshalb können die Komponenten von verschiedenen Anbietern nicht ausgetauscht werden.

Normalerweise genügen Anschluss-, Endabschluss- und Abzweiggästen in der Zündschutzart «erhöhte Sicherheit Ex e IIC». In diesen Anschlusskästen sind nur Komponenten und Klemmen in einer normierten Zündschutzart zugelassen. Thermostate, welche für sich bereits druckfest gekapselt sind, dürfen ebenfalls in obige Anschlusskästen eingebaut werden.

## 1.1.1 Kabeleinführungen bei explosionsgeschützten Installationen

Um den minimalen Schutzgrad IP 54 zu gewährleisten, müssen zugelassene Kabelverschraubungen (normalerweise IP 68) verwendet werden. Vor allem in chemischen und petrochemischen Betrieben ist zu beachten, dass Dichteinsätze von Kabelverschraubungen aus Nitril-Kautschuk im Hinblick auf die aggressive Umgebungsluft oft nicht genügen. In diesen Fällen ist beispielsweise ein Dichteinsatz aus Viton vorzuziehen.

## 1.2 Korrosion

In chemischen und petrochemischen Anlagen ist dem Korrosionsschutz besondere Beachtung zu schenken. Durch Undichtheiten bei Flanschen und Armaturen können jederzeit Chemikalien austreten, welche das Wärmekabel zu zerstören vermögen.

Normalerweise wird ein Kupfergeflecht als mechanischer Schutz und – der guten Leitfähigkeit wegen – auch für den Schutzleiter gewählt. Das Kupfergeflecht ist aber nicht chemikalienbeständig, so dass nur mit Hilfe eines

## 1.1 Protection contre les explosions

La sélection et la construction de chauffages d'accompagnement en atmosphères explosibles sont basées sur la série de normes EN 60079. La construction proprement dite est décrite dans le guide d'application EN 60079-30-2, alors que la sélection des appareils et leur conception doivent être effectuées selon EN 60079-14. Les points importants en sont le contrôle des températures, la protection à courant de défaut et contre les surintensités.

Une tâche importante réside dans le fait d'assurer la conformité des appareils. Ainsi, par exemple, les composants associés doivent être soumis aux tests de conformité avec le câble chauffant, raison pour laquelle ces composants ne peuvent être livrés et remplacés par différents fournisseurs.

Des boîtiers de connexion, terminaux et de dérivation du mode de protection «sécurité augmentée Ex e IIC» suffisent normalement. Seuls les composants et bornes d'un mode de protection normalisé sont autorisés dans ces enveloppes. Les thermostats antidéflagrants en soi peuvent aussi y être intégrés.

## 1.1.1 Entrées de câbles pour installations antidéflagrantes

Pour répondre à l'indice de sécurité IP 54 on devra utiliser des boulonnages homologués (normalement IP 68). On observera, surtout dans les installations chimiques et pétrochimiques, que les joints de boulonnage en caoutchouc nitrile sont souvent insuffisants du fait de l'air ambiant hautement corrosif. Dans ces cas-là, on donnera la préférence aux joints Viton.

## 1.2 Corrosion

Dans les installations chimiques et pétrochimiques, il y a lieu d'accorder une attention toute particulière à la protection contre la corrosion. Des flasques ou des armatures non étanches peuvent en tout temps entraîner des fuites de produits chimiques et endommager les câbles chauffants.

On applique normalement une tresse en cuivre comme protection mécanique et, du fait de la bonne conduction, également pour le fil pilote. Le cuivre ne résistant cependant pas aux subs-

## 1.1 Explosion protection

The selection and installation of trace heating systems in potentially explosive atmospheres is based on the series of standards EN 60079. The actual installation is specified in Guide EN 60079-30-2, while all other apparatus shall be selected and installed according to EN 60079-14. Important aspects to be taken into account here are temperature monitoring and residual current and overload protection.

One important task is ensuring the conformity of the apparatus. Thus, for example, the associated components are subjected to a conformity assessment procedure together with the heating cable, which means that components cannot be replaced by those from other suppliers.

Normally it is sufficient to provide terminal and junction boxes in the type of protection 'Increased Safety' (Ex e IIC). Only components and terminals in a standardized type of protection may be used in these junction boxes. Thermostats in the type of protection 'Flameproof Enclosure' may also be installed in the above-mentioned junction boxes.

## 1.1.1 Cable entries for explosion-protected installations

To ensure the minimum degree of protection IP 54, certified cable glands (normally IP 68) shall be used. In chemical and petrochemical plants, in particular, it is important to avoid the use of nitrile rubber sealing inserts because of the corrosive ambient atmosphere. In these cases, for example, Viton sealing inserts should be used.

## 1.2 Corrosion

In chemical and petrochemical facilities special attention should be paid to corrosion protection. Chemical leakage at flanges and valves can easily destroy heating cables.

Normally copper braiding is used as both a mechanical shield and – because of its good conductivity – as the earth conductor. However, because copper braiding is not resistant to chemicals, an additional plastic sheath is needed to ensure the necessary safety and corrosion resistance. Whereby, of course, this additional

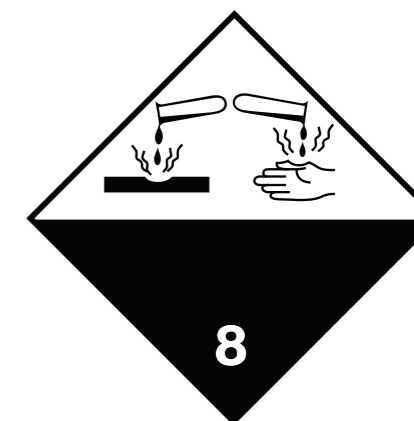


Abbildung 2  
Figure 2

6 zusätzlichen Kunststoffmantels die notwendige Sicherheit und Korrosionsbeständigkeit erzielt werden kann. Auf der anderen Seite ist der zusätzliche Kunststoffmantel für die Wärmeübertragung in keiner Weise förderlich.

### 1.3 Temperatur

Die eingesetzten Wärmekabel sind in sehr unterschiedlichem Masse temperaturbeständig. Es ist von Anfang an abzuklären, welches die maximal zulässige Betriebstemperatur des Wärmekabels und welches die maximal auftretende Temperatur am zu beheizenden Rohr ist. Die max. zulässige Betriebstemperatur muss immer in der Größenordnung von 20 bis 30 K höher liegen, und die spezifische Belastung des Wärmekabels muss auf den Anwendungsfall abgestimmt werden. Je grösser die Temperaturdifferenz zwischen Rohr- und max. zulässiger Betriebstemperatur des Wärmekabels ist, um so höher kann die spezifische Leistung des Wärmekabels liegen.

Besondere Beachtung verdient dieser Punkt, wenn das Wärmekabel zugleich unter Minustemperaturen betrieben werden soll. Verschiedene Kunststoffe haben im Temperaturbereich  $-50$  bis  $0$  °C ebenso gute Eigenschaften wie im Bereich von Plustemperaturen, andere Kunststoffe sind überhaupt nicht einsetzbar. Das Datenblatt des betreffenden Wärmekabels ist unbedingt zu konsultieren.

#### 1.3.1 Erhöhte Temperatur durch Ausdampfen von Leitungen

Durch das Ausdampfen von Leitungen (Reinigungsprozesse) kann die maximal für das Wärmekabel zulässige Temperatur überschritten werden. Leitungen, die mit selbstbegrenzenden Wärmekabeln für den Frostschutz ausgerüstet sind, sind mit besonderer Vorsicht zu behandeln. Aus dem Datenblatt ist die max. zulässige Temperatur bei ausgeschaltetem Heizkreis zu entnehmen. Der Halbleiter der selbstbegrenzenden Wärmekabel kann im betreffenden Fall zerstört werden. Damit ist die Leitung unter Umständen unbrauchbar und die Sicherheit bezüglich Frostschutz nicht mehr gewährleistet. Die Sicherheit in elektrischer Hinsicht ist nicht gefährdet, solange der Halbleiter einen grösseren Widerstand (grosse Reduktion der Heizleistung) annimmt und keine thermische Zerstörung des Kunststoffes eintritt.

tances chimiques, une gaine en plastique est indispensable pour assurer une protection suffisante contre la corrosion. Par ailleurs, le plastique n'est guère favorable à la transmission thermique.

### 1.3 Température

Les câbles chauffants montés se révèlent d'une constance thermique fort variable. Il y a donc lieu de déterminer dès le départ la température maximale de service à laquelle le câble sera exposé après sa pose. Cette température maximale admissible devrait se situer dans une fourchette supérieure de 20 à 30 K; les charges spécifiques auxquelles le câble sera soumis devront également être étudiées de cas en cas. Plus la différence sera grande entre la conduite et la température maximale admissible du câble et plus les prestations spécifiques choisies du câble pourront être élevées.

Ce point se révèle particulièrement important quand le câble chauffant doit également être en service lors de températures inférieures à  $0$  °C. Différents plastiques accusent d'aussi bonnes caractéristiques par des températures de  $-50$  à  $0$  °C que par plus de  $0$  °C. D'autres, par contre, ne sont pas applicables dans de telles conditions. La fiche signalétique du câble chauffant concerné doit absolument être observée.

#### 1.3.1 Température augmentée du fait de la vaporisation

Le nettoyage des conduites par vaporisation peut entraîner un dépassement de la température maximale admissible pour le câble chauffant. Les conduites équipées d'un câble autolimité contre le gel devront être traitées avec un soin particulier. La fiche de données indique la température maximale admise lorsque le circuit de chauffage est débranché. Le cas échéant, le semi-conducteur du limiteur de température risque d'être détruit. Ceci est susceptible de rendre la conduite inutilisable, la protection contre le gel n'étant plus assurée. La sécurité concernant l'électricité n'est pas menacée pour autant, ceci tant que le semi-conducteur ne fait «que» tolérer une résistance plus élevée (forte diminution de la puissance calorifique) et qu'aucun endommagement thermique du plastique ne se produit.

plastic sheath hardly improves the heat transmission.

### 1.3 Temperature

The temperature resistance of the various types of heating cables used varies considerably. Right from the start, it is necessary to determine the maximum allowable operating temperature of the heating cable and the maximum temperature occurring on the pipe to be heated. The maximum allowable operating temperature shall always be 20 to 40 K higher, and the specific loading of the heating cable shall always be selected to suit the particular application. The greater the difference between the temperature of the pipe and the maximum allowable operating temperature of the heating cable, the higher the specific rating of the heating cable can be.

Special attention should be paid to this aspect if, at the same time, the heating cable is also to be operated at temperatures below zero. The properties of certain plastics are equally good at temperatures ranging from  $-50$  to  $0$  °C as they are at plus temperatures, while other plastics cannot be used at all. Consulting the data sheet of the respective cable is imperative.

#### 1.3.1 Higher temperatures during steam-cleaning of pipes

The maximum allowable temperature of the heating cable may be exceeded when pipes are steamed for cleaning purposes. Circuits with self-limiting heating cables used to prevent freezing shall be treated with particular caution. The maximum allowable temperature with the heating circuit switched off is stated in the data sheet. If it is exceeded, the semiconductor of the self-limiting heating cable could be destroyed. As a result the cable could become unusable and the safety regarding the frost protection no longer guaranteed. However, the circuit will remain electrically safe as long as the semiconductor assumes a higher resistance (significant reduction in heating capacity) and there is no damage to the plastic.

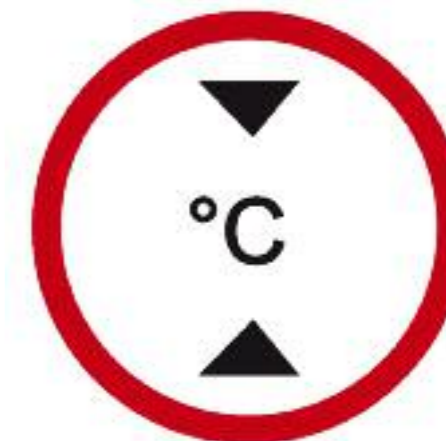


Abbildung 3  
Figure 3

#### 1.4 Befestigung der Wärmekabel

Bei der Befestigung ist zu beachten, dass keine Einschnürung der Wärmekabel erfolgt. Aus diesem Grunde sollen keine Metallbänder (Abbildung 4) eingesetzt werden. Metallbänder müssen mit Werkzeugen angezogen werden, wobei die auf die Kabel ausgeübte Kraft nicht unter Kontrolle ist. Je nach Anwendungsfall werden wärmebeständige Glasfaserklebbänder, Aluminiumklebbänder (Abbildung 5) oder Kunststoffkabelbinder (auch in Teflon für 205 °C Dauerbetriebstemperatur erhältlich) eingesetzt.

#### 1.4 Fixation des câbles chauffants

Lors de la fixation, il est important de veiller à ne pas étrangler les câbles chauffants, à cet effet, on n'utilisera pas de rubans métalliques (fig. 4), ceux-ci devant être montés au moyen d'un outil approprié et la force exercée sur les câbles n'étant pas contrôlable. On fera usage, selon le cas, de rubans adhésifs en fibres de verre résistants à la chaleur, de rubans adhésifs en aluminium (fig. 5) ou de bandeslièuses en plastique (également disponibles en téflon pour 205 °C de température constante de service).

#### 1.4 Fixing of heating cables

During fixing care shall be taken to avoid constricting the heating cables. For this reason, metal tape (Figure 4) should not be used. Metal tapes have to be tightened with tools, and the force exerted on the cable is uncontrollable. Depending upon the application, heat-resistant, adhesive glass fibre tapes, aluminium tapes (Figure 5) or plastic cable ties (also available in Teflon for a continuous operating temperature of 205 °C) are used.



Abbildung 4  
Figure 4



Abbildung 5  
Figure 5

## 2.1 Terminplanung und Koordination

Die Terminplanung und die Koordination der vorbereitenden Arbeiten sind sehr wichtig für den Beginn der Installation einer Rohrbegleitheizung. Es muss beispielsweise sichergestellt werden, dass die Rohre vollständig mit Rohrschellen befestigt und die Dichtungen in den Flanschen ebenfalls eingelegt sind. Das nachträgliche Montieren von Rohrschellen und Dichtungen birgt die Gefahr, dass das Wärmekabel dabei verletzt wird. Bei Beginn der Installation der Rohrbegleitheizung wird ebenfalls erwartet, dass die Druckprüfung mit positivem Resultat abgeschlossen worden ist.

## 2.2 Checklist

In einer Checkliste (Abbildung 6) werden sämtliche Parameter wie Rohrdurchmesser, Art der Isolation und die Isolationsdicke, Betriebs- und Umgebungstemperaturen der Rohrleitung festgehalten. Aus Sicht des Explosionsschutzes müssen die Zoneneinteilung sowie das Geräteschutzniveau (EPL) bekannt sein.

## 2.3 Prüfung der Ventile, der Flanschen und der Armaturen

Die Prüfung der Ventile, der Flanschen und der Armaturen beschränkt sich auf den korrekten Einbau mit den zugehörigen Dichtungen. Ein nachträgliches Ausbauen birgt das Risiko, dass die bereits installierten Wärmekabel beschädigt werden.

## 2.4 Überarbeiten der Stückliste

Nach Überprüfung der Ist-Situation können Änderungen in der Kabellänge aber auch bei der Anzahl der Zubehöerteile erforderlich werden. Die frühzeitige Erfassung von Änderungen gewährleistet einen möglichst reibungslosen Ablauf der Installationsarbeiten.

## 2.5 Arbeitsplan

Der Arbeitsplan gibt Auskunft über die Reihenfolge der Installation und stellt auch sicher, dass die Wärmekabel nicht über Wochen ungeschützt an den Rohrleitungen montiert sind. In einem weiteren Schritt muss sichergestellt werden, dass die angebrachte Isolation auch sofort vor dem Eindringen von Wasser durch Wetterschutzbleche oder temporär durch Schutzfolien

## 2.1 Calendrier de réalisation et coordination

L'échéancier et la coordination des travaux préparatifs sont très importants pour le démarrage de l'installation du chauffage d'accompagnement d'une conduite. Il y a par exemple lieu de s'assurer que la conduite est intégralement maintenue par des brides de fixation et que les joints d'isolation des brides sont insérés. Un montage ultérieur des brides et des joints présente un risque d'endommagement du câble chauffant. Il est également indispensable que les contrôles de pression avec résultats positifs aient été effectués avant le montage du chauffage d'accompagnement.

## 2.2 Check-list

Tous les paramètres tels que sections des tubes, type et épaisseur de l'isolation, températures ambiante et de service devront être portés dans une check-list (fig. 6). Sur le plan de la protection contre les explosions, la répartition en zones ainsi que le niveau de protection des appareils (EPL) doivent aussi être connus.

## 2.3 Vérification des vannes, brides et armatures

La vérification des vannes, brides et armatures se limite à un montage correct des joints d'isolation. Un montage ultérieur comporte le risque d'endommagement du câble chauffant déjà installé.

## 2.4 Révision de la liste des pièces

Après examen de la situation existante, des modifications de la longueur du (des) câble(s) mais aussi du nombre de pièces peuvent s'avérer nécessaires. Un listage effectué suffisamment à l'avance des modifications réduit grandement les perturbations dans le déroulement des travaux d'installation.

## 2.5 Plan de déroulement des opérations

Le plan de déroulement des opérations informe sur la succession des travaux à effectuer et, de plus, assure que les câbles chauffants ne restent pas des semaines durant fixés sans protection aux conduites. Dans une étape suivante, il y a lieu d'assurer que l'isolation montée sera immédiatement à l'abri d'une pénétration de l'eau, ceci au moyen de tôles de protection ou,

## 2.1 Scheduling and coordination

The scheduling and coordination of preparative work are of particular importance for the commencement of the installation of a trace heating system. It is, for example, necessary to ensure that the pipes have been completely fitted with pipe clamps and that seals have been fitted in the flanges. There is a risk of damaging the cable when fitting clamps or seals at a later date. A positive pressure test shall have been carried out before work on the installation of trace heating systems commences.

## 2.2 Checklist

The checklist (Figure 6) contains all the parameters such as the diameter of the pipes, the type and thickness of the insulation, and the operating and ambient temperature of the pipes. With regard to explosion protection, it is necessary to know the zone classification and the equipment protection level (EPL).

## 2.3 Testing of valves, flanges and fittings

The testing of valves, flanges and fittings is limited to their correct installation with the associated seals. There is a risk of damaging the cable when disassembling them at a later date.

## 2.4 Updating of parts lists

After assessing the actual construction, it may be necessary to make changes relating not only to the cable length, but also to the number of accessory parts. Registering changes early on helps ensure that the installation work can be carried out as smoothly as possible.

## 2.5 Work schedule

The work schedule contains information on the sequence of installation and also ensures that the heating cables are not mounted on the pipes without protection for several weeks. A further measure is necessary to ensure that the insulation that has been fitted is protected immediately against the ingress of moisture, either by means of weather barriers or tem-

Purchase Order Review  
Project Control

**thuba**

Checklist for Heating Cables

Customer \_\_\_\_\_ Project \_\_\_\_\_  
Handled by \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

**Technical data**

|   |   |
|---|---|
| Explosion protection <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no | Type of protection  |
| Notified body _____   | <input type="checkbox"/> Zone 1 <input type="checkbox"/> Zone 2 |
| Standard _____  | Temperature class _____   |

Location:  outdoors  indoor installation

Operating mode:  temperature stabilization  heating up

Heating system:  conventional  self-limiting

Installation:  by thuba AG  by customer

Ambient temperature [°C] \_\_\_\_\_ Heat-up time [h] \_\_\_\_\_

Design voltage [Volt] \_\_\_\_\_

Supply network:  3L+N+PE  3L+PE  L+N+PE

Insulation material \_\_\_\_\_

|               |   |  |  |  |  |
|---------------|---|--|--|--|--|
| Product       | specific gravity [kg/dm <sup>3</sup> ]        |  |  |  |  |
|               | product specific heat [kJ/kg K]               |  |  |  |  |
|               | product heat of fusion [kJ/kg]                |  |  |  |  |
|               | max. pipe temperature (external factors) [°C] |  |  |  |  |
| Pipes/vessels | specific gravity [kg/dm <sup>3</sup> ]        |  |  |  |  |
|               | product specific heat [kJ/kg K]               |  |  |  |  |
|               | product heat of fusion [kJ/kg]                |  |  |  |  |

|                                   |  |  |  |  |  |
|-----------------------------------|--|--|--|--|--|
| <b>Piping</b>                     |  |  |  |  |  |
| Nominal diameter [mm]             |  |  |  |  |  |
| Pipe length [m]                   |  |  |  |  |  |
| Pipe mass [kg/m]                  |  |  |  |  |  |
| Pipe temperature [°C]             |  |  |  |  |  |
| Product mass [kg/m]               |  |  |  |  |  |
| Insulation [mm]                   |  |  |  |  |  |
| No. of piping accessories [units] |  |  |  |  |  |
| No. of flanges [units]            |  |  |  |  |  |
| Power to retain temperature [W/m] |  |  |  |  |  |
| Power to melt product [W/m]       |  |  |  |  |  |
| Power to heat up [W/m]            |  |  |  |  |  |
| Total power [W/m]                 |  |  |  |  |  |

Edition November 2009  
Copyright \_\_\_\_\_

Form ECH 3.1.13/200ex

thuba AG, 4015 Basel  
Switzerland

Abbildung 6  
Figure 6

geschützt werden. Der Leistungsbedarf einer Rohrbegleitheizung genügt selten, um eine nasse Isolation kurzfristig auszutrocknen.

### 2.6 Kompetenz (persönliche Aspekte)

Personen, die in die Errichtung und die Prüfung von elektrischen Begleitheizungen einbezogen sind, sollten für alle erforderlichen speziellen Aufgaben und Techniken geeignet ausgebildet sein. Die Errichtung sollte von Personen ausgeführt werden, welche über die Elektrotechnik hinaus eine Zusatzausbildung für elektrische Begleitheizsysteme in explosionsgefährdeten Bereichen absolviert haben. Darüber hinaus müssen sie in der Lage sein, die Temperatursensoren zuverlässig an den vorgesehenen Orten zu installieren, und sich in den Zündschutzarten sowie den Zwischen- und Endprüfungen auskennen.

Besonders kritische Arbeiten wie die Anfertigung von Verbindungen und Anschlüssen dürfen ausschliesslich von speziell geschultem Personal ausgeführt werden.

à titre temporaire, de feuilles protectrices. La puissance requise du chauffage d'accompagnement n'est que rarement suffisante pour un séchage rapide de l'isolation.

### 2.6 Compétence (aspects personnels)

Les personnes qui exercent dans les processus impliqués dans la conception, la construction et la vérification de chauffage électrique d'accompagnement de conduites doivent posséder les connaissances et l'expérience spécifiques et techniques appropriées à ces tâches. La construction doit être effectuée par des personnes qui, en plus des connaissances électrotechniques, ont subi une formation complémentaire concernant les systèmes d'accompagnement en atmosphère explosible. Celles-ci doivent de plus être en mesure d'installer les capteurs de température aux endroits prévus et posséder la compréhension des modes de protection et des contrôles intermédiaires et finals. Les travaux dont l'exécution s'avère particulièrement critique tels que confection des connexions et raccordements doivent être effectués exclusivement par un personnel qualifié.

porarily using protective foil. The power requirement of a trace heating system is seldom sufficient to quickly dry out a wet insulation.

### 2.6 Competence (personnel)

Persons involved with the installation and testing of electric trace heating systems should be suitably trained for all the special tasks and technologies required. The installation should be carried out by persons who, in addition to electrical engineering, have also passed an additional training course on electric trace heating systems in hazardous areas. Furthermore, they must be in a position to install the temperature sensors safely in the designated positions and must be well versed in both the types of protection and the intermediate and final inspections and tests.

Particularly critical tasks such as the making of joints and connections shall be carried out by specially trained personnel only.



Abbildung 7  
Figure 7

## 3.1 Koordination

Die Installation des Begleitheizsystems sollte erst beginnen, wenn alle Rohrleitungen, Behälter, Flansche und Armaturen einer Druckprüfung unterzogen und alle zugehörigen Instrumente installiert worden sind. Die Oberfläche der Rohre, der Behälter und der Armaturen, auf der die Begleitheizung anzubringen ist, sollte frei von Rost, Fett, Öl oder Zementresten sein (Abbildung 8). Jegliche scharfe Kante aber auch Schweissperlen müssen vor den Arbeiten entfernt werden. Werden die Leitungen durch Trennwände oder Böden geführt, muss sichergestellt werden, dass die Aussparungen für eine beheizte und isolierte Leitung genügen. Alle Beschichtungen oder Oberflächenausführungen der zu beheizenden Oberfläche müssen für den vorgesehenen Zweck geeignet sein.

Die Koordination beinhaltet die Aufgabe, dass die einzelnen Arbeitsschritte Fertigstellung der Rohrleitungen und Behälter, Errichtung der Begleitheizung, Errichtung der Wärmedämmung mit nachfolgendem Wetterschutz korrekt nacheinander ausgeführt werden.

Oft werden für die temporäre Befestigung Holzkeile eingesetzt. Diese müssen unbedingt vor dem Beginn der Arbeiten entfernt und durch feste Aufhängungen ersetzt werden.

## 3.2 Prüfung der Rohrleitungen und Armaturen (as built)

Die Rohrleitungen mit den zugehörigen Armaturen müssen mit den Unterlagen zusammen überprüft werden. Oft werden zusätzliche Armaturen und Flansche eingebaut oder Rohrleitungen wegen Hindernissen nicht plangemäss verlegt. Veränderungen der Rohrleitungslängen oder der Anzahl Armaturen und Flansche haben einen direkten Einfluss auf die Länge der Wärmekabel bzw. auf die installierte Leistung.

## 3.3 Modifikationen (falls notwendig)

Beim Erkennen von Differenzen zwischen der Planung und der Ausführung müssen Modifikationen zwangsläufig zu Änderungen der Wärmekabellängen und im Extremfall zu zusätzli-

## 3.1 Coordination

Le montage du chauffage d'accompagnement ne devrait débuter qu'une fois toutes les conduites, tous les conteneurs, flasques et armatures auront subi un contrôle de pression et que tous les instruments associés sont installés. Les surfaces des tubulures et des conteneurs de même que les armatures auxquelles le chauffage d'accompagnement doit être fixé doivent être vierges de toute rouille, graisse ou restes de ciment (fig. 8). Tous les angles vifs ainsi que les perles de soudures devront être éliminés avant le début des travaux de montage. Si les conduites doivent passer au travers de cloisons ou de dalles, il y a lieu de s'assurer que les dégagements réservés au passage d'une conduite chauffée et isolée sont suffisants. Tous les revêtements et qualités de surface en contact avec les surfaces à chauffer doivent être adaptés à l'objectif prévu.

La coordination implique que toutes les tâches qui doivent être effectuées par étapes consécutives de la construction, du montage des conduites et conteneurs, de l'élaboration du chauffage d'accompagnement, de l'isolation thermique avec protection contre les intempéries soient exécutés en une suite correcte.

Il est fréquent que des cales de bois sont utilisées comme soutiens temporaires. Ces cales doivent absolument être retirées avant le début des travaux et être remplacés par des suspensions fixes.

## 3.2 Vérification des conduites et des armatures (as built)

Les conduites et leurs armatures devront être vérifiées, dossier du projet à l'appui. Il se produit fréquemment que des armatures et des flasques supplémentaires doivent être ajoutées ou que les conduites ne peuvent être posées selon les plans en raison d'obstacles constructifs. Les modifications de la longueur des conduites ou le nombre d'armatures et de flasques ont une influence directe sur la longueur du câble chauffant, à savoir sur la puissance installée.

## 3.3 Modifications (si nécessaires)

Si l'on constate des différences entre les plans établis et l'exécution, des modifications de la longueur des câbles chauffants deviennent inévitables. Dans les cas extrêmes, des circuits

## 3.1 Coordination

Work on the installation of the trace heating system should not commence until all pipes, vessels, flanges and fittings have been subjected to a pressure test and all the associated instruments have been installed. The surface of the pipes and vessels or fittings, to which the trace heating system is to be mounted, shall be free from rust, fat, oil or cement (Figure 8). Any sharp edges and welding beads must be removed before work commences. If the pipes are fed through dividing walls or floors, it is necessary to ensure that the opening is also large enough to accommodate a heated and insulated cable. All coatings or treated surfaces that are to be heated shall be suitable for the intended purpose.

Coordination measures also include the task of ensuring that all the individual operations for the completion of pipe lines and vessels, the installation of trace heating systems and the installation of the thermal insulation followed by the weather barrier are carried out correctly one after the other.

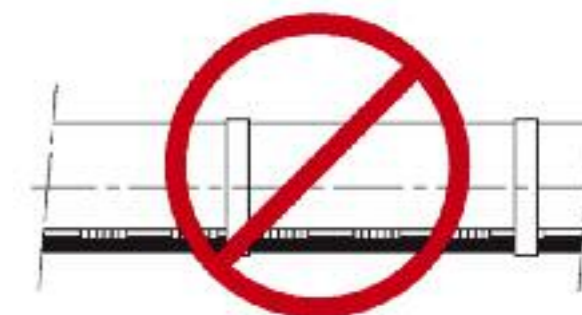
Wooden wedges are often used as a temporary fixing. It is essential to remove these before work commences and to replace them by permanent fixtures.

## 3.2 Checking of pipelines and fittings (as built)

Pipelines and associated fittings shall be inspected to ensure compliance with the documentation. Often additional fittings and flanges are installed or, due to obstacles, the pipelines are not laid according to the plans. Changes to the length of pipelines or the number of fittings and flanges have a direct effect on the length of the heating cables or the installed heating capacity.

## 3.3 Modifications (if necessary)

If differences between the planning and the execution of an installation are determined, modifications automatically lead to changes in the length of heating cables and, in extreme cases,

Abbildung 8  
Figure 8Abbildung 9  
Figure 9

chen Heizkreisen führen. Beispielsweise könnte für einen vorgegebenen Sicherungsautomaten ein max. zulässiger Anlaufstrom bei selbstbegrenzenden Wärmekabeln durch eine bevorstehende Längenänderung der zu installierenden Kabel überschritten werden.

### 3.4 Prüfungen vor der Installation

Die Prüfung vor der Installation beinhaltet die Überprüfung, ob sämtliches Material nach der Projektbeschreibung oder der Stückliste vorhanden ist.

#### 3.4.1 Sichtprüfung der Wärmekabel

Bei der Installation der Rohrbegleitheizung dürfen keine beschädigten Wärmekabel eingesetzt werden. Sollten die Kunststoff- oder Metallumhüllungen sichtbare Schäden aufweisen, müssen diese umgehend ersetzt werden.

#### 3.4.2 Widerstandsprüfung der Wärmekabel

Die angelieferten Wärmekabelrollen müssen einer Prüfung unterzogen werden, ob der spezifizierte Widerstand pro Längeneinheit mit dem gelieferten Produkt übereinstimmt. Es ist sinnvoll, allfällige Verwechslungen rechtzeitig und vor der Installation zu erkennen.

### 3.5 Festlegen der Anschlusspunkte

Die Festlegung der Anschlusspunkte ist für die Verlegung und die Installation der Rohrbegleitheizung sehr wichtig. Unabhängig davon ob ein selbstbegrenzendes oder ein konventionelles Wärmekabel installiert wird, müssen die Anschlusspunkte und damit die Orte für die Anschlusskästen vor Beginn der Verlegearbeiten bekannt sein.

### 3.6 Installation der Wärmekabel an Rohrleitungen

Die Berechnung der Heizleistung der Wärmekabel erfolgt nach den Projektierungsrichtlinien und den zugehörigen Checklisten. Aufgrund dieser Resultate können das Wärmekabel und dessen Leistung pro Laufmeter bestimmt werden. Diese Daten sind bestimmend für die nachfolgenden Verlegungsarten gewählt.

de chauffe supplémentaires s'avèrent nécessaires. Il se peut par exemple qu'une modification de longueur entraîne un dépassement du courant de démarrage maximal admissible prévu pour les coupe-circuits automatiques du câble à installer.

### 3.4 Vérification préliminaire à l'installation

Il est indispensable de vérifier avant le début du montage si tout le matériel est présent, conformément au listage compris dans la description du projet.

#### 3.4.1 Contrôle visuel du câble chauffant

Aucun câble abîmé ne doit être monté. Si les gaines de plastique ou métalliques présentent des dommages visibles, elles doivent être remplacées immédiatement.

#### 3.4.2 Contrôle de résistance du câble chauffant

Il y a lieu de vérifier si les rouleaux de câble chauffant livrés ont bien la résistance spécifiée par unité de longueur prévue. Il est opportun de détecter une éventuelle méprise à temps, à savoir avant le montage.

### 3.5 Détermination des points de raccordement

La détermination préalable des points de raccordement est d'une importance capitale pour la pose et la fixation du chauffage d'accompagnement. Les points de raccordement et, partant, les emplacements de fixation des boîtiers de connexion doivent être connus avant le début du montage, ceci sans égard au fait qu'il s'agit d'un câble chauffant autolimité ou conventionnel.

### 3.6 Montage des câbles chauffants aux conduites

Le calcul de la puissance calorifique des câbles chauffants doit être effectué d'après les directives du projet et les check-lists en faisant partie. Sur la base de ce calcul, on pourra déterminer le câble chauffant et sa puissance par mètre courant. Ces données sont déterminantes pour les travaux de pose qui vont suivre.

to additional heating circuits. For example, in the case of self-limiting heating cables a maximum allowable starting current for a given miniature circuit breaker could be exceeded due to changes to the length of the cable to be installed.

### 3.4 Checks prior to installation

The check prior to installation includes the verification of whether or not all the materials listed in the project description or the parts list are available.

#### 3.4.1 Visual inspection of heating cables

Damaged heating cables must not be used when installing pipe trace heating systems. If the plastic or metal sheathing shows any visual signs of damage, it shall be replaced immediately.

#### 3.4.2 Resistance test of heating cables

The delivered rolls of heating cable shall be tested to ensure that the specific resistance per unit length complies with the product supplied. It is wise to detect possible mix-ups in good time and before installation.

### 3.5 Defining of connection points

The defining of the connection points is very important when laying and installing trace heating systems. Regardless of whether a self-limiting or a conventional heating cable is to be installed, the connection points and, therefore, the positions of the connection boxes have to be known before commencing laying cables.

### 3.6 Installation of heating cables on pipes

The heating capacity of the heating cables is calculated according to the planning guidelines and the associated checklists. The heating cable and the capacity per running meter can be determined on the basis of these results. This data governs which of the following types of installation should be used.



Abbildung 10  
Figure 10



Abbildung 11  
Figure 11

### 3.6.1 Aufteilung in verschiedene Heizkreise

Für die Aufteilung eines Projekts in verschiedene Heizabschnitte ist es unbedingt erforderlich, den verfahrenstechnischen Ablauf zu kennen. Sehr oft werden einzelne Rohrleitungen (z.B. Entnahmeleitungen) nicht gleichzeitig mit den am Verfahren beteiligten Rohrleitungen betrieben. Zudem ist es auch möglich, dass einzelne Rohrleitungen mit Absperrorganen verfahrenstechnisch abgetrennt werden.

#### 3.6.1.1 Unterschiedliche Rohrdurchmesser

Rohrleitungen, welche Querschnittsreduktionen aufweisen, sollten ebenfalls nie in einem Stück beheizt werden. Durch den unterschiedlichen Wärmeverlust verschiedener Rohre ist es nicht möglich, eine Temperaturstabilisierung mit einem Heizkreis und einer Temperaturregelung zu erreichen (Abbildung 12).

In diesem Fall sollen zwei voneinander unabhängige Heiz- und Regelkreise errichtet werden. Dies ist um so mehr von Bedeutung, wenn eine hohe Temperaturgenauigkeit (geringe Temperaturabweichungen) erforderlich ist.

In Ausnahmefällen, bei denen die Temperaturgenauigkeit unbedeutend ist oder niedrige Betriebstemperaturen (z.B. Frostschutz) und kurze Leitungslängen angewandt werden, kann die Isolationsdicke für jeden Rohrdurchmesser angepasst werden. Das längste Rohrleitungsstück dient zur Berechnung des Wärmeverlustes bei vorgegebenem Durchmesser und vorgegebener Isolationsstärke. Anschliessend wird mit der errechneten Heizleistung für die anderen Rohrdurchmesser die notwendige Isolationsstärke berechnet.

#### 3.6.2 Verlegung parallel zur Rohrleitung

Normalerweise werden Wärmekabel parallel zu den Rohrleitungen verlegt. Diese Verlegungsart gewährleistet jederzeit die Auswechselbarkeit von einzelnen Rohrleitungsstücken sowie Armaturen. In diesem Fall müssen die Isolation und das Wärmekabel für Unterhaltsarbeiten nur örtlich entfernt werden. Bei spiralförmiger Installation des Wärmekabels müssen die Isolation und das Wärmekabel auf der ganzen Rohrleitungslänge entfernt werden.

### 3.6.1 Répartition en différents circuits de chauffe

Il est absolument indispensable pour la répartition d'un projet en différents tronçons de chauffe de connaître le déroulement technologique. Il se produit fréquemment que certaines conduites (p.ex. de prélèvement) ne sont pas en service en même temps que celles impliquées dans le procédé. Il est de plus possible que certaines conduites soient isolées technologiquement au moyen d'organes d'arrêt.

#### 3.6.1.1 Sections de tube variables

Les conduites présentant une réduction de la section ne devraient jamais être chauffées d'une seule pièce. Du fait des déperdition de chaleur des tubulures de section différente, il ne s'avère pas possible d'assurer une stabilisation de la chaleur au moyen d'un seul circuit et d'une seule régulation de la température (fig. 12). Dans un tel cas, il est nécessaire de prévoir deux circuits indépendants de chauffe et de régulation. Ceci est d'autant plus important lorsqu'il est nécessaire de prévoir un haut degré de précision de la température (faibles variations de température).

Dans certains cas exceptionnels, lorsque la précision de la température est de peu d'importance (p.ex. protection contre le gel), et lors d'une application de longueur de conduite restreinte, l'épaisseur de l'isolation peut être adaptée à chaque section de tubulure. Le tronçon de conduite le plus long sert à l'évaluation de la déperdition de température à une section et une épaisseur d'isolation définies. La puissance de chauffe estimée est ensuite calculée et adaptée afin de déterminer l'épaisseur de l'isolation nécessaire pour les autres tronçons de conduite.

#### 3.6.2 Pose parallèle à la conduite

Normalement, les câbles chauffants sont posés parallèlement aux conduites. Ce procédé assure en tout temps un éventuel remplacement de tronçon et d'armatures. Dans un tel cas, l'isolation et le câble chauffant ne doivent être déposés que sur la partie où les travaux de réfection sont nécessaires. Dans les installations en spirale des câbles chauffants, l'isolation et le câble chauffant devront être déposés sur toute la longueur de la conduite.

### 3.6.1 Division into various heating circuits

In order to be able to divide a project into various heating sections, it is essential to be familiar with the process flow. More often than not, individual pipelines (e.g. extraction lines) are not in use at the same time as the actual process pipelines. Moreover, it is also possible for individual pipelines to be disconnected from the process by means of shutoff valves.

#### 3.6.1.1 Different pipe diameters

Pipelines featuring cross section reductions should never be heated in one piece. Due to the differences in heat loss of the various pipes, temperature stabilization with just one heating circuit and one temperature controller is not possible (Figure 12).

In this case it is necessary to install two separate heating and control circuits. This is particularly important if high temperature accuracy is required (minimal temperature fluctuations).

In exceptional cases, where the temperature accuracy is secondary or low operating temperatures (e.g. frost protection) and short pipes are used, the thickness of the insulation can be selected according to the pipe diameter. The longest section of pipeline acts as a basis for the calculation of the heat loss with a given diameter and insulation thickness. The calculated heating capacity is then used as a basis for the calculation of the required insulation thickness for the other pipe diameters.

#### 3.6.2 Installation parallel to the pipeline

Heating cables are normally installed parallel to the pipelines. This type of installation makes it possible to replace individual sections of pipe and fittings at any time. In this case, in order to carry out maintenance work, it is only necessary to remove the insulation and the heating cable locally. If the heating cable is installed spirally, both the insulation and the heating cable have to be removed over the complete length of the pipeline.

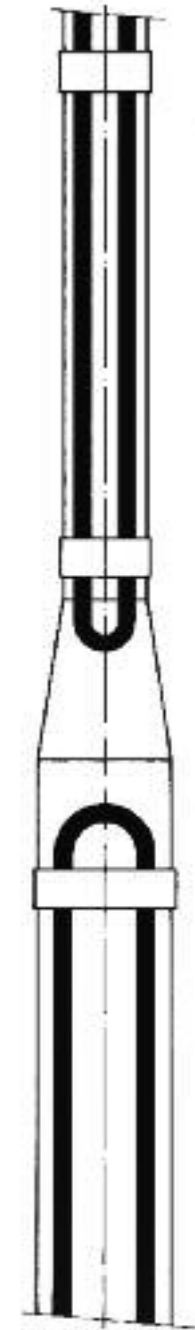


Abbildung 12  
Figure 12

**3.6.2.1 3-fach parallel verlegte Wärmekabel**  
 3-fach parallel verlegte Wärmekabel in Sternschaltung haben den grossen Vorteil, dass im Störfall, d.h. bei Ausfall eines der drei Wärmekabel, mit einer Heizleistung von 50% der installierten Leistung weiter gearbeitet werden kann. Sieht man von den wenigen Tagen mit extremen Tieftemperaturen ab, kann ein Notbetrieb über einige Tage hinweg helfen.

**3.6.2.2 Horizontal verlegte Rohre**  
 Bei horizontal verlegten Rohren werden die Wärmekabel in der unteren Hälfte des Rohres (Abbildung 13) installiert. Je nachdem, ob es sich um zwei oder mehrere Wärmekabel handelt, verändert sich gemäss Abbildung die Anordnung bzw. der Winkel zwischen den einzelnen Wärmekabeln. Die untere Rohrhälfte wird gewählt, weil sich die Wärme aufgrund physikalischer Vorgänge wie der Wärmeleitung nach oben ausbreitet.

**3.6.2.3 Vertikal verlegte Rohre**  
 Bei vertikal verlegten Rohren wird das Wärmekabel am Rohrumfang (Abbildung 14) verteilt. Durch die Verteilung wird eine möglichst gleichmässige Beheizung ermöglicht.

**3.6.3 Spiralförmige Verlegung des Wärmekabels**  
 Die spiralförmige Verlegung (Abbildung 15) von Wärmekabeln soll nur spärlich angewandt werden, da die Unterhaltsarbeiten, wie sie in der Praxis zu erfolgen haben, eindeutig behindert werden. Trotzdem sind Ausnahmefälle jederzeit möglich. Soll eine Kunststoffleitung gleichmässig beheizt werden, kann man einerseits durch das Aufbringen einer unteren und einer oberen Lage Aluminiumfolie eine Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit erreichen. In diesem Fall kann eine zusätzliche Verbesserung durch die spiralförmige Verlegungsart erreicht werden. Ein anderer Sonderfall liegt dann vor, wenn hohe spezifische Oberflächenbelastungen (Watt/cm<sup>2</sup>) bezüglich der Rohroberfläche installiert werden müssen. Die spiralförmige Montage ergibt sich dann dadurch, dass die max. zulässige Belastung des Wärmekabels nicht überschritten werden darf. In diesen Fällen sind meistens kurze

**3.6.2.1 Câbles chauffants triples en pose parallèle**  
 Les câbles chauffants triples en pose parallèle avec connexion en étoile offrent un grand avantage. En cas de perturbation, à savoir de défection de l'un des trois câbles chauffants, le dispositif continue à fonctionner avec une puissance calorifique de 50% de la puissance installée. Si l'on fait abstraction des quelques rares périodes de température extrêmement basse, l'installation peut ainsi rester provisoirement en service durant quelques jours.

**3.6.2.2 Pose horizontale des conduites**  
 Lors d'une pose parallèle des conduites, les câbles chauffants sont montés sur la moitié inférieure des tubes (fig. 13). Leur disposition, à savoir les angles entre les différents câbles diffèrent selon que deux ou plusieurs câbles sont fixés. Le choix de la partie inférieure de la conduite résulte du fait qu'en raison du procédé physique, la transmission de la chaleur est ascendante.

**3.6.2.3 Pose verticale des conduites**  
 Lors d'une pose verticale des conduites, les câbles chauffants sont montés tout autour des tubes (fig. 14). Cette répartition permet une distribution régulière de la chaleur.

**3.6.3 Pose en spirale des câbles chauffants**  
 La pose en spirale des câbles chauffants (fig. 15) ne devrait être pratiquée que rarement, celle-ci rendant plus complexes les travaux d'entretien usuels. Elle est néanmoins possible dans les cas exceptionnels. Lorsque, par exemple, une conduite en matière plastique doit être chauffée de manière égale, il est possible d'obtenir une amélioration de la conductibilité thermique par l'apport d'une couche inférieure et d'une couche supérieure en aluminium. Dans un tel cas, la pose en spirale peut s'avérer une amélioration supplémentaire. Une autre exception réside dans la nécessité d'installer des charges superficielles spécifiques élevées (watts/cm<sup>2</sup>) en rapport avec la surface supérieure des tubulures. La pose en spirale des câbles chauffants permet alors de ne pas dépasser la charge maximale admissible. Dans de tels cas, on se trouve généralement en présence de tronçons courts si bien que les com-

**3.6.2.1 Triple parallel heating cable installation**  
 The big advantage of triple parallel heating cable installation in star connection is that, in the event of a fault, i.e. if one of the three heating cables fails, operation can continue at 50% of the installed heating capacity. Except on the few days with extremely low temperatures, this makes it possible to maintain emergency operation for a few days.

**3.6.2.2 Horizontal pipes**  
 In the case of horizontal pipes, heating cables are installed along the lower half of the pipe (Figure 13). Depending on whether there are two or more heating cables, the arrangement and the angle between the individual cables varies according to the illustration. The lower half of the pipe is used because, due to physical processes such as heat conduction, the heat is propagated upwards.

**3.6.2.3 Vertical pipes**  
 In the case of vertical pipes, the heating cables are distributed evenly around the pipe circumference (Figure 14). This allows the heat to be distributed as evenly as possible.

**3.6.3 Spiral installation of heating cables**  
 The spiral installation of heating cables (Figure 15) should only be used sparingly as it clearly impedes any maintenance work that has to be carried out. Nevertheless, it can be advantageous in exceptional cases. If a plastic pipe is to be heated uniformly, it is, on the one hand, possible to improve the heat conductivity by applying a bottom and a top layer of aluminium foil. However, in this case, an additional improvement can be achieved by applying the heating cable spirally. Another exception is when high specific surface loads per unit of pipe area (W/cm<sup>2</sup>) are required. The spiral installation method is used here as the maximum allowable load of the heating cable must not be exceeded. These cases usually involve short sections of pipe, so that the difficulties during maintenance work are of less consequence than with long pipe sections.

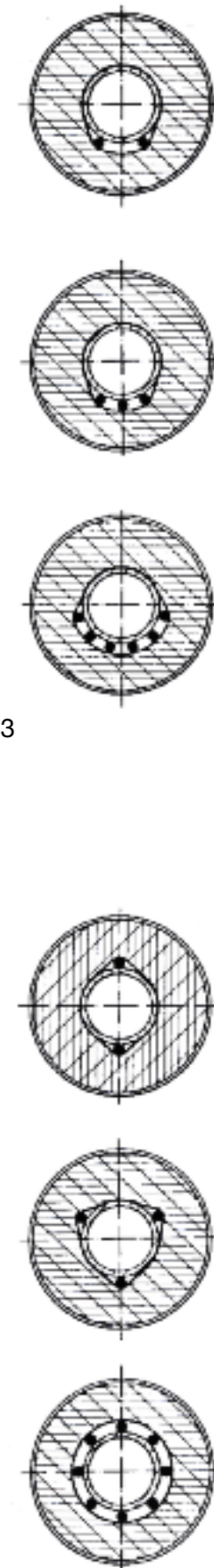


Abbildung 13  
 Figure 13

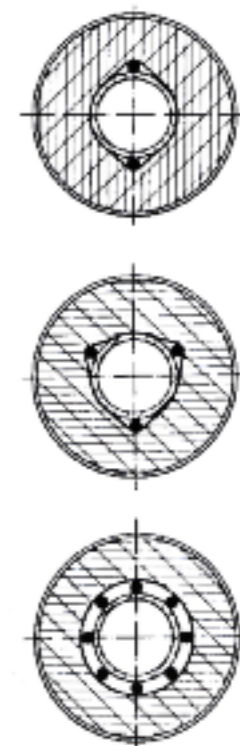


Abbildung 14  
 Figure 14

Rohrstücke vorhanden, so dass die Erschwer-nisse bei den Unterhaltsarbeiten nicht in dem-selben Masse ins Gewicht fallen wie bei langen Leitungen.

### 3.6.4 Beheizte Schläuche

Schläuche dienen als flexible Verbindungen zwi-schen zwei fest installierten Rohrleitungen oder bei der Abfüllung in Fahrzeuge und Container. Aufgrund des Einsatzes müssen sie so beheizt werden, dass die Flexibilität möglichst nicht beeinträchtigt wird. Aus diesem Grunde wird das Wärmekabel auf dem Schlauch immer spir-alförmig (Abbildung 15) installiert. Durch einen geringen Wickelabstand kann die optimale Restflexibilität sichergestellt werden. Empfeh-lenswert ist, am Schlauchanfang und -ende eine Anschlussdose zu platzieren. Dadurch ist das Wärmekabel mechanisch unterbrochen und ein allfälliges Ersetzen ist leichter, als wenn die Rohrleitung zusammen mit dem Schlauch mit ein und demselben Wärmekabel beheizt wird.

### 3.6.5 Verlegung bei Flanschen

Wegen der grösseren Masse von Flanschen sol-len diese mit einer zusätzlichen Schlaufe un-terschiedlicher Länge entsprechend der Anwen-dungstemperatur beheizt werden (Abbildung 16). Die Schlaufe wird wie das Wärmekabel am Rohr mit einem wärmebeständigen Klebband befestigt. Dieses kann bei Unterhaltsarbeiten oder bei der Auswechslung einzelner Rohrab-schnitte jederzeit gelöst und später wieder befestigt werden.

Auch bei geringen Temperaturen und bei Anwendungen im Frostschutzbereich darf nicht auf entsprechend kleine Schlaufen verzichtet werden.

| Rohrdurchmesser |          | Verlegungsart |                     |
|-----------------|----------|---------------|---------------------|
| DN              | mm       | u-förmig [m]  | 3-fach parallel [m] |
| DN 15           | 21,3 mm  | 2 · 0,25      | 3 · 0,19            |
| DN 20           | 26,9 mm  | 2 · 0,29      | 3 · 0,22            |
| DN 25           | 33,7 mm  | 2 · 0,32      | 3 · 0,24            |
| DN 32           | 42,4 mm  | 2 · 0,38      | 3 · 0,28            |
| DN 40           | 48,3 mm  | 2 · 0,41      | 3 · 0,30            |
| DN 50           | 60,3 mm  | 2 · 0,45      | 3 · 0,33            |
| DN 65           | 76,1 mm  | 2 · 0,49      | 3 · 0,36            |
| DN 80           | 88,9 mm  | 2 · 0,52      | 3 · 0,38            |
| DN 100          | 114,3 mm | 2 · 0,56      | 3 · 0,41            |
| DN 125          | 139,7 mm | 2 · 0,63      | 3 · 0,45            |
| DN 150          | 168,3 mm | 2 · 0,70      | 3 · 0,51            |

plications des travaux d'entretien ne sont pas si importants que pour les conduites de longue portée.

### 3.6.4 Tuyaux flexibles chauffés

Des tuyaux flexibles servent au raccordement souple de deux conduites fixes ou au remplis-sage de véhicules et de conteneurs. Selon l'ap-plication, ils doivent également être chauffés de manière à, dans la mesure du possible, ne pas perturber l'écoulement du fluide. Dans ce but, le câble chauffant doit toujours être monté en spirale sur le tuyau (fig. 15). La flexibilité opti-male est assurée du fait de la faible distance d'enroulement. Il est recommandé de prévoir une boîte de jonction à l'entrée et à la sortie du tuyau. Ainsi, le câble chauffant est interrompu mécaniquement et un éventuel remplacement est plus facile que si la conduite et le tuyau sont chauffés ensemble par un même câble.

### 3.6.5 Pose de flasques

En raison de la masse plus importante des flasques, ces dernières doivent être chauffées au moyen d'une boucle supplémentaire de lon-gueur différant selon la température d'applica-tion (fig. 16). La boucle ainsi que le câble chauf-fant sont fixés à la conduite au moyen d'un ruban adhésif résistant à la chaleur. Ce ruban doit pouvoir être détaché en tout temps pour les travaux d'entretien ou lors du remplacement d'un tronçon de conduite puis être recollé de même.

On ne saurait renoncer aux boucles, plus petites en proportion pour des températures moins élevées ou une application dans le domaine de la protection contre le gel.

| Diamètre du tube |          | Type de pose |                         |
|------------------|----------|--------------|-------------------------|
| DN               | mm       | en U [m]     | en triple parallèle [m] |
| DN 15            | 21,3 mm  | 2 · 0,25     | 3 · 0,19                |
| DN 20            | 26,9 mm  | 2 · 0,29     | 3 · 0,22                |
| DN 25            | 33,7 mm  | 2 · 0,32     | 3 · 0,24                |
| DN 32            | 42,4 mm  | 2 · 0,38     | 3 · 0,28                |
| DN 40            | 48,3 mm  | 2 · 0,41     | 3 · 0,30                |
| DN 50            | 60,3 mm  | 2 · 0,45     | 3 · 0,33                |
| DN 65            | 76,1 mm  | 2 · 0,49     | 3 · 0,36                |
| DN 80            | 88,9 mm  | 2 · 0,52     | 3 · 0,38                |
| DN 100           | 114,3 mm | 2 · 0,56     | 3 · 0,41                |
| DN 125           | 139,7 mm | 2 · 0,63     | 3 · 0,45                |
| DN 150           | 168,3 mm | 2 · 0,70     | 3 · 0,51                |

### 3.6.4 Heated hoses

Hoses are used as a flexible connection between two rigid pipes or when filling media into vehicles and containers. Because flexibility is important, it must not be impaired by the heating system. For this reason, heating cables are laid spirally around the hose (Figure 15). Optimum residual flexibility can be maintained by a relatively tight winding pitch. It is advisable to place a junction box at each end of the hose. This mechanical break in the heating cable makes it easier to replace the hose if necessary than when the pipeline and the hose are heated with one and the same heating cable.

### 3.6.5 Installation with flanges

Due to the greater dimensions of flanges, these should be heated with additional loops that vary in length according to the required temperature (Figure 16). Like the trace heating cable, the loop is affixed with a heat-resistant adhesive tape. This can be removed at any time and reattached later during maintenance work or when replacing individual section of pipe.

Even with low temperatures and frost protection applications, the use of small loops is essential.



Abbildung 15  
Figure 15

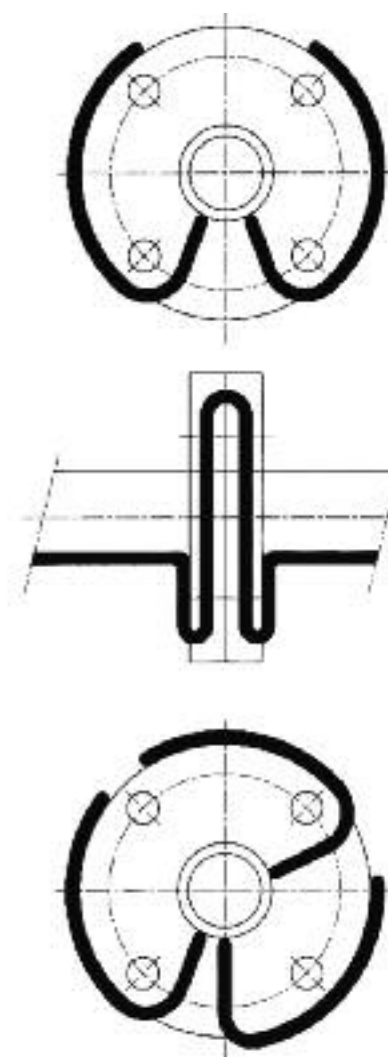


Abbildung 16  
Figure 16

| Pipe diameter |          | Laying system |                        |
|---------------|----------|---------------|------------------------|
| DN            | mm       | U-shape [m]   | threefold parallel [m] |
| DN 15         | 21.3 mm  | 2 · 0.25      | 3 · 0.19               |
| DN 20         | 26.9 mm  | 2 · 0.29      | 3 · 0.22               |
| DN 25         | 33.7 mm  | 2 · 0.32      | 3 · 0.24               |
| DN 32         | 42.4 mm  | 2 · 0.38      | 3 · 0.28               |
| DN 40         | 48.3 mm  | 2 · 0.41      | 3 · 0.30               |
| DN 50         | 60.3 mm  | 2 · 0.45      | 3 · 0.33               |
| DN 65         | 76.1 mm  | 2 · 0.49      | 3 · 0.36               |
| DN 80         | 88.9 mm  | 2 · 0.52      | 3 · 0.38               |
| DN 100        | 114.3 mm | 2 · 0.56      | 3 · 0.41               |
| DN 125        | 139.7 mm | 2 · 0.63      | 3 · 0.45               |
| DN 150        | 168.3 mm | 2 · 0.70      | 3 · 0.51               |

### 3.6.6 Verlegung bei Armaturen und Ventilen

In Bezug auf die Verlegung bei Armaturen und Ventilen ist darauf zu achten, dass das Wärmekabel nicht als überlappende Schlaufe montiert wird. Obwohl es selbstbegrenzende Wärmekabel gibt, bei denen die Überlappung und gegenseitige Berührung keine Schäden verursachen. Vom sicherheitstechnischen Aspekt her kann bezüglich Übertemperaturen kein Einwand erhoben werden; eine einfache Auswechslung dieser Armaturen ist jedoch überhaupt nicht mehr gewährleistet.

Um die nötige Heizleistung auf die Armaturen zu übertragen, wird eine Schlaufe um die Armatur gelegt, welche jederzeit durch das Lösen der Befestigungsbänder ausgetauscht werden kann. Die Abbildungen 17 und 18 zeigen die Beheizung und deren Befestigung.

| Rohrdurchmesser<br>DN | mm       | Zuschlag pro Ventil<br>[m] |
|-----------------------|----------|----------------------------|
| DN 15                 | 21,3 mm  | 1,8                        |
| DN 20                 | 26,9 mm  | 2,0                        |
| DN 25                 | 33,7 mm  | 2,2                        |
| DN 32                 | 42,4 mm  | 2,5                        |
| DN 40                 | 48,3 mm  | 2,7                        |
| DN 50                 | 60,3 mm  | 3,0                        |
| DN 65                 | 76,1 mm  | 3,2                        |
| DN 80                 | 88,9 mm  | 3,4                        |
| DN 100                | 114,3 mm | 3,6                        |
| DN 125                | 139,7 mm | 4,0                        |
| DN 150                | 168,3 mm | 4,5                        |

### 3.6.7 Einführung der Wärmekabel in die Isolation

Sehr oft werden die Wetterschutzabdeckungen der Rohre an den Stirnseiten mit zusätzlichen Stirnblechen verschlossen. Ungenügende Aussparungen können das Wärmekabel beschädigen. Selbst bei guten Installationen sind die Austritts- bzw. Eintrittsstellen der Wärmekabel gefährdet. Diesem Umstand kann auf zwei Arten begegnet werden: Die Wärmekabel können mit einer Kabeleinführung oder einem entsprechenden Einführungsblech in das Wetter-schutzblech eingeführt werden (Abbildung 19 und 20).

Eine andere Lösung besteht darin, dass die Kabeleinführung am auf das Rohr montierten Anschlusskasten mit einem Rohrstück oder einem Bogen so verlängert wird, dass der Isolierer nicht das Wärmekabel, sondern die Kabel-

### 3.5.6 Poses d'armatures et de valves

Lors de la pose des armatures et des valves, il faut veiller à ce que le câble chauffant ne soit pas monté en boucle couvrante et cela bien qu'il existe des câbles chauffants autolimités pour lesquels un recouvrement et un point de contact réciproques ne sont pas dommageables. Du point de vue de la sécurité technique quant à la surtempérature, aucune objection ne peut être faite, mais un simple échange d'armature ne peut plus être assuré.

Pour transmettre la capacité calorifique nécessaire aux armatures, une boucle est aménagée autour de l'armature qui pourra en tout temps être remplacée en déposant les rubans de fixation. Les figures 17 et 18 illustrent le chauffage et le genre de fixation.

| Diamètre du tube<br>DN | mm       | Ajout par valve<br>[m] |
|------------------------|----------|------------------------|
| DN 15                  | 21,3 mm  | 1,8                    |
| DN 20                  | 26,9 mm  | 2,0                    |
| DN 25                  | 33,7 mm  | 2,2                    |
| DN 32                  | 42,4 mm  | 2,5                    |
| DN 40                  | 48,3 mm  | 2,7                    |
| DN 50                  | 60,3 mm  | 3,0                    |
| DN 65                  | 76,1 mm  | 3,2                    |
| DN 80                  | 88,9 mm  | 3,4                    |
| DN 100                 | 114,3 mm | 3,6                    |
| DN 125                 | 139,7 mm | 4,0                    |
| DN 150                 | 168,3 mm | 4,5                    |

### 3.6.7 Introduction des câbles chauffants dans l'isolation

Les capots de protection des conduites contre les intempéries sont souvent fermés à l'avant par des tôles frontales supplémentaires. Des évidements insuffisants sont susceptibles d'entraîner des dommages au câble chauffant. Même dans une bonne installation, les câbles chauffants risquent d'être endommagés aux sorties et aux entrées. On peut remédier de deux façons à cet état de chose. Les câbles chauffants peuvent être introduits au moyen d'une entrée de câble ou d'une tôle d'entrée correspondante dans la tôle de protection contre les intempéries (fig. 19 et 20).

Une autre solution consiste à allonger l'entrée de câble par un boîtier de connexion monté sur la conduite par un tronçon de tuyau ou un arc de façon telle que l'isoleur n'encoche pas le

### 3.5.6 Installation with fittings and valves

When installing a heating cable at fittings and valves, it is necessary to ensure that it is not mounted as an overlapping loop. Although some self-limiting heating cables are available, where overlapping and mutual contact do not cause any damage. Also, although there is no over-temperature hazard, easy replacement of these fittings is no longer possible.

In order to transmit the required heat to a fitting, a loop is laid around it. This fitting can be replaced at any time by simply removing the fixing tapes. Figures 17 and 18 show the heating loop and how to fix it.

| Pipe diameter<br>DN | mm       | Additional length<br>per valve<br>[m] |
|---------------------|----------|---------------------------------------|
| DN 15               | 21.3 mm  | 1.8                                   |
| DN 20               | 26.9 mm  | 2.0                                   |
| DN 25               | 33.7 mm  | 2.2                                   |
| DN 32               | 42.4 mm  | 2.5                                   |
| DN 40               | 48.3 mm  | 2.7                                   |
| DN 50               | 60.3 mm  | 3.0                                   |
| DN 65               | 76.1 mm  | 3.2                                   |
| DN 80               | 88.9 mm  | 3.4                                   |
| DN 100              | 114.3 mm | 3.6                                   |
| DN 125              | 139.7 mm | 4.0                                   |
| DN 150              | 168.3 mm | 4.5                                   |

### 3.6.7 Passing heating cables through the insulation

The metal cladding applied to pipes as weather protection is often closed off at the ends by means of additional end plates. If the openings in these plates are too small, the heating cable can suffer damage. Even with good installations, the entry and exit points of the heating cable are vulnerable to damage. There are two ways of solving this problem. One way is to feed the heating cable into the metal cladding using a cable gland or suitable entry plate (Figure 19 and 20).

Another solution is to extend the cable gland at the junction box mounted on the pipe with a nipple or elbow in such a way that the technician fitting the insulation makes an opening in the metal cladding for the cable gland and not for the heating cable. The robustness of the

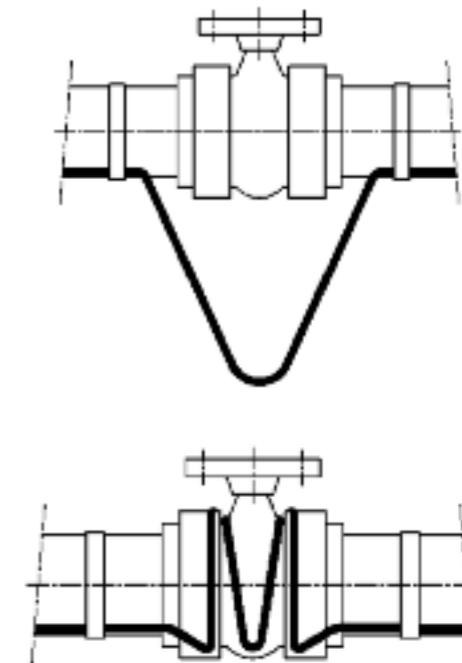


Abbildung 17  
Figure 17

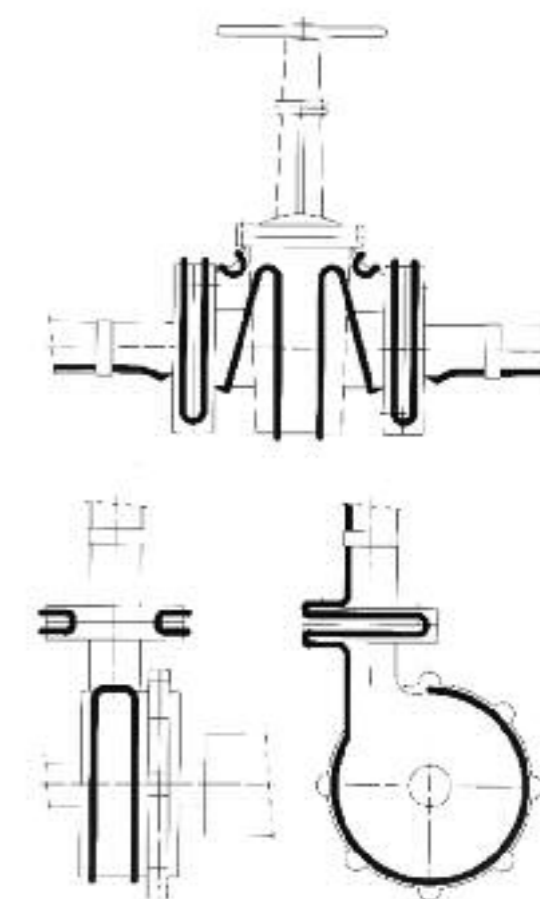


Abbildung 18  
Figure 18

einführung im Wetterschutzblech ausspart. Die Robustheit der Kabeleinführung oder deren Verlängerung garantiert, dass das Wärmekabel keine derartigen Belastungen bzw. Beschädigungen erfährt.

### 3.6.8 Besonderheiten bei Kunststoffrohren

Bei Kunststoffrohren ist in jedem Fall die zulässige thermische Belastung des angewandten Rohres zu berücksichtigen. Die Beanspruchung kann wesentlich verändert werden, wenn die Rohrleitung betriebsmässig unter Druck steht. Die zulässige Temperatur des Kunststoffrohres sollte immer höher sein als die am Wärmekabel auftretende Oberflächentemperatur.

Da die Temperaturen bei Kunststoffen ohnehin sehr tief sind und es sich meistens um Frostschutzprobleme handelt, wird empfohlen, selbstbegrenzende Wärmekabel einzusetzen. Bei Verwendung der richtigen Typenreihe der Wärmekabel kann eine Übertemperatur ausgeschlossen werden.

Wegen der stark eingeschränkten Wärmeleitung des Kunststoffes ist zu prüfen, ob die Wärmeverteilung durch zusätzlich anzubringende Aluminiumfolien (Abbildung 21) verbessert werden kann. In diesem Zusammenhang sind die Datenblätter der selbstbegrenzenden Wärmekabel zu konsultieren.

### 3.6.9 Verlegung in Schutzrohre

Bei der Verlegung der Wärmekabel in nicht-brennbare Schutzrohre ist der lichte Durchmesser so zu wählen, dass Wärmestaus vermieden werden.

## 3.7 Montage der Wärmekabel an Behältern

Die Berechnung der Heizleistung von Behältern erfolgt gegenüber jener von Rohrleitungen nach anderen physikalischen Gesetzen. Die Grundlagen dazu sind in den Projektierungsrichtlinien zu finden.

### 3.7.1 Zylindrische Behälter

Bei der Montage der Wärmekabel müssen die Betriebstemperatur, die zusätzlichen Verluste aufgrund allfälliger Stutzen, Rohre und Schaulscheiben sowie die Gesamtlänge der Wärmekabel berücksichtigt werden.

câble chauffant mais uniquement l'entrée de ce dernier dans la tôle de protection. La robustesse de l'entrée ou de la prolongation garantit que le câble chauffant ne subira par de telles charges ni de dégâts.

### 3.6.8 Particularités des conduites en matière plastique

Il faut dans tous les cas tenir compte de la charge thermique admissible des conduites appliquées. La contrainte peut notamment varier fortement lorsque la conduite est en service et soumise à pression. La température admissible du tuyau en plastique devrait toujours être supérieure à la température superficielle effective du câble chauffant.

Du fait que les températures des matières plastiques sont de toute façon inférieures et qu'il s'agit généralement de protection contre le gel, il est recommandé d'utiliser des câbles chauffants autolimités. En appliquant les séries types appropriées, on évitera toute surtempérature.

En raison de la conduction de chaleur très restreinte des matières plastiques, il y a lieu d'examiner si la répartition de chaleur ne pourrait pas être améliorée par l'adjonction de feuilles d'aluminium (fig. 21). Il est indiqué à cet effet de consulter les fiches de données des câbles chauffants autolimités.

### 3.6.9 Pose en tubes de protection

Lors de la pose des câbles chauffants dans des tubes de protection non combustibles, la section d'alésage doit être définie de telle façon que tout goulet de chaleur soit évité.

## 3.7 Montage de câbles chauffants sur conteneurs

Le calcul de la capacité de chauffage pour des conteneurs s'effectue sur la base d'autres lois physiques que pour les conduites. Les éléments de base sont exposés dans les directives d'étude du projet.

### 3.7.1 Réservoirs cylindriques

Lors du montage de câbles chauffants, il faut prendre en considération la température de service, les pertes secondaires dues aux éventuels buses, tubulures et hublots de contrôle ainsi que la longueur totale des câbles chauffants.

cable gland or its extension will safeguard the heating cable against damage and stress.

### 3.6.8 Special considerations for plastic pipes

In the case of plastic pipes, the allowable thermal load of the pipe being used has to be taken into consideration every time. If the pipe line is pressurized during operation, the loading can change significantly. The allowable temperature of the plastic pipe should always be higher than the surface temperature of the heating cable.

As, in the case of plastics, the temperatures are already very low and the problems involved relate to frost protection, it is advisable to use self-limiting heating cables. If the appropriate type series is selected, the danger of an over-temperature can be ruled out.

Because plastic is a very poor conductor of heat, it should be checked to see whether the heat distribution can be improved by applying aluminium foil (Figure 21). The data sheets of the self-limiting heating cables should be consulted in this case.

### 3.6.9 Installation in conduit

When laying heating cables in non-combustible conduit, the inside diameter shall be large enough to avoid hot spots.

## 3.7 Mounting of heating cables on tanks

The calculation of the power required to heat tanks is based on physical laws that are different to those for pipes. It is explained in detail in the planning guidelines.

### 3.7.1 Cylindrical tanks

When installing heating cables, the operating temperature, the additional heat losses due to any nozzles, pipes and inspection windows as well as the overall length of the heating cable shall be taken into consideration.



Abbildung 19  
Figure 19

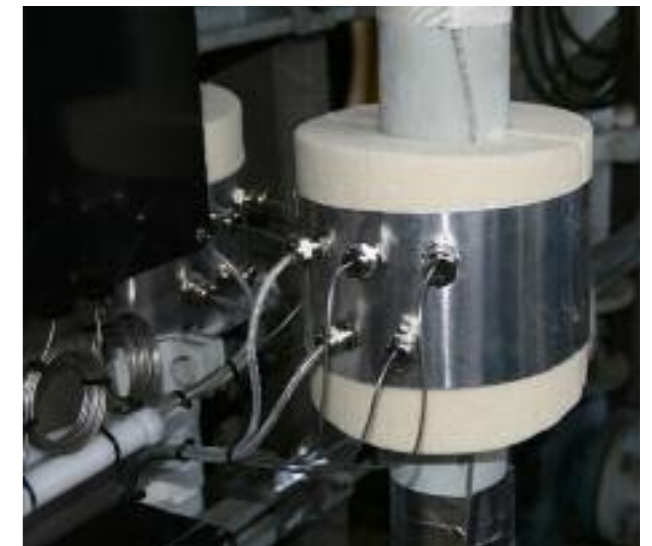


Abbildung 20  
Figure 20



Abbildung 21  
Figure 21

### 3.7.1.1 Befestigung mit Klebbändern

Handelt es sich um kleine Behälter, kann das Wärmekabel gewickelt oder in Form von Schlaufen direkt mit Klebband am Behälter befestigt werden (Abbildung 23).

### 3.7.1.2 Befestigung mittels angeschweisster Rohrstücke

Bei grossen Tanks und Behältern kann das Wärmekabel auch mittels angeschweisster Rohrstücke angebracht werden. Nach Abbildung 22 werden oben und unten Rohrstücke (beispielsweise mit einem Durchmesser von 25 · 20 mm) angeschweisst. Das Wärmekabel wird dann vertikal um diese Rohrstücke verlegt und zusätzlich mit einem Klebband gesichert. Die Rohrstücke haben den grossen Vorteil, dass keine scharfen Kanten entstehen, die das Wärmekabel beschädigen, und dass die minimalen Biegeradien der Wärmekabel automatisch eingehalten werden müssen.

Die teilweise eingesetzten, gestanzten Befestigungsbänder empfehlen sich grundsätzlich nicht. Viele der auf dem Markt befindlichen Wärmekabel können damit beschädigt oder der Isolationswert kann mindestens bei jeder Druckstelle gemindert werden.

### 3.7.1.3 Beheizungen mit Hilfe von vorkonfektionierten Heizmatten

Je nach Behälter wird der Einsatz von Heizmatten empfohlen. Diese können in der Werkstatt vorbereitet und als fertig konfektionierte Einheit geliefert werden. Die Montage reduziert sich an Ort und Stelle auf ein Minimum. Diese Methode bietet auch dann einen grossen Vorteil, wenn verschiedene Aussparungen das Anbringen des Wärmekabels stark erschweren. In diesen Fällen wird der Träger (Kunststoff oder Chromstahlgeflecht) am Behälter zugeschnitten und angepasst, anschliessend in der Werkstatt mit einer einheitlichen spezifischen Belastung pro Flächeneinheit mit Wärmekabeln ausgerüstet (Abbildung 24).

### 3.7.1.4 Klöpperböden

Klöpperböden haben den Nachteil, dass sie in zwei verschiedenen Achsen gewölbt sind. Aus diesem Grunde wird es schwierig, eine Flächenheizung anzubringen. Es empfiehlt sich daher, entsprechend der Abbildung 22 entweder Rohrstücke oder einen Reifen am Behälter-

### 3.7.1.1 Fixation par ruban adhésif

S'il s'agit de petits conteneurs, le câble chauffant pourra être fixé enroulé ou en boucle directement au récipient au moyen d'un ruban adhésif adéquat (Fig. 23).

### 3.7.1.2 Fixation au moyen de tronçons de tube soudés

Pour les citernes et réservoirs de grande dimension, le câble chauffant peut également être fixé au moyen de tronçons de tube soudés. La figure 22 illustre la façon dont les tronçons (p.ex. d'une section de 25 · 20 mm) pourront être soudés au bas et au haut de la citerne. Le câble chauffant est ensuite posé verticalement et assuré par un ruban adhésif. Les tronçons de tube offrent le grand avantage d'éviter les arêtes vives susceptibles d'endommager le câble. Par ailleurs, les rayons de courbure minimaux de ce dernier doivent être automatiquement respectés.

Nous ne saurions recommander les bandes perforées quelquefois utilisées. Nombre de câbles chauffants offerts sur le marché risquent d'être endommagés ou la valeur d'isolation peut s'en trouver diminuée à chaque empreinte de compression.

### 3.7.1.3 Chauffage au moyen de nattes pré-confectionnées

Selon le type de réservoir, l'application de nattes chauffantes peut être recommandée. Ces nattes peuvent être préparées en usine et être livrées comme unités confectionnées et prêtes à la pose. Sur place, le montage se limite alors à un minimum de travail. Cette méthode présente également un grand avantage lorsque divers évidements rendent difficile la pose d'un câble chauffant. Dans ce cas, l'élément porteur (matière plastique ou treillis en acier chromé) est coupé selon la forme du conteneur et adapté. Il est ensuite équipé en usine d'une charge spécifique de câbles chauffants par unité de surface (fig. 24).

### 3.7.1.4 Fonds bombés «Klöpper»

Ces fonds ont le désavantage d'être bombés en deux axes différents rendant difficile l'installation d'un chauffage de surface. C'est pourquoi il est recommandé, conformément à la figure 22, soit de monter des tronçons de conduite, soit un anneau au fond du récipient et d'y fixer

### 3.7.1.1 Fixing with adhesive tape

In the case of small tanks, the heating cable can either be wound around the tank or applied in the form of loops and be attached directly to tank with adhesive tape (Figure 23).

### 3.7.1.2 Fixing with welded-on nipples

In the case of large tanks and vessels, the heating cable can also be affixed by means of welded-on nipples. As shown in Figure 22, Nipples (for example, with a diameter of 25-20 mm) are welded onto the tank top and bottom. The heating cable is wound vertically around these nipples and then fixed in position with adhesive tape. The big advantage of these nipples is that there are no sharp edges that can damage the cables and that the minimum bending radius of the cables is always observed.

On principle, it is not advisable to use punched fastening tapes, although it is used in some cases. It can cause damage to many of the heating cables available on the market or can certainly cause a reduction in the insulation value at the pressure points.

### 3.7.1.3 Heating systems using prefabricated heating mats

In some cases, depending upon the type of vessel, the use of heating mats is recommended. These can be prepared in the workshop and supplied as a prefabricated unit. On-site fitting work is reduced to a minimum. This method is also particularly advantageous if various openings complicate the installation of heating cables. In these cases, the matting (plastic or chromium steel mesh) is cut to size and fitted to the vessel. Then it is sent to the workshop and fitted with heating cables with a uniform specific load per unit area (Fig. 24).

### 3.7.1.4 Dished heads

Dished heads have the disadvantage that they are domed in two different axes. This makes it difficult to attach cables for uniform heating per unit area. The best solution here – as shown in Figure 22 – is to weld nipples or a hoop to the bottom of the vessel and attach the heating

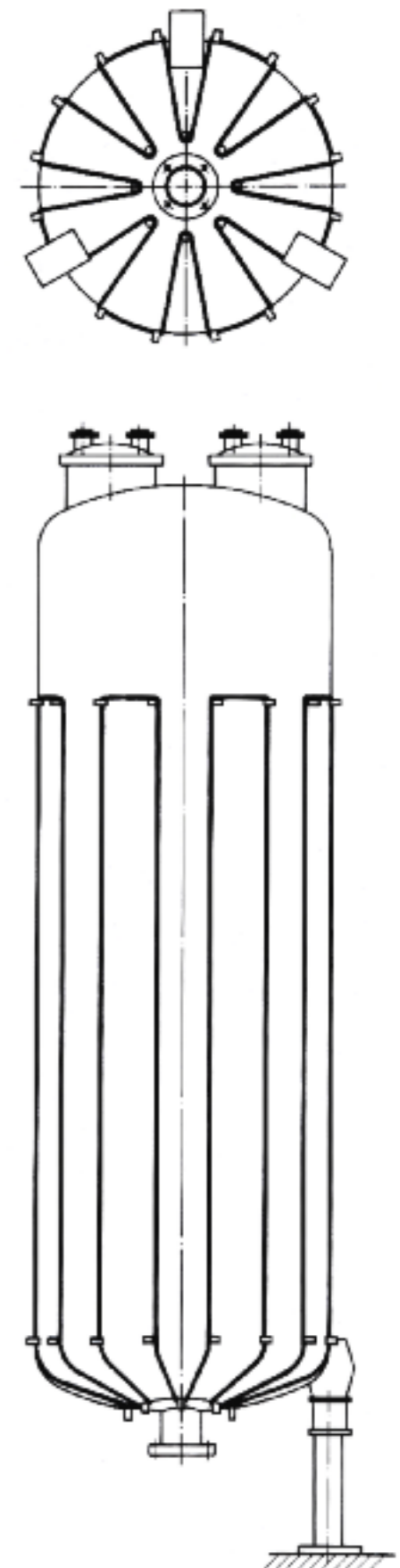


Abbildung 22  
Figure 22

boden anzubringen und das Wärmekabel direkt zu befestigen.

### 3.7.2 Rechteckige Behälter

Diese Behälter sind an den Ecken meistens mit ungenügenden Radien ausgerüstet, so dass mit einer Heizmatte nicht der ganze Behälterumfang in einem Stück beheizt werden kann. Bei Behältern mit gepressten Stahlblechen werden die einzelnen Flächen mit einzelnen Heizmatten ausgerüstet. Bei kleinen Behältern kann das Wärmekabel auch mit Klebband angeklebt werden.

#### 3.7.2.1 Lagercontainer und Behälter für flüssige Medien

Verschiedentlich müssen Container beheizt werden, die der Lagerung von flüssigen Medien dienen und über eine längere Zeitspanne in Teilmengen entleert werden. In diesen Sonderfällen (z.B. flüssige Schokolade, Medien, die wegen der Viskositätsänderung beheizt werden) wird der Container in vertikal angeordnete Heizabschnitte unterteilt. Jeder Heizabschnitt wird mit einem Regulier- oder allenfalls Sicherheitsthermostat überwacht. Beim schrittweise sich abspielenden Entleeren werden die nicht mehr benötigten Heizabschnitte wegen des Anstiegens der Wandtemperatur automatisch abgeschaltet. Eine Musteranordnung ist aus der Abbildung 24 ersichtlich.

### 3.8 Anschluss

Nach der Installation der Wärmekabel müssen die Anschlüsse sorgfältig ausgeführt werden. Die Anschlüsse bestehend aus kompletten Anschlusssets oder Anschlusskästen sind normalerweise Bestandteil der Zulassungen. Aus diesem Grunde dürfen Komponenten unterschiedlicher Hersteller nicht untereinander vermischt werden. Die mitgelieferten Instruktionen der Hersteller sind in jedem Fall zu beachten und es dürfen nur Originalteile für das Erstellen der Anschlüsse verwendet werden.

#### 3.8.1 Anschlussset

Ein Anschlussset enthält normalerweise sämtliche Komponenten, welche für das Konfektieren der Anschlüsse der Wärmekabel notwendig sind. Neben den einzelnen Komponenten wie Pressverbindern, Schrumpfschläuchen und der Instruktion werden oft passende Lei-

directement le câble chauffant.

### 3.7.2 Conteneurs rectangulaires

Ces récipients disposent généralement d'un rayon insuffisant pour chauffer le pourtour entier d'une seule pièce. Pour les réservoirs revêtus de tôles d'acier pressé, les différentes surfaces peuvent être équipées séparément de nattes chauffantes. Pour les petits conteneurs, un câble chauffant peut aussi être fixé au moyen d'un ruban adhésif.

#### 3.7.2.1 Réservoirs et récipients pour le stockage de liquides

Certains conteneurs servant au stockage de substances liquides doivent être chauffés et sont vidés par étape au cours d'une période relativement longue. Dans ces cas particuliers (p.ex. chocolat liquide, produits devant être chauffés en raison des fluctuations de leur viscosité) le conteneur est divisé en secteurs de chauffage superposés. Chaque secteur est contrôlé par un thermostat de régulation ou, du moins, de surveillance. Au fur et à mesure des étapes de vidage, le chauffage des secteurs vides est déclenché automatiquement afin d'éviter la surchauffe des parois. La figure 24 présente une répartition type.

### 3.8 Connexions

Après le montage des câbles chauffants, les connexions doivent être effectuées avec le plus grand soin. Celles-ci consistent normalement en des garnitures complètes ou des boîtes de jonction faisant partie de la certification, raison pour laquelle les composants de différents fabricants ne doivent pas être mélangés. Il faut en toute circonstance observer les indications du fabricant et seules des pièces d'origine devront être utilisées lors d'un remplacement.

#### 3.8.1 Garniture de connexion

Une garniture de connexion comporte normalement tous les composants nécessaires à la confection du raccordement du câble chauffant. Outre les divers composants tels que connecteurs à serrer, flexibles thermorétractables et les instructions de montage, la garni-

cable directly.

### 3.7.2 Rectangular tanks

In most cases, the corners of these tanks are too sharp to be able to heat the entire circumference of the tank with one heating mat. Tanks made of pressed sheet steel are generally fitted with a flat heating mat on each side. In the case of smaller tanks, the heating cable can also be affixed with adhesive tape.

#### 3.7.2.1 Storage tanks for liquid media

It is often necessary to heat tanks used for storing liquid, which are emptied gradually in smaller quantities over a longer period of time. In these special cases (e.g. liquid chocolate or other media that have to be heated to maintain the required viscosity) the tank is divided vertically into separate heating sections. Each heating section is monitored by a control or safety thermostat. As the tank is gradually emptied, the heating sections no longer required are cut off automatically due to the rising in wall temperature. A typical arrangement of this type is shown in Figure 24.

### 3.8 Electrical connection

Once the heating cable has been installed, the electrical connection shall be carried out with due care. The connections, either complete connection kits or junction boxes, are normally a constituent part of the approvals. For this reason, components from various manufacturers must not be used together. The manufacturer's instructions supplied with the equipment shall always be taken into consideration, and only original parts may be used for making connections.

#### 3.8.1 Connection kits

A connection kit normally contains all the components needed for making the heating cable connections. In addition to individual components such as press connectors, shrink-on hoses and instructions, suitable cable entries are often also included. These are adapted to



Abbildung 23  
Figure 23

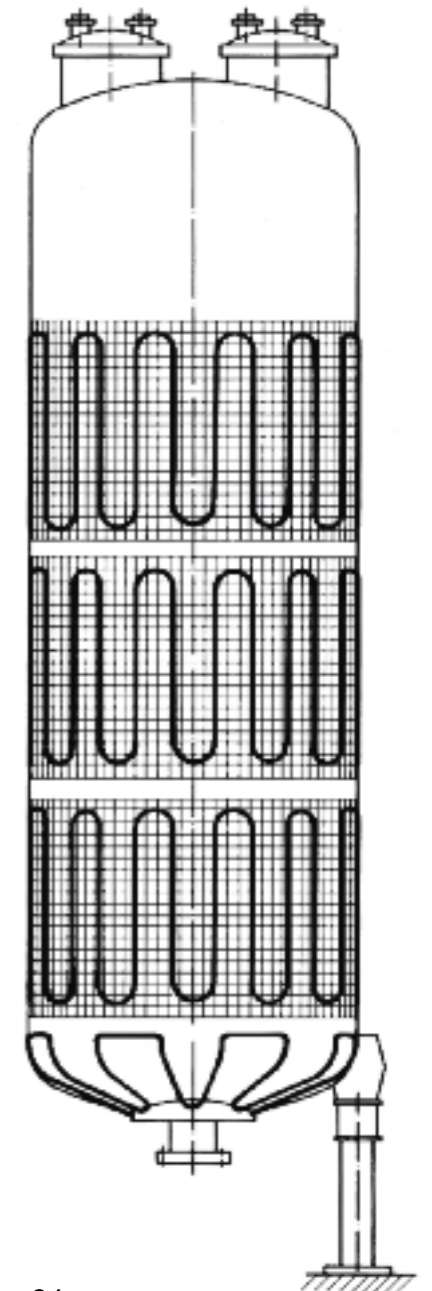


Abbildung 24  
Figure 24

tungs- und Kabeleinführungen mitgeliefert. Diese sind so auf die Wärmekabel abgestimmt (Dimension und Einsatztemperatur), dass die spezifizierte IP-Schutzart beim bestimmungsgemässen Gebrauch gewährleistet werden kann.

### 3.8.2 Anschlusskästen

Die Anschlusskästen können sowohl für den direkten Anschluss der Wärmekabel als auch für den Anschluss der Kaltkabel eingesetzt werden. Normalerweise werden Anschlusskästen der Zündschutzart erhöhte Sicherheit «e» eingesetzt. In den Anschlusskästen können zusätzlich auch die Regelthermostate und die Sicherheitstemperaturbegrenzer eingebaut werden. Anschlusskästen, die bezüglich Klemmen und Temperaturüberwachung für einen einzigen Heizkreis ausgelegt sind, erleichtern erheblich die Inspektions- und Unterhaltsarbeiten. Beim direkten Einführen der Wärmekabel muss sichergestellt werden, dass die installierte Verlustleistung mit den Instruktionen des Herstellers übereinstimmt. Die Bestückung der explosionsgeschützten Anschlusskästen mit Schaltgeräten und Komponenten wird so eingeschränkt, dass trotz der inneren Verlustleistung die Oberflächentemperaturen entsprechend der jeweiligen Temperaturklasse den anzuwendenden Normen genügen. Durch eine Stückprüfung muss die Einhaltung der Temperaturgrenzen (die heisseste Stelle innen an den einzelnen Komponenten, Hot-spot) entsprechend der jeweiligen Temperaturklasse vom Hersteller gewährleistet werden.

### 3.9 Installation der Temperatursensoren

Die Installation der Temperatursensoren von Temperaturreglern und Sicherheitstemperaturbegrenzern erfolgt nach dem Abschnitt 7.

### 3.10 Isolationsprüfung nach der Installation

Der Widerstand der elektrischen Isolierung muss zwischen den Leitungen der Begleitheizung und der metallenen äusseren Umhüllung, dem Metallmantel oder einem vergleichbar elektrisch leitenden Material mit einer Prüfspannung von mindestens 500 VDC gemessen werden. Empfohlen werden jedoch, höhere Prüfspannungen von 1000 VDC anzuwenden. Mineralisolierte Metallmantelwärmekabel sollten bei

ture comprend souvent les entrées de lignes et de câbles appropriées. Ces éléments sont normalement adaptés au câble chauffant (dimensions et température d'application répondant à l'indice de protection IP spécifique et conforme à l'usage défini).

### 3.8.2 Boîtes de jonction

Les boîtes de jonction peuvent être conçues soit pour la connexion directe du câble chauffant soit pour le raccordement du conducteur froid. Des boîtes de jonction du mode de protection sécurité augmentée «e» sont normalement utilisées. Les thermostats de régulation et les limiteurs de température de sécurité peuvent aussi être intégrés dans la boîte de jonction. Les boîtes de jonction qui, sur le plan bornes et contrôle de température, sont conçus pour un seul circuit de chauffe facilitent considérablement les travaux d'inspection et d'entretien.

Pour les entrées directes de câble chauffant, il y a lieu de s'assurer que la dissipation de puissance installée correspond aux instructions du fabricant. L'équipement des boîtes de jonction antidéflagrantes avec commutateurs et composants est limité de manière à ce que malgré la dissipation interne de puissance la température superficielle réponde aux normes de la classe de température définie. Lors des essais individuels, les limites de température (la partie la plus chaude des différents composants, hot-spot) doivent correspondre à la classe de température garantie par le fabricant.

### 3.9 Installation des capteurs de température

Le montage des capteurs des régulateurs et des limiteurs de température de sécurité doit être effectué conformément au chapitre 7 ci-après.

### 3.10 Vérification de l'isolation après montage

La résistance de l'isolation électrique entre les lignes du chauffage d'accompagnement et le revêtement métallique extérieur, la gaine de métal ou un matériau similaire conducteur d'électricité doit être vérifiée avec une tension d'essai de 500 VDC au minimum. Une tension plus élevée, soit de 1000 VDC est néanmoins recommandée. La résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à 20 MΩ.

suit the heating cables (dimensions and operation temperatures), so that the specified IP degree of protection can be maintained when used as intended.

### 3.8.2 Junction boxes

The junction boxes can be used for both the direct connection of heating cables and for the connection of cold leads. Normally junction boxes in the type of protection 'Increased Safety e' are used. Control thermostats and safety temperature limiters can also be installed in the junction boxes. Junction boxes with terminals and temperature monitoring that are only designed for a single heating circuit, simplify inspection and maintenance work enormously. If the heating cables are fed in directly, it is necessary to ensure that the installed dissipation loss complies with the manufacturer's instructions. The equipping of explosion-protected junction boxes with switchgear and components is limited in such a way that, in spite of the internal dissipation loss, the surface temperatures in accordance with the respective temperature class satisfies the standards to be applied. A routine verification and test shall be carried out to confirm that the temperature limits (the hottest point inside on the individual components, the so-called 'hot spot') in accordance with the temperature class specified by the manufacturer are adhered to.

### 3.9 Installation of temperature sensors

The installation of temperature sensors of temperature controllers and safety temperature limiters shall be carried out according to Section 7.

### 3.10 Insulation tests after installation

The resistance of the electrical insulation shall be measured from the conductors of the trace heating to the metallic braid, the metallic sheath or other equivalent electrically conductive material with a minimum of 500 VDC test voltage. However, it is strongly recommended that higher test voltages of 1000 VDC be used.

Mineral insulated, metal sheath heating cables should be tested at a voltage of max. 1000



Abbildung 25  
Figure 25



Abbildung 26  
Figure 26



34 | einer Spannung von höchstens 1000 VDC geprüft werden. Der gemessene Isolationswiderstand darf nicht kleiner als 20 MΩ sein.

### 3.11 *Nachführen der Dokumentation*

Die Verlegung der Wärmekabel an Rohrleitungen und Behältern bzw. Tanks wird dokumentiert. Sind vor Ort infolge Änderungen der Leitungsführungen Anpassungen vorzunehmen, müssen diese in der Dokumentation nachgeführt werden.

### 3.11 *Elaboration de la documentation*

Le montage des câbles chauffants sur des conduites, conteneurs et citernes doit faire l'objet d'un dossier documentaire qui devra être complété si, lors de la pose sur place, des modifications et des adaptations doivent être effectuées.



VDC. The measured insulation resistance shall not be less than 20 MΩ.

### 3.11 *Updating of documentation*

The laying of heating cables on pipes and vessels or tanks is documented. If changes are made during on-site installation, the documentation shall be updated accordingly.

4.1 Sichtkontrollen

Bevor die Isolation bzw. die Wärmedämmung angebracht wird, wird die ganze Beheizung nochmals einer Sichtkontrolle unterzogen. Dabei kann auf einfache Weise festgestellt werden, ob bei einer Flanschverbindung oder Armatur ein Wärmekabel eingeklemmt oder evtl. gequetscht wird. Zusätzlich sollte die Aufmerksamkeit auf evtl. scharfe Kanten von Blechen wie Abdeckungen und Einfassungen gerichtet werden. Bei der Erwärmung können solche Blechkanten durch die Ausdehnung das Wärmekabel quetschen, was unweigerlich zu Isolationsproblemen führt.

4.2 Elektrische Zwischenkontrollen

In explosionsgefährdeten Anlagen ist zu beachten, dass vor der elektrischen Zwischenkontrolle eine «Genehmigung für sicheres Arbeiten» vom Betreiber einzuholen ist.

4.2.1 Prüfung der Isolationsfestigkeit

Vor dem Anbringen der Wärmedämmung soll die Wärmekabelbeheizung einer Isolationsprüfung unterzogen werden. Der mit 500 VDC gemessene Isolationswiderstand zwischen den kurzgeschlossenen Hauptstromkreisen einschliesslich aller mit diesen verbundenen Steuer- und Meldestromkreise sowie dem Schutzleitersystem einschliesslich des Gehäuses darf nicht kleiner als 20 MΩ sein.

In der Praxis weisen Isolationswiderstände einen Wert von 50 bis 100 MΩ auf.

Sind Steuer- und Meldestromkreise nicht direkt mit dem Netz verbunden, so sind getrennte Prüfungen durchzuführen:

- zwischen den Hauptstromkreisen und dem Schutzleitersystem,
- zwischen den Steuer- und Meldestromkreisen und dem Schutzleitersystem sowie
- zwischen den Hauptstromkreisen und den Steuer- und Meldestromkreisen.

Bei grösseren Installationen dürfen Einzelprüfungen an jedem Teilbereich durchgeführt werden.

4.2.2 Prüfung des Schutzleitersystems

Durch Sichtprüfung ist festzustellen, ob das Schutzleitersystem den Anforderungen entspricht, d.h. ob alle Wärmekabel, Anschluss-

4.1 Contrôle visuel

Avant la pose de l'isolation thermique, l'ensemble de l'installation de chauffage devra subir un dernier contrôle visuel. Il sera ainsi possible de vérifier sans difficulté si éventuellement une connexion de flasques ou une armature serre ou écrase un câble chauffant. De plus, il y a lieu de vérifier si les tôles de protection ne comportent aucun angle vif. En cas d'échauffement, de telles arêtes pourraient, en se dilatant, provoquer l'écrasement du câble chauffant et fatalement entraîner des problèmes d'isolation.

4.2 Contrôle électrique intermédiaire

Avant le contrôle électrique intermédiaire des installations explosibles, on devra obtenir de l'utilisateur une «autorisation de feu».

4.2.1 Examen de résistance de l'isolation

Avant le calorifugeage, l'isolation du chauffage d'accompagnement doit être soumise à un examen. La résistance mesurée à une tension de 500 VDC entre les lignes chargées mises en court-circuit ainsi que celles qui sont en liaison avec les circuits de commande et de signalisation ne doit pas être inférieure à 20 MΩ.

Dans la pratique, la résistance de l'isolation présente une valeur se situant entre 50 et 100 MΩ. Lorsque les circuits de commande et de signalisation ne sont pas directement raccordés au réseau, des contrôles séparés s'imposent:

- entre le circuit de courant principal et le système de conducteurs de protection ainsi que
- entre les circuits de commande/signalisation et le système de conducteurs de protection et
- entre les circuits de courant principal et les circuits de commande/signalisation.

Dans les installations particulièrement importantes, des contrôles indépendants peuvent être effectués pour chaque sous-domaine.

4.2.2 Contrôle du système de conducteurs de protection

Il y a lieu de s'assurer par un contrôle visuel que le système de conducteurs de protection

4.1 Visual inspections

Before the thermal insulation is applied, another visual inspection of the complete heating system shall be carried out. This is the easiest way to determine whether a heating cable is squashed or even pinched at a flange connection or fitting.

Close attention shall also be given to any sharp edges on sheet metal covers and aprons. During heating such metal edges can expand and pinch the heating cable, which inevitably leads to insulation problems.

4.2 Interim electrical checks

A 'Hot work permit shall always be obtained from the operator before carrying out interim electrical checks in installations in a hazardous area.

4.2.1 Testing of insulation resistance

Before the thermal insulation is applied, the heating cable system shall be subjected to an insulation test. The insulation resistance is measured with 500 VDC between the short-circuited main circuits, including all connected control and signalling circuits and the PE conductor system including the enclosure and must not be less than 20 MΩ.

In practice, the insulation resistance values usually range from 50 to 100 MΩ.

If control and signalling circuits are not connected directly to the power supply system, separate tests shall be carried out:

- between the main circuits and the PE system,
- between the control and signalling circuits and the PE system and
- between the main circuits and the control and signalling circuits

In the case of larger installations, individual tests may be carried out on each subsection.

4.2.2 Checking of PE conductor systems

A visual inspection shall be carried out to determine whether the PE conductor system meets the requirements, i.e. whether all the heating



Abbildung 27  
Figure 27



Abbildung 28  
Figure 28

und Endabschlussdosen ins Schutzleitersystem integriert sind. Beidseitig anzuschliessende Wärmekabel müssen auch beidseitig mit dem Schutzleitersystem verbunden sein.

Weiter ist zu prüfen, ob der Widerstand zwischen dem Hauptschutzleiteranschluss und allen Teilen der Anlage  $0,1 \Omega$  nicht übersteigt.

#### 4.3 Überprüfung der Platzierung der Temperaturfühler

Bevor die Isolation montiert wird, ist es ratsam, ebenfalls die Thermostatenfühler auf richtige Platzierung und Befestigung zu überprüfen. Die Aluminiumfolie, welche zur besseren Wärmeverteilung bzw. -leitung zwingend um die Rohrleitung und das Wärmekabel gewickelt wird, verhindert später jegliche Sichtprüfung.

répond aux exigences, à savoir si tous les câbles chauffants, coffrets de connexion et d'extrémité sont intégrés dans le système de protection. Les câbles chauffants devant être connectés aux deux extrémités doivent également être raccordés par les deux bouts au système de protection.

Il y a par ailleurs lieu de vérifier que la résistance entre la connexion principale du conducteur de protection et les autres parties de l'installation ne dépasse pas  $0,1 \Omega$ .

#### 4.3 Examen de la disposition des capteurs de température

Il est recommandé, avant de poser l'isolation, de bien vérifier si l'emplacement et la fixation des capteurs de température sont adéquats. La feuille d'aluminium qui normalement entoure le câble chauffant pour obtenir une meilleure répartition de la chaleur empêchera un examen visuel ultérieur.

cables, junction and terminal boxes are integrated into the PE conductor system. Heating cables that are connected at both ends shall also be connected to the PE conductor system at both ends.

It is also necessary to check whether the resistance between the main PE conductor connection and all parts of the installation does not exceed  $0.1 \Omega$ .

#### 4.3 Checking of the positioning of temperature sensors

Before mounting the insulation, it is advisable to check that the temperature sensors have been installed correctly in the appropriate positions. To improve the heat distribution and conductance, it is essential to wrap aluminium foil around the pipes and heating cable. However, this makes it impossible to carry out visual inspections at a later point in time.

## 5. Thermische Isolation

Die Qualität der Isolation (Wärmedämmung) wird durch die Wärmeleitfähigkeit (W/mK) ausgedrückt. Je kleiner der Wert, um so kleiner die zu installierende Heizleistung. Wärmeleitung ist ein Energietransport (Abbildung 29), der unter dem Zwange eines Temperaturgefälles vor sich geht und stoffbedingt ist. Die Wärme breitet sich in festen Stoffen durch Leitung aus. In der Zeit  $t$  bewegt sich durch eine feste Wand (Dicke der Isolation) mit unterschiedlicher Innen- und Aussen-temperatur (Rohr- und Umgebungstemperatur) eine bestimmte Wärmemenge, die mit der Beheizung zur Temperaturstabilisierung gedeckt wird.

Die verschiedenen Isolationsmaterialien und deren Wärmeleitfähigkeiten sind in der Tabelle 1 aufgeführt. Diese sind für die Berechnung und die Auslegung in Abhängigkeit der jeweiligen Einsatztemperatur zu berücksichtigen.

| Richtwerte   |                                    |            | Faktor f |
|--|------------------------------------|------------|----------|
| Aeroflex   | ( $\vartheta_m = 20\text{ °C}$ )   | 0,039 W/mK | 1,12     |
| Isolierschalen   | ( $\vartheta_m = 50\text{ °C}$ )   | 0,035 W/mK | 1,00     |
|  | ( $\vartheta_m = 100\text{ °C}$ )  | 0,045 W/mK | 1,29     |
|  | ( $\vartheta_m = 150\text{ °C}$ )  | 0,057 W/mK | 1,63     |
|  | ( $\vartheta_m = 200\text{ °C}$ )  | 0,071 W/mK | 2,03     |
| Mineralwolle<br>25 kg/m <sup>3</sup>                         | ( $\vartheta_m = 50\text{ °C}$ )   | 0,045 W/mK | 1,29     |
|  | ( $\vartheta_m = 100\text{ °C}$ )  | 0,054 W/mK | 1,55     |
|  | ( $\vartheta_m = 150\text{ °C}$ )  | 0,068 W/mK | 1,95     |
| Mineralwolle<br>weiss zum<br>Stopfen<br>70 kg/m <sup>3</sup> | ( $\vartheta_m = 50\text{ °C}$ )   | 0,035 W/mK | 1,00     |
|  | ( $\vartheta_m = 100\text{ °C}$ )  | 0,041 W/mK | 1,17     |
|  | ( $\vartheta_m = 150\text{ °C}$ )  | 0,046 W/mK | 1,31     |
| Flumroc<br>FLB 700 Stopf-<br>wolle<br>120 kg/m <sup>3</sup>  | ( $\vartheta_m = 50\text{ °C}$ )   | 0,035 W/mK | 1,00     |
|  | ( $\vartheta_m = 100\text{ °C}$ )  | 0,045 W/mK | 1,29     |
|  | ( $\vartheta_m = 300\text{ °C}$ )  | 0,080 W/mK | 2,29     |
|  | ( $\vartheta_m = 600\text{ °C}$ )  | 0,191 W/mK | 5,46     |
| Lamellmatten<br>FML 250<br>32 kg/m <sup>3</sup>              | ( $\vartheta_m = 50\text{ °C}$ )   | 0,049 W/mK | 1,4      |
|  | ( $\vartheta_m = 100\text{ °C}$ )  | 0,063 W/mK | 1,8      |
| Rockwool-<br>Schalen 850<br>125 kg/m <sup>3</sup>            | ( $\vartheta_m = 100\text{ °C}$ )  | 0,043 W/mK | 1,23     |
|  | ( $\vartheta_m = 300\text{ °C}$ )  | 0,083 W/mK | 2,37     |
|  | ( $\vartheta_m = 400\text{ °C}$ )  | 0,115 W/mK | 3,29     |
| Keramikfaser-<br>matten<br>48-160 kg/m <sup>3</sup>          | ( $\vartheta_m = 400\text{ °C}$ )  | 0,090 W/mK | 2,57     |
|  | ( $\vartheta_m = 800\text{ °C}$ )  | 0,170 W/mK | 4,86     |
|  | ( $\vartheta_m = 1200\text{ °C}$ ) | 0,360 W/mK | 10,29    |

Vergleich molekulare Wärmeleitfähigkeit von ruhender Luft

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| ( $\vartheta_m = 50\text{ °C}$ )  | 0,030 W/mK |
| ( $\vartheta_m = 100\text{ °C}$ ) | 0,033 W/mK |

Tabelle 1 Wärmeleitfähigkeit (in Abhängigkeit des Isoliermaterials und der Betriebstemperatur  $\vartheta_m$ )

## 5. Isolation thermique

La qualité de l'isolation s'exprime en chiffre de conductibilité thermique (W/mK). Plus la valeur est faible et plus la puissance calorifique est réduite. La conductibilité thermique est le transport d'énergie (Fig. 29) qui s'effectue sous la contrainte d'une chute de température; elle est également dépendante des matériaux utilisés. La chaleur se distribue à travers les matières solides au moyen de conduites. Durant le temps  $t$ , une certaine quantité de chaleur traverse une paroi solide (épaisseur de l'isolation) dont les températures internes et externes diffèrent (conduites et air ambiant); le chauffage fournit cette chaleur afin de stabiliser la température.

Les différents matériaux d'isolation et leurs coefficients de conductibilité thermique sont indiqués dans le tableau 1. Leurs caractéristiques et leur dimensionnement doivent être pris en considération pour le calcul et l'interprétation des données lors de la conception et rapportés aux températures de service prévues.

| Valeur de référence  |                                    |            | Facteur f |
|--|------------------------------------|------------|-----------|
| Aeroflex   | ( $\vartheta_m = 20\text{ °C}$ )   | 0,039 W/mK | 1,12      |
| Enveloppe<br>calorifique                                     | ( $\vartheta_m = 50\text{ °C}$ )   | 0,035 W/mK | 1,00      |
|  | ( $\vartheta_m = 100\text{ °C}$ )  | 0,045 W/mK | 1,29      |
|  | ( $\vartheta_m = 150\text{ °C}$ )  | 0,057 W/mK | 1,63      |
|  | ( $\vartheta_m = 200\text{ °C}$ )  | 0,071 W/mK | 2,03      |
| Pierrelaine<br>25 kg/m <sup>3</sup>                          | ( $\vartheta_m = 50\text{ °C}$ )   | 0,045 W/mK | 1,29      |
|  | ( $\vartheta_m = 100\text{ °C}$ )  | 0,054 W/mK | 1,55      |
|  | ( $\vartheta_m = 150\text{ °C}$ )  | 0,068 W/mK | 1,95      |
| Pierrelaine<br>blanche<br>à tampon<br>70 kg/m <sup>3</sup>   | ( $\vartheta_m = 50\text{ °C}$ )   | 0,035 W/mK | 1,00      |
|  | ( $\vartheta_m = 100\text{ °C}$ )  | 0,041 W/mK | 1,17      |
|  | ( $\vartheta_m = 150\text{ °C}$ )  | 0,046 W/mK | 1,31      |
| Flumroc<br>FLB 700<br>étoupe<br>120 kg/m <sup>3</sup>        | ( $\vartheta_m = 50\text{ °C}$ )   | 0,035 W/mK | 1,00      |
|  | ( $\vartheta_m = 100\text{ °C}$ )  | 0,045 W/mK | 1,29      |
|  | ( $\vartheta_m = 300\text{ °C}$ )  | 0,080 W/mK | 2,29      |
|  | ( $\vartheta_m = 600\text{ °C}$ )  | 0,191 W/mK | 5,46      |
| Nattes lamellée<br>FML 250<br>32 kg/m <sup>3</sup>           | ( $\vartheta_m = 50\text{ °C}$ )   | 0,049 W/mK | 1,4       |
|  | ( $\vartheta_m = 100\text{ °C}$ )  | 0,063 W/mK | 1,8       |
| Rockwool<br>Enveloppes 850<br>125 kg/m <sup>3</sup>          | ( $\vartheta_m = 100\text{ °C}$ )  | 0,043 W/mK | 1,23      |
|  | ( $\vartheta_m = 300\text{ °C}$ )  | 0,083 W/mK | 2,37      |
|  | ( $\vartheta_m = 400\text{ °C}$ )  | 0,115 W/mK | 3,29      |
| Fibres cérami-<br>ques lamellées<br>48-160 kg/m <sup>3</sup> | ( $\vartheta_m = 400\text{ °C}$ )  | 0,090 W/mK | 2,57      |
|  | ( $\vartheta_m = 800\text{ °C}$ )  | 0,170 W/mK | 4,86      |
|  | ( $\vartheta_m = 1200\text{ °C}$ ) | 0,360 W/mK | 10,29     |

Comparaison conductibilité thermique moléculaire de l'air stagnant

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| ( $\vartheta_m = 50\text{ °C}$ )  | 0,030 W/mK |
| ( $\vartheta_m = 100\text{ °C}$ ) | 0,033 W/mK |

Tableau 1 Conductibilité thermique (en fonction du matériel isolant et de la température de service  $\vartheta_m$ )

## 5. Thermal insulation

The quality of the thermal insulation is expressed by the heat transfer coefficient (W/mK). The lower the value, the lower the heating power that has to be installed. Heat conduction is a form of energy transport (Figure 29) that is powered by a temperature gradient and varies according to the type of material. In solid materials heat is propagated by conduction. A given heat quantity moves in the time 't' through a solid wall (thickness of the insulation) with different internal and external temperatures (pipe and ambient temperatures). The purpose of the heating system is to compensate the heat loss and stabilize the temperature.

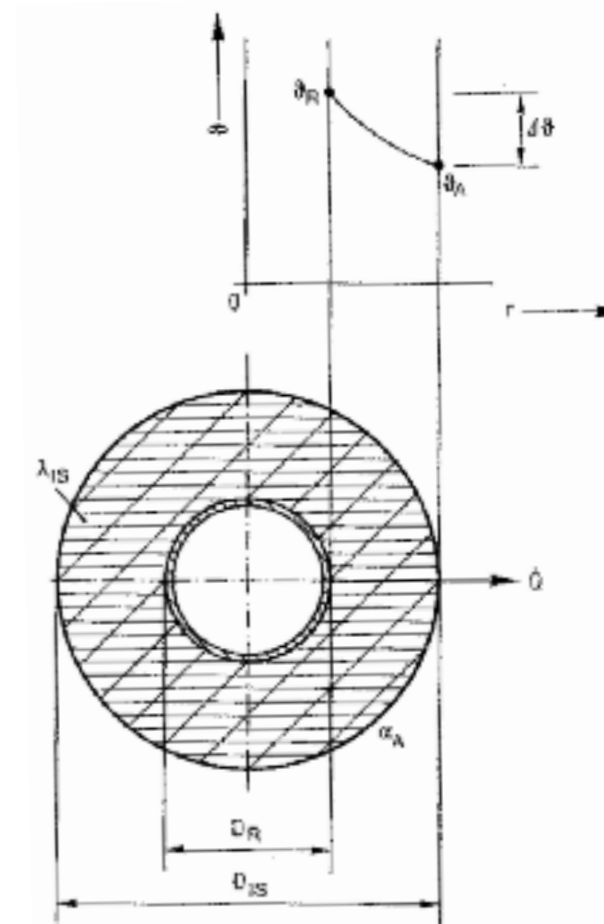
The various insulation materials and their heat transfer coefficients are listed in table 1. These shall be taken into account when calculating and designing systems with regard to the respective operating temperature.

| Approximate figures  |                                    |            | Factor f |
|--|------------------------------------|------------|----------|
| Aeroflex   | ( $\vartheta_m = 20\text{ °C}$ )   | 0.039 W/mK | 1.12     |
| Preformed<br>shells  | ( $\vartheta_m = 50\text{ °C}$ )   | 0.035 W/mK | 1.00     |
|  | ( $\vartheta_m = 100\text{ °C}$ )  | 0.045 W/mK | 1.29     |
|  | ( $\vartheta_m = 150\text{ °C}$ )  | 0.057 W/mK | 1.63     |
|  | ( $\vartheta_m = 200\text{ °C}$ )  | 0.071 W/mK | 2.03     |
| Mineral wool<br>25 kg/m <sup>3</sup>                         | ( $\vartheta_m = 50\text{ °C}$ )   | 0.045 W/mK | 1.29     |
|  | ( $\vartheta_m = 100\text{ °C}$ )  | 0.054 W/mK | 1.55     |
|  | ( $\vartheta_m = 150\text{ °C}$ )  | 0.068 W/mK | 1.95     |
| White mineral<br>wool for<br>tamping<br>70 kg/m <sup>3</sup> | ( $\vartheta_m = 50\text{ °C}$ )   | 0.035 W/mK | 1.00     |
|  | ( $\vartheta_m = 100\text{ °C}$ )  | 0.041 W/mK | 1.17     |
|  | ( $\vartheta_m = 150\text{ °C}$ )  | 0.046 W/mK | 1.31     |
| Flumroc<br>FLB 700<br>tamping wool<br>120 kg/m <sup>3</sup>  | ( $\vartheta_m = 50\text{ °C}$ )   | 0.035 W/mK | 1.00     |
|  | ( $\vartheta_m = 100\text{ °C}$ )  | 0.045 W/mK | 1.29     |
|  | ( $\vartheta_m = 300\text{ °C}$ )  | 0.080 W/mK | 2.29     |
|  | ( $\vartheta_m = 600\text{ °C}$ )  | 0.191 W/mK | 5.46     |
| Layered mats<br>FML 250<br>32 kg/m <sup>3</sup>              | ( $\vartheta_m = 50\text{ °C}$ )   | 0.049 W/mK | 1.4      |
|  | ( $\vartheta_m = 100\text{ °C}$ )  | 0.063 W/mK | 1.8      |
| Rockwool<br>shells 850<br>125 kg/m <sup>3</sup>              | ( $\vartheta_m = 100\text{ °C}$ )  | 0.043 W/mK | 1.23     |
|  | ( $\vartheta_m = 300\text{ °C}$ )  | 0.083 W/mK | 2.37     |
|  | ( $\vartheta_m = 400\text{ °C}$ )  | 0.115 W/mK | 3.29     |
| Ceramic fibre<br>mats<br>48 - 160 kg/m <sup>3</sup>          | ( $\vartheta_m = 400\text{ °C}$ )  | 0.090 W/mK | 2.57     |
|  | ( $\vartheta_m = 800\text{ °C}$ )  | 0.170 W/mK | 4.86     |
|  | ( $\vartheta_m = 1200\text{ °C}$ ) | 0.360 W/mK | 10.29    |

For comparison: molecular thermal conductivity of stationary air

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| ( $\vartheta_m = 50\text{ °C}$ )  | 0,030 W/mK |
| ( $\vartheta_m = 100\text{ °C}$ ) | 0,033 W/mK |

Table 1 Thermal conductivity (as a function of the insulating material and the operating temperature  $\vartheta_m$ )



- $Q_1$  Heizleistung [Watt]  
puissance calorifique [watts] / heating capacity [W]
- L Rohrlänge [m] / longueur du tube [m] / pipe length [m]
- $\vartheta_R$  Rohrtemperatur [°C] / température du tube [°C] / pipe temperature [°C]
- $\vartheta_A$  Aussen- bzw. Umgebungstemperatur [°C]  
température externe, soit température ambiante [°C]  
ambient or outdoor temperature [°C]
- $\vartheta_R - \vartheta_A = \Delta\vartheta =$  Temperaturdifferenz [K]  
différence de température [K]  
temperature difference [K]
- $\lambda_{IS}$  Wärmeleitfähigkeit der Isolation [W/mK]  
diffusivité thermique de l'isolation [W/mK]  
thermal conductivity of insulation [W/mK]
- $D_{IS}$  Isolationsaussendurchmesser [m]  
diamètre extérieur de l'isolation [m]  
outside diameter of insulation [m]
- $D_R$  Rohraussendurchmesser [m]  
diamètre extérieur du tube [m]  
outside diameter of pipe [m]
- $\alpha_A$  äussere Wärmeübergangszahl [W/m<sup>2</sup>K]  
coefficient de transmission thermique externe [W/m<sup>2</sup>K]  
external heat transmission coefficient [W/m<sup>2</sup>K]
- 1,43 Zuschlagsfaktor z entsprechend einem 30%igen Wärmeverlust auf dem theoretisch errechneten Wert  
facteur de majoration m correspondant à une perte calorifique de 30 % sur la valeur théorique obtenue  
allowance factor z corresponding to 30% heat loss on top of the value calculated theoretically

Abbildung 29  
Figure 29

### 5.1 Aufbau von Rohr- und Behälterisolationen

Um die Wärmeverteilung am beheizten Rohr zu unterstützen, wird um das Rohr und das Wärmekabel eine Aluminiumfolie gewickelt. An den Enden und bei geometrisch schwierigen Anordnungen ist ein Aluminiumklebband zur Fixierung einzusetzen (Abbildung 30).

Auf die Aluminiumfolie wird die Rohrisolation aufgebracht. Diese kann als Halbschale vorgefertigt und als Plattenmaterial zugeschnitten werden.

Bei Rohrbogen wird die Isolation in Segmente zugeschnitten. Die einzelnen Isolationsstücke können als erstes ebenfalls mit Klebbändern fixiert werden.

#### **Achtung!**

**Die Rohr- und Behälterisolationen dürfen keinesfalls am bereits installierten Objekt zugeschnitten werden. Dadurch würde das Wärmekabel mit Sicherheit beschädigt.**

### 5.2 Prüfung der Isolation gemäss Spezifikation

#### 5.2.1 Dicke der Isolation

Die Dicke der Isolation ist zusammen mit dem Material ein wesentlicher Faktor für eine funktionsfähige Anlage. Die Dicke der Wärmedämmung muss mit den Berechnungs- und Planungsunterlagen übereinstimmen.

Werden die Rohrleitungen nicht sachgerecht verlegt, entstehen immer wieder Situationen, bei denen die Wärmedämmung angepasst werden muss. In diesen Fällen darf die Wärmedämmung nur verändert werden, wenn eine Freigabe des Planers erfolgt. In Sonderfällen kann auch eine Wärmedämmung um mehrere Rohrleitungen gleichzeitig erstellt werden.

#### 5.2.2 Isolationsmaterial

Nachfolgend sind wichtige Aspekte aufgeführt, die bei der Auswahl des Materials der Wärmedämmung zu berücksichtigen sind. Diese Faktoren sollten berücksichtigt und die Auswahl nach den Kriterien des Betreibers optimiert werden.

- Bemessungstemperaturen
- Wärmeleitfähigkeit der Isolierung

### 5.1 Montage de l'isolation des conduites et des réservoirs

Afin de mieux répartir la chaleur dans la conduite chauffée, on enveloppera cette dernière et le câble chauffant d'une feuille d'aluminium. Aux extrémités et dans les passages géométriquement difficiles, on fera usage d'un ruban adhésif d'aluminium (fig. 30).

L'isolation de la conduite sera appliquée sur la feuille d'aluminium. Elle peut être préfabriquée en demi-coque ou découpée en plaques.

Pour les courbes et les coudes, l'isolation sera découpée en segments. Les différentes parties de l'isolation peuvent aussi être fixées à l'aide de rubans adhésifs.

#### **Attention!**

**L'isolation des conduites et des réservoirs ne doit en aucun cas être posée sur des objets déjà installés. Les câbles chauffants en seraient certainement endommagés.**

### 5.2 Contrôle de l'isolation selon spécifications

#### 5.2.1 Epaisseur de l'isolation

Les caractéristiques et l'épaisseur de l'isolation sont des facteurs essentiels pour le bon fonctionnement de l'installation. L'épaisseur de l'isolation thermique doit correspondre aux données figurant dans le dossier de l'étude et des calculs du projet.

Si les conduites ne sont pas posées correctement, des situations se présenteront avec certitude à l'issue desquelles le calorifugeage devra être adapté. Dans de tels cas, l'isolation thermique ne pourra être modifiée qu'après accord avec le concepteur du projet. Dans certains cas particuliers, le calorifugeage comprenant plusieurs conduites peut être effectué en même temps.

#### 5.2.2 Matériaux d'isolation

Ci-après, d'importants aspects sont décrits lesquels devraient être pris en considération lors du choix des matériaux d'isolation thermique. Ces facteurs ne doivent pas être négligés, les choix devant être optimisés en tenant compte des critères de l'utilisateur:

- températures assignées
- conductibilité thermique de l'isolation

### 5.1 Pipe and tank insulation structure

To enhance the even distribution of heat on the heated pipe, aluminium foil is wrapped around the pipe and the heating cable. Adhesive aluminium tape is used to fix the ends and to attach the foil to odd-shaped parts (Figure 30). The pipe insulation is applied on top of the aluminium foil. It can either consist of prefabricated half shells or of sheet material that is cut to size.

In the case of pipe elbows, the insulation is cut to size in segments. The individual insulation segments can also be fixed in position with adhesive tape.

#### **Warning!**

**The pipe or tank insulation shall not be cut to size on the installed object. This would inevitably result in damage to the heating cable.**

### 5.2 Checking of insulation in accordance with specifications

#### 5.2.1 Thickness of insulation

The thickness of the insulation and the type of material are key factors for a functional installation. The thickness of the insulation shall comply with the calculation and planning documents.

If pipelines are not laid correctly, situations arise over and over again where the thermal insulation has to be modified. In these cases the thermal installation may only be changed if the planner has given his approval. In certain cases, thermal insulation can be applied around several pipelines at the same time.

#### 5.2.2 Insulation material

The following are important aspects to be considered when selecting an insulation material. These shall be taken into consideration and the selection optimized according to the operator's criteria:

- temperature rating
- thermal conductivity of the insulation
- mechanical properties



Abbildung 30  
Figure 30

- mechanische Eigenschaften
- chemische Verträglichkeit und Korrosionsbeständigkeit
- Feuchtebeständigkeit
- Gesundheitsgefahren bei der Installation
- Brandbeständigkeit
- toxikologische Eigenschaften bei Brandeinwirkung

Wird für die Errichtung der Wärmedämmung Material eingesetzt, welches nicht den Planungsunterlagen entspricht, ist die Funktion des Begleitheizungssystems nicht gewährleistet.

Allgemein übliche Materialien von Wärmedämmungen (Tabelle 1) sind:

- Mineralfasern
- Steinwolle
- Armaflex/Aeroflex
- Foamglas
- PU-Schaum

### 5.2.3 Abdichtung gegen das Eindringen von Feuchtigkeit und Wasser

Die einzelnen Abschnitte der Wetterschutzbleche müssen mit Nuten versehen werden, damit sie gegenseitig jeweils abgedichtet werden können. Die Stösse sind so anzuordnen, dass das Wasser nicht eindringen kann. Einzelne Stösse können mit Silikon oder anderen geeigneten Werkstoffen abgedichtet werden. Bei der Auswahl von Dichtwerkstoffen ist zu berücksichtigen, dass die direkte Sonnenbestrahlung (UV-Licht) innerhalb weniger Monate eine Versprödung herbeiführen kann. Andere Werkstoffe weisen Wasser ab, dampfförmige Stoffe diffundieren jedoch in die Isolation.

Sind Wärmedämmungen feucht, wird es nahezu unmöglich, diese in einer Installation nur mit der Begleitheizung auszutrocknen.

### 5.3 Rohrisolationen

Von Ausnahmen abgesehen, wird die Rohrisolation nur so weit an Flanschen und Armaturen geführt, dass Verschraubungen jederzeit nachgezogen oder gelöst werden können.

### 5.4 Isolationen von Flanschen und Armaturen

Die Isolation von Flanschen und Armaturen ist gegenüber der Rohrisolation nicht weniger wichtig. Wegen der grösseren Abstrahlfläche

- caractéristiques mécaniques
- compatibilité chimique et résistance à la corrosion
- résistance à l'humidité
- dangers relatifs à la santé
- résistance au feu
- caractéristiques toxicologiques lors d'incendie

Si, lors du montage, un autre matériau d'isolation est utilisé que celui qui est défini dans l'étude du projet, la fonction du chauffage d'accompagnement ne pourra être garantie.

Les matériaux d'isolation courants (tableau 1) sont:

- les fibres minérales
- la laine minérale
- Armaflex/Aeroflex
- Foamglas
- les mousses PU

### 5.2.3 Calfatage contre la pénétration de l'humidité et de l'eau

Les différents segments de tôle protectrice doivent être munis de rivets de manière à pouvoir être colmatés ensemble. Les jointures doivent être disposées de manière à ce que l'eau ne puisse pénétrer. Certaines jointures pourront être étanchéifiées au moyen de silicone ou d'un autre mastic approprié. Lors du choix du mastic, il y a lieu de prendre en considération le fait que l'insolation directe (UV) peut entraîner sa fragilisation en peu de mois. Certaines substances sont hydrofuges mais laissent néanmoins les vapeurs se diffuser dans l'isolation. Si l'isolation thermique contient de l'humidité, il est pratiquement impossible de l'assécher au moyen du chauffage d'accompagnement.

### 5.3 Isolation des conduites

Certaines exceptions mises à part, l'isolation des conduites à hauteur des flasques et armatures devra en tout temps permettre l'accès aux vis et boulons afin de pouvoir les resserrer ou les dévisser en cas de nécessité.

### 5.4 Isolation des flasques et des armatures

L'isolation des flasques et des armatures n'est pas moins importante que celle des conduites proprement dites. En raison de la surface rayonnante, il peut en résulter que la tempéra-

- chemical compatibility and corrosion resistance
- moisture resistance
- health risks during installation
- fire resistance
- toxicological properties when exposed to fire

If materials that do not comply with the planning documents are used for the installation of the thermal insulation, the function of the trace heating system is not guaranteed.

Insulation materials commonly used (Table 1) include:

- mineral fibres
- mineral wool
- Armaflex/Aeroflex
- cellular glass
- polyurethane foam

### 5.2.3 Sealing of insulation to prevent ingress of moisture and water

The individual sections of the weather barrier shall be provided with grooves so that one fits into the other and acts as a seal. The joints shall be arranged in such a way that water cannot enter into the system. Individual joints can be sealed with silicone or other suitable materials. When selecting the sealant, it is necessary to take into account the fact that, if exposed to direct sunlight (ultraviolet light), it can become brittle within a few months. Other materials contain water; however, vaporous substances diffuse in the insulation. If the thermal insulation gets damp, it is almost impossible to dry it out with the trace heating system only.

### 5.3 Pipe insulation

With very few exceptions, the pipe insulation shall only be fed as close to the flanges and fittings as possible to allow glands to be tightened or loosened at all times.

### 5.4 Insulation of flanges and fittings

The insulation of flanges and fittings is just as important as the actual pipe insulation. Due to the larger radiation area, there is a risk that the temperature will drop to a lower level. Therefore,



Abbildung 31  
Figure 31

besteht die Gefahr, dass sich die Temperatur auf einem tieferen Niveau einstellt. Es ist daher von besonderer Bedeutung, dass Flansche und Armaturen mit einer einfach zu entfernenden Kappe (Abbildung 32) isoliert werden, welche in der Isolationsstärke mindestens gleichwertig ist.

### 5.5 Temporärer Wetterschutz

Nach der Anbringung der Isolation ist darauf zu achten, dass diese nicht äusseren Einflüssen wie Regen, Schnee oder undichten Leitungen ausgesetzt wird. Kann das Wetterschutzblech nicht unmittelbar nach dem Anbringen der Isolation installiert werden, müssen temporäre Massnahmen gegen das Eindringen von Flüssigkeiten und Feuchte wie der Schutz durch Folien angewandt werden.

### 5.6 Wetterschutzbleche

Zum Schutz der Isolation vor Wettereinflüssen wird diese mit einem Aluminiumblechmantel oder dergleichen schützend umschlossen. Die Montage des Wetterschutzes soll bei trockener Isolation erfolgen. Anschliessend an die Montage sollten Stösse und Durchführungen möglichst rasch mit geeignetem Dichtmaterial (Silikonmasse) verschlossen werden.

Eine nasse Isolation kann die Aufgabe der Wärmedämmung nicht erfüllen, die Werte der Wärmeleitfähigkeit verschlechtern sich massiv. Die der Berechnung zugrunde gelegten Ausgangsdaten sind nicht mehr erfüllt, somit genügt die installierte Heizleistung nicht mehr und die gewünschte Betriebstemperatur wird nicht mehr erreicht.

Bei beheizten Rohren ist darauf zu achten, dass keine Abschlussbleche eingesetzt werden, welche infolge ihrer Ausdehnung das Wärmekabel beschädigen können. Kann aus irgendwelchen Gründen auf derartige Abschlüsse nicht verzichtet werden, sind die Aussparungen für die Wärmekabel so gross zu wählen, dass die Wärmekabel nie beschädigt oder gequetscht werden können.

### 5.7 Prüfung Isolationswiderstand

Die Prüfung des Isolationswiderstandes muss nach der Errichtung an allen Begleitheizungsstromkreisen durchgeführt werden. Anforderung ist, dass der gemessene Isolationswiderstand nicht kleiner als 5 MΩ sein darf.

ture sera plus faible à ces endroits. Il est de ce fait important que les flasques et les armatures soient isolées par un capot facile à retirer (fig. 32), ce dernier devant offrir une capacité d'isolation au moins égale.

### 5.5 Protection temporaire contre les intempéries

Après la pose, il y a lieu d'éviter que l'isolation soit exposée aux influences extérieures, notamment aux intempéries, à la pluie et à la neige, ou à des conduites non étanches. Si la tôle de protection ne peut être posée immédiatement après la fixation de l'isolation, celle-ci devra être protégée temporairement, par exemple par des feuilles étanches, contre la pénétration de liquides et d'humidité.

### 5.6 Protection contre les intempéries

La protection de l'isolation contre les intempéries se fait au moyen d'une enveloppe de tôle d'aluminium ou d'une autre matière adéquate. Le montage de cette protection s'effectue après le séchage de l'isolation. Sitôt la pose achevée, les joints et les traversées devront être immédiatement obturés avec une matière étanche appropriée (mastic silicone).

Une isolation humide ne saurait satisfaire aux exigences de l'isolation thermique, les valeurs de diffusivité thermique s'en trouvant fortement altérées. De ce fait, les calculs basés sur les données initiales s'en trouvent faussés. La capacité calorifique installée ne suffisant plus, la température de service n'est plus atteinte. Pour les conduites équipées d'un chauffage d'accompagnement, il faut veiller à ce qu'aucune tôle de fermeture montée soit en mesure d'endommager le câble chauffant du fait de la dilatation. Si, pour une raison quelconque, on ne peut renoncer à de telles fermetures, il y a lieu de prévoir un espacement suffisant entre la tôle et les câbles chauffants afin que ces derniers ne soient jamais ni écrasés ni endommagés.

### 5.7 Vérification de la résistance de l'isolation

Après la pose, une vérification de la résistance de l'isolation doit être effectuée pour tous les circuits électriques du chauffage d'accompagnement. La résistance de l'isolation ne doit

it is particularly important to insulate flanges and fittings with an easily removable cap (Figure 32). This cap shall have at least the same thickness as the insulation for the pipe.

### 5.5 Temporary weather barrier

Once the insulation has been fitted, it is necessary to consider whether it will be exposed to external influences such as rain, snow or leaky lines. If the weather barrier cannot be installed immediately after the insulation has been fitted, temporary measures shall be taken to protect the ingress of liquids and moisture, for example the use of protective foils.

### 5.6 Sheet metal weather barriers (cladding)

To protect the insulation against the weather, it is enclosed in cladding made of aluminium sheet or a similar material. The weather protection shall be fitted while the insulation is dry. After fitting, joints and openings shall be sealed as quickly as possible using a suitable sealant (silicone compound).

Wet insulation cannot fulfil its function and the values for the coefficients of thermal conductivity deteriorate considerably. The initial data, on which the calculations were based, no longer apply and, as a result, the installed heating capacity is no longer adequate and the desired operating temperature can no longer be attained.

In the case of trace-heated pipes, care shall be taken not to use end plates that can damage the heating cable due to thermal expansion. If, for any reason, it is not possible to do without these end plates, the openings for the heating cable shall be large enough to prevent and damaging or pinching of the cable.

### 5.7 Insulation resistance test

The insulation resistance test shall be carried out on all trace heating circuits after installation. According to the requirements, the measured insulation resistance shall not be less than 5 MΩ. In practice, the insulation resistance values



Abbildung 32  
Figure 32



In der Praxis weisen Isolationswiderstände einen Wert von 50 bis 100 MΩ auf.

#### 5.8 Sichtprüfung

Durch eine Sichtprüfung muss festgestellt werden, ob die Wärmekabel geschützt durch die Isolation geführt und keine Wärmekabel durch die Wetterschutzbleche verletzt worden sind. Anlässlich dieser Sichtprüfung ist auch zu beurteilen, ob das Ausdehnen der Wetterschutzbleche zu Defekten an den Wärmekabeln führen kann. Voraussehbare Problemstellen sind unverzüglich zu beseitigen.

#### 5.9 Anpassung der Dokumentation

Nach der Fertigstellung der Isolation muss die Dokumentation angepasst werden. Dabei müssen die ausgeführten Isolationsmaterialien und -dicken festgehalten werden.

jamais être inférieure à 5 MΩ.  
Dans la pratique, cette résistance se situe entre 50 et 100 MΩ

#### 5.8 Contrôle visuel

Le contrôle visuel a pour but de vérifier si les câbles chauffants sont protégés par l'isolation et qu'aucun de ces derniers n'a été endommagé par les tôles de protection. A l'occasion de ce contrôle, on pourra également vérifier si la dilatation des tôles de protection ne risque pas de provoquer un endommagement des câbles chauffants. Les situations susceptibles de créer des problèmes pourront alors être améliorées.

#### 5.9 Adaptation de la documentation

La pose de l'isolation étant achevée, il y a lieu d'adapter et de compléter la documentation. Les matériaux et épaisseurs de l'isolation doivent y être consignés.



measured range from 50 to 100 MΩ.

#### 5.8 Visual inspection

A visual inspection shall be carried out to verify that the heating cables are protected by the insulation and that they have not been damaged by the weather protection (cladding). During the visual inspection it shall also be assessed whether the expansion of the weather protection (cladding) can cause damage to the heating cable. Any foreseeable problems shall be eliminated immediately.

#### 5.9 Updating of documentation

After completion of the insulation, the documentation shall be up-dated accordingly and the type and thickness of the insulation materials used recorded.

## 6.1 Anschlüsse

Die Wärmekabel werden werkseitig oder vor Ort jeweils mit kalten, unbeheizten Enden ausgerüstet. Empfehlenswert sind Elektrokabel, welche sowohl mechanischen als auch thermischen Beanspruchungen standhalten (beispielsweise halogenfreie, vernetzte Kabel wie RADOX 125 und 155). Diese Anschlusskabel bzw. kalten Enden werden auf eine Anschlussdose geführt.

Die Konfektion (Verbindungsstelle zwischen Wärmekabel und elektrischer Zuleitung) muss vor mechanischen Beanspruchungen geschützt werden.

Die Konfektion muss entsprechend dem Einsatzort wasserdicht sein. Für die eingesetzten Komponenten muss eine Bescheinigung bzw. eine Konformitätserklärung vorliegen. Es dürfen nur Komponenten eingesetzt werden, die auf das jeweilige Wärmekabel abgestimmt sind. Die Abbildung 33 zeigt eine Verbindungsmuffe mit Dichteinsätzen aus Viton, welche den obigen Anforderungen hinsichtlich Korrosion, Temperaturbeständigkeit und mechanischer Beanspruchung genügt. Diese Muffe ist sowohl für normale als auch für explosionsgeschützte Anwendungen einsetzbar.

## 6.1.1 Schutzleiter

Nach den einschlägigen Vorschriften muss das Metallgeflecht des Wärmekabels beidseitig mit dem Schutzleiteranschluss verbunden werden. Der Schutzleiter und der Schutzleiteranschluss müssen je als solche gekennzeichnet sein. Als Kennzeichnung sind zulässig:

- das Symbol (nach 417-IEC-5019) siehe Abbildung 34
- die Buchstabenfolge PE
- die Zwei-Farben-Kombination Gelb-Grün

## 6.2 Erstellen der Anschlüsse nach Herstellerinstruktionen

## 6.2.1 Allgemeines

Alle Klemmen müssen in leicht zugänglichen Gehäusen untergebracht werden. Anschluss-, Endabschluss- und Verbindungskästen müssen mindestens der Schutzart IP 54 entsprechen. Abdichtungen von Deckeln müssen den chemischen Einwirkungen von aggressiven Flüssigkeiten, Dämpfen oder Gasen standhalten, die in der Anlage vorkommen.

Es wird empfohlen, keine Gehäuse mit aus-

## 6.1 Raccordement

Les câbles chauffants sont confectionnés en usine ou équipés de bouts froids sur place. Il est recommandé de faire usage de câbles électriques répondant aux exigences tant pour les efforts mécaniques que thermiques (par exemple: câbles réticulés, sans halogène du type RADOX 125 et 155). Ces câbles de raccordement, à savoir les bouts froids sont amenés à une boîte de connexion.

L'assemblage (point de liaison entre le câble chauffant et l'amenée électrique) doit être protégé contre les tensions mécaniques.

Selon l'emplacement, il doit être étanche à l'eau. Un certificat, à savoir une déclaration de conformité doit avoir été établie pour les composants. Seuls peuvent être utilisés des composants compatibles avec chacun des câbles chauffants. La figure 33 présente un manchon de connexion étanche en Viton répondant aux exigences décrites ci-dessus, ceci tant relativement à la corrosion qu'aux charges thermiques et aux efforts mécaniques. Ce manchon est applicable aussi bien aux installations normales qu'antidéflagrantes.

## 6.1.1 Conducteurs de protection

Selon les prescriptions s'y rapportant, la tresse métallique du câble chauffant doit être reliée à chaque extrémité par un conducteur de protection (mise à la terre).

Le conducteur de protection et sa connexion doivent l'un et l'autre être signalés comme tels.

Les signalisations suivantes sont admises:

- symbole (selon 417CEI-5019) cf. figure 34
- le sigle PE
- la combinaison des deux couleurs jaune et verte

## 6.2 Confection des connexions selon les instructions du fabricant

## 6.2.1 Généralités

Toutes les bornes doivent être montées dans des boîtes facilement accessibles. Les boîtes à bornes, de connexion et d'extrémité doivent au moins répondre à l'indice de protection IP 54. Les joints de couvercle doivent résister aux influences chimiques de liquides, aux vapeurs et aux gaz agressifs pouvant survenir dans l'installation.

## 6.1 Connections

The heating cables are equipped with cold, unheated ends in the factory or on site. Use of electric cables that meet both mechanical and thermal loading requirements is recommended (for example, halogen-free, cross-linked cables such as RADOX 125 and 155). These cold ends are fed to a junction box.

The made-up connection between the heating cable and the electric supply cable shall be protected against mechanical stress. The made-up connection shall be watertight according to the place of installation.

A certificate or declaration of conformity shall be available for the components used. Only components that are suitable for use with the respective heating cable shall be used. Figure 33 shows a coupling sleeve with Viton sealing inserts that satisfy the above requirements with regard to corrosion, temperature resistance and mechanical stress. This sleeve can be used for both normal and explosion-protected applications.

## 6.1.1 PE conductors

To satisfy the applicable regulations, the metal braiding of the heating cable shall be connected to the PE connection at both ends.

The PE conductor and connection point shall be marked as such. The following markings are allowed:

- the symbol (to 417-IEC-5019) see Figure 34
- the letters PE
- the two-colour combination yellow-green

## 6.2 Making connections in accordance with manufacturer's instructions

## 6.2.1 General

All terminals shall be housed in easily accessible enclosures. Junction, termination and connection boxes shall, at least, fulfil the requirements of the degree of protection IP 54. Cover seals shall withstand the chemical effect of aggressive liquids, vapours or gases occurring in the plant.



Abbildung 33  
Figure 33

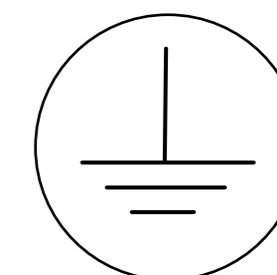


Abbildung 34  
Figure 34

brechbaren Einführungen zu verwenden. Wenn jedoch solche Einführungen vorgesehen sind, müssen sie ebenfalls der Schutzart IP 54 genügen. Dies gilt auch nach mechanischen Beanspruchungen, wie sie am Einsatzort vorkommen können.

### 6.2.2 Konventionelle Wärmekabel

In den seltensten Fällen werden beidseitig anzuschliessende Wärmekabel einfach verlegt, das heisst, dass die Kabel auf beiden Seiten des Rohres anzuschliessen sind. Normalerweise werden diese Kabel mindestens zweifach (u-förmig, Abbildung 35) am Rohr verlegt, so dass beide anzuschliessenden Enden auf der gleichen Rohrseite zu liegen kommen. Bei mehrfacher Verlegung, insbesondere bei Drehstromsystemen, kann am Ende des Wärmekabels eine Anschlussdose montiert werden, in der beispielsweise der Sternpunkt gebildet wird. Das Herausführen der einzelnen Anschlüsse auf Klemmen in Anschlussdosen ist auch im Störfall von grösstem Vorteil, weil ohne Demontage der Isolation eine elektrische Messung des Kabels vorgenommen werden kann.

### 6.2.3 Einseitig anzuschliessende Wärmekabel

Selbstbegrenzende, parallel- und leistungsbegrenzende Wärmekabel werden nur auf einer Seite angespiesen. Auf der anderen Seite dürfen Phase und Nulleiter nie miteinander verbunden werden (Abbildung 36). Die Einspeisung kann deshalb sowohl über Kabel als auch über Anschlussdosen erfolgen; das Ende wird teilweise mit einem bescheinigten Endabschluss versehen. Installiert man anstelle eines Endabschlusses eine Endabschlussdose, kann eine einfachere Kontrolle der Elektroinstallation vorgenommen werden, da das Wärmekabelende nie unter der Isolation gesucht werden muss. Aufgrund der auftretenden Temperaturverhältnisse und der Selbstbegrenzung können selbstbegrenzende Wärmekabel direkt bis auf die Klemmen in der Anschlussdose geführt werden. Das Anschlusskabel zwischen Anschlussdose und Wärmekabel ist nicht in jedem Fall erforderlich.

Il est recommandé de ne pas utiliser de boîtes comportant des entrées perçables. S'il est toutefois fait usage de telles entrées, celles-ci doivent également répondre à l'indice de protection IP 54. Cela est aussi valable pour les efforts mécaniques pouvant se produire sur place.

### 6.2.2 Câbles chauffants conventionnels

Très rares sont les cas d'installation comportant un câble chauffant unique devant être raccordé sur les deux côtés de la conduite. Normalement, les câbles sont posés au moins à double (en forme de U, fig. 35) afin que les deux extrémités se trouvent sur le même côté de la conduite. Dans les poses multiples, spécialement en système triphasé, on pourra monter une boîte de connexion à la fin du câble chauffant dont, par exemple, on formera le point neutre. Le fait d'amener les raccordements isolés à des bornes de boîtes présente un grand avantage en cas de perturbation, car on pourra alors procéder aux mesures électriques sans déposer l'isolation.

### 6.2.3 Câbles chauffants à raccordement unilatéral

Les câbles chauffants autolimités, limités parallèlement ou à limitation de puissance sont alimentés d'un seul côté. De l'autre côté, la phase et le conducteur neutre ne doivent jamais être reliés (fig. 36). L'alimentation peut donc s'opérer aussi bien par le câble que par la boîte de connexion, la fin étant partiellement équipée d'une extrémité certifiée. Si, au lieu d'un bout, on monte une boîte d'extrémité, on peut alors effectuer un contrôle simple de l'installation électrique sans qu'il soit nécessaire de chercher l'extrémité sous l'isolation. Du fait des rapports de température existants et de l'autolimitation, les câbles chauffants peuvent être amenés directement jusqu'aux bornes de la boîte de connexion. Le câble de raccordement entre la boîte de connexion et le câble chauffant n'est pas nécessaire dans chaque cas.

The use of enclosures with knock-out entries is not advisable. However, if such entries are provided, they shall also satisfy the degree of protection IP 54. This also applies after being subjected to the sort of mechanical stress occurring at the site of operation.

### 6.2.2 Conventional heating cable

Heating cables requiring connection at both ends are seldom run singly along a pipe and connected at both ends of the pipe. Normally these cables are laid on the pipe at least doubled (U-shaped, Figure 35) so that both cable ends to be connected are at the same end of the pipe. In the case of multiple cables, in particular with three-phase systems, a junction box in which, for example, the star connection is made can be mounted at the end of the heating cable. Bringing individual connections out to terminals in junction boxes is particularly advantageous, because it allows the cable to be checked electrically without removing the insulation.

### 6.2.3 Heating cables for connection at one end

Self-limiting, parallel and power-limiting heating cables shall only be supplied from one end. The phase and neutral conductors must never be joined at the other end (Figure 36). Therefore, power can either be supplied via cables or junction boxes; the end is sometimes fitted with a certified end connection. Installing a terminal box instead makes it easier to check the electrical installation, as the end of the heating cable does not have to be looked for under the insulation. Due to the temperature conditions that occur and the self-limitation, self-limiting heating cables can be fed directly onto terminals in the junction box. The connection cable between the junction box and the heating cable is not required in every case.

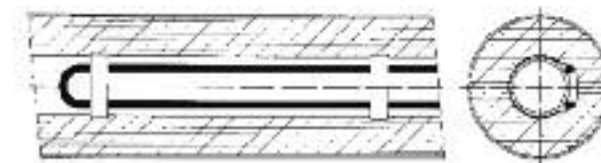


Abbildung 35  
Figure 35



Abbildung 36  
Figure 36

### 6.3 Schutzmassnahmen

#### 6.3.1 Fehlerstromschutzschalter und Isolationsüberwachung (IEC/EN 60079-14:2008 Absatz 7)

Zur Begrenzung der Erwärmung infolge von anomalen Erdschluss- und Erdableitströmen muss zusätzlich zum Überstromschutz folgende Schutzeinrichtung installiert sein:

- In einem TT- oder TN-System muss eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) (Abbildung 37) verwendet werden, deren Bemessungs-Ansprech-Fehlerstrom 100 mA nicht überschreitet. Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Bemessungs-Ansprech-Fehlerstrom von 30 mA sind vorzuziehen. Die maximale Abschaltzeit der Einrichtung darf beim Bemessungs-Ansprech-Fehlerstrom 5 s und beim 5-fachen Bemessungs-Ansprech-Fehlerstrom 0,15 s nicht überschreiten.
- In einem IT-System ist eine Isolations-Überwachungseinrichtung zu verwenden, die die Einspeisung abschaltet, sobald der Isolationswiderstand auf 50  $\Omega$  pro Volt der Bemessungsspannung oder darunter absinkt.

Besondere Vorsicht ist bei mineralisolierten Wärmekabeln geboten, da die Anschlusstechnik besonders anfällig auf das Eindringen von Feuchtigkeit ist.

#### 6.3.2 Überstromschutz

Der Nennauslösestrombereich des Überstromschutzes ist auf den Nennstrom der Heizeinrichtung wie auf dem Typenschild bzw. wie in der Spezifikation der Heizeinrichtung angegeben abzustimmen. Vorzugsweise wird eine Auslösecharakteristik C (Abbildung 38) gewählt. Bei der Auswahl von Sicherungsautomaten ist vor allem bei selbstbegrenzenden Wärmekabeln die Charakteristik zu beachten. Selbstbegrenzende Wärmekabel weisen in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur einen Anlaufstrom auf. Bei der Dimensionierung müssen deshalb sowohl die Einschalttemperatur als auch die installierte Kabellänge berücksichtigt werden. Die max. Einschaltströme und die zugehörigen Überstromschutzmassnahmen sind aus den Datenblättern der Wärmekabel-Hersteller zu entnehmen.

### 6.3 Mesures de protection

#### 6.3.1 Disjoncteur de sécurité par courant de défaut et surveillance de l'isolation (IEC/EN 60079-14:2008 chap. 7)

Afin de limiter toute surchauffe due à des courants anormaux de terre ou de mise à terre, les dispositifs suivants devront être prévus en plus de la protection à maximum de courant:

- Dans un système TT ou TN, il doit être fait usage d'un disjoncteur par courant de défaut (RCD) (figure 37) dont le courant assigné de fonctionnement n'excède pas 100 mA. Il est indiquée de donner la préférence aux dispositifs de protection avec un courant assigné de fonctionnement de 30 mA. Le temps maximal de coupure ne doit pas dépasser 5 s et, par quintuple courant assigné de fonctionnement, 0,15 s.
- Dans un système IT, il y a lieu d'appliquer un dispositif de surveillance de l'isolation mettant l'alimentation hors circuit sitôt que la résistance d'isolement baisse à 50  $\Omega$  par volt ou au-dessous.

Une prudence accrue s'impose en ce qui concerne les câbles chauffants isolés par produits minéraux, la technique de raccordement étant particulièrement sensible à la pénétration d'humidité.

#### 6.3.2 Protection à maximum de courant

La plage de courant nominal de déclenchement de la protection à maximum de courant doit être adaptée au courant nominal de l'installation de chauffage ainsi qu'indiqué sur la plaque signalétique, à savoir selon la spécification de l'installation de chauffage. On accordera la préférence aux caractéristiques de déclenchement du type C (figure 38).

Lors du choix des disjoncteurs automatiques, il faut veiller tout particulièrement aux caractéristiques des câbles chauffants autolimités. Ces derniers ont un courant d'affluence dépendant de la température ambiante. De ce fait, lors du dimensionnement, il faudra tenir compte aussi bien de la température d'enclenchement que de la longueur des câbles à installer. Le courant maximal d'enclenchement et les mesures de protection à maximum de courant correspondantes doivent être relevés de la fiche de données fournie par le fabricant.

### 6.3 Protective measures

#### 6.3.1 Earth-leakage circuit breakers and insulation monitoring (IEC/EN 60079-14:2008 Clause 7)

To limit the heat rise resulting from abnormal earth fault or earth leakage currents, the following protective devices shall be installed in addition to the overcurrent protection:

- In a TT or TN system a residual current device (RCD) (Figure 37) with a rated operating fault current no higher than 100 mA shall be used. It is preferable to use residual current devices with a rated operating fault current of 30 mA. The maximum disconnecting time at the rated operating fault current shall not exceed 5 s or 0.15 s at 5 times the rated operating fault current.
- In an IT system an insulation monitoring that switches off the supply as soon as the insulation resistance falls to 50  $\Omega$  per volt of the rated voltage or less shall be used.

Special care is necessary in the case of mineral-insulated heating cables, as the connection technology is particularly susceptible to the ingress of moisture.

#### 6.3.2 Overcurrent protection

The rated tripping current range of the overcurrent protection is set according to the rated current of the heating system as given on the type label or in the specification of the heating system. Preference is given to a C tripping characteristic (Figure 38).

When selecting miniature circuit breakers, especially for self-limiting heating cables, the characteristic shall be taken into account. Self-limiting heating cables have a starting current that varies depending on the ambient temperature. For this reason, both the switching-on temperature and the length of the installed cable shall be taken into account during dimensioning. Refer to the data sheets supplied by the manufacturer of the heating cable for the maximum switching-on currents and the associated overcurrent protection measures.

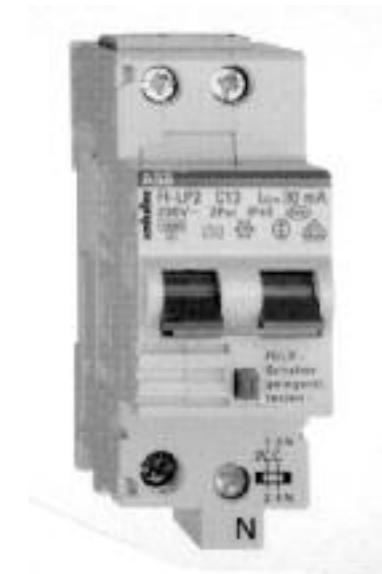


Abbildung 37  
Figure 37

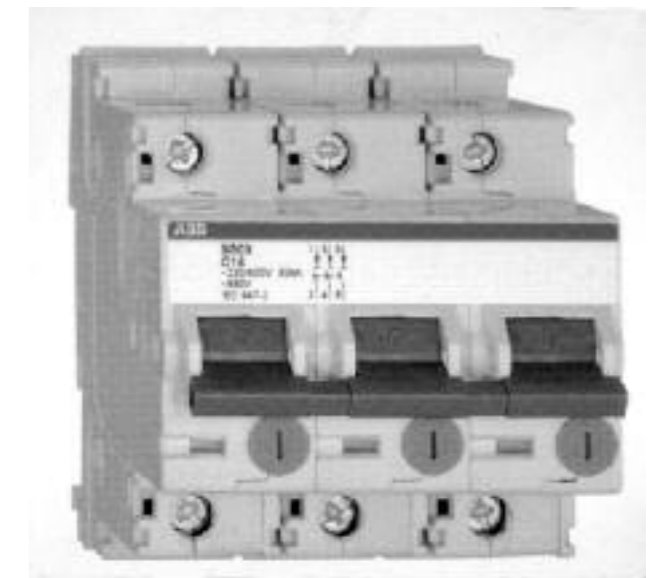


Abbildung 38  
Figure 38

### 6.3.3 Störungsmeldungen

#### 6.3.3.1 Thermostate

Alle Thermostate sind mit einem Umschaltkontakt ausgerüstet. Mit Hilfe dieses Umschaltkontaktes können sämtliche Betriebszustände angezeigt werden.

#### 6.3.3.2 Fehlerstromschutzschalter

Die Fehlerstromschutzschalter können selbst nachträglich mit einem Hilfskontakt (wechselbar, als Schliesser oder Öffner) zur Signalisierung (Abbildung 39) des Betriebszustandes ausgerüstet werden.

#### 6.3.3.3 Sicherungsautomaten

Sicherungsautomaten können sowohl mit Hilfs- als auch mit Signalkontakten bestückt werden. Während der Hilfskontakt sowohl bei mechanischer als auch bei elektrischer Auslösung schaltet, spricht der Signalkontakt nur bei elektrischer Auslösung an. Je nach Ausführung sind die einzelnen Sicherungsautomaten nachrüstbar und ausserdem können dabei bis zu vier Kontakte betrieben werden.

### 6.3.4 Strombegrenzungen für selbstbegrenzende Wärmekabel

Um bei vorgegebenen Absicherungen nicht auf selbstbegrenzende Wärmekabel verzichten zu müssen, können in diesem Fall auch Strombegrenzungsrelais eingesetzt werden. Diese öffnen den Laststromkreis bei einem auf die Absicherung abzustimmenden Ansprechwert. In diesem Fall wird jedes Mal beim Überschreiten des Ansprechstromes der Laststromkreis unterbrochen, was zu einer langsameren Aufheizung des entsprechenden Kabels führt.

## 6.4 Typische Schaltbilder

### 6.4.1 Einphasige Systeme

Die Abbildung 40 zeigt die Möglichkeiten, wie eine Beheizung mit Wärmekabeln ausgeführt werden kann. Die Aufzählung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, gibt jedoch dem Projektierer oder Installateur entsprechende Hinweise.

### 6.3.3 Signal de perturbation

#### 6.3.3.1 Thermostats

Tous les thermostats sont équipés d'un inverseur de contact. Tous les états de marche peuvent être indiqués à l'aide de cet inverseur.

#### 6.3.3.2 Disjoncteur de sécurité par courant de défaut

Les disjoncteurs de sécurité par courant de défaut peuvent être équipés, même ultérieurement, d'un contact auxiliaire (utilisable soit comme enclencheur ou comme déclencheur) pour la signalisation de l'état de marche (fig. 39).

#### 6.3.3.3 Disjoncteurs automatiques

Les disjoncteurs automatiques peuvent être équipés aussi bien de contacts auxiliaires que de contacts de signalisation. Alors que le contact auxiliaire réagit aussi bien au déclenchement mécanique qu'électrique, le contact de signalisation ne réagit qu'au déclenchement électrique. Par ailleurs, selon l'exécution, chaque disjoncteur automatique est susceptible d'être équipé ultérieurement, permettant jusqu'à quatre contacts de service.

### 6.3.4 Limitations de courant pour câbles chauffants autolimités

Afin de ne pas devoir renoncer aux câbles chauffants autolimités lors des protections prescrites, il est également possible d'appliquer des relais limiteurs de courant. Ces derniers ouvrent le circuit de courant de charge par une valeur de mise au travail assignée. Pour chaque dépassement de la valeur assignée, le courant de charge est interrompu, ce qui ralentit le réchauffement du câble correspondant.

## 6.4 Schémas typiques de commutation

### 6.4.1 Systèmes monophasés

La figure 40 illustre les possibilités d'exécution de chauffage par câble. L'énumération n'en est pas exhaustive; elle fournit néanmoins des indications appropriées pour le concepteur et pour l'installateur.

### 6.3.3 Fault signalling

#### 6.3.3.1 Thermostats

All thermostats are equipped with a changeover contact. All operating states can be indicated with the aid of this contact.

#### 6.3.3.2 Earth-leakage circuit breakers

Earth-leakage circuit breakers can even be retrofitted with an auxiliary contact (changeover type, NO or NC) for signalling (Figure 39) the operating state.

#### 6.3.3.3 Miniature circuit breakers

Miniature circuit breakers can be equipped with both auxiliary and signalling contacts. Whereas the auxiliary contact switches whether the tripping is mechanical or electrical, the signal contact only responds to electrical tripping. Depending upon the type, individual circuit breakers can be retrofitted and can operate as many as four contacts.

### 6.3.4 Current limitation of self-limiting heating cables

To allow the use of self-limiting heating cables with the given fuse protection, current-limiting relays can be used. These open the load circuit at a tripping value that is set according to the fuse protection. In this case, every time the tripping current is exceeded, the load circuit is interrupted, which causes the respective cable to heat up more slowly.

## 6.4 Typical circuit arrangements

### 6.4.1 Single-phase systems

Figure 40 shows different ways of designing a heating system using heating cables. The systems shown do not claim to be complete, but they do give the planning engineer or contractor some idea of the possibilities.



Abbildung 39  
Figure 39



### 6.4.2 Drehstromsysteme

Die Abbildung 41 zeigt Möglichkeiten auf, wie Beheizungen mit Wärmekabeln bei Drehstromsystemen gelöst werden können. Dabei ist eine Schaltung von besonderem Interesse, welche sowohl in nicht-explosiongeschützten als auch mit besonderem Vorteil (Begrenzung der Oberflächentemperatur) in explosionsgeschützten Installationen angewandt wird. Hierbei wird die Beheizung im Normalbetrieb in einer Dreieckschaltung betrieben. Unter Zuhilfenahme eines Thermostates wird bei einer auf das System abzustimmenden Temperatur von der Dreieck- in eine Sternschaltung umgeschaltet. Der Vorteil besteht darin, dass nicht durch eine partielle Abschaltung einzelner Wärmekabel eine Verminderung der Heizleistung erreicht werden kann. Die Leistungsreduktion wird gleichmässig über die ganze Oberfläche erreicht, wobei sämtliche Wärmekabel (mit 33% der Nennleistung) im Einsatz sind. Dies ergibt zwangsweise wesentlich tiefere Oberflächentemperaturen und zusätzliche Betriebssicherheit.

### 6.5 Prüfung der Isolationsfestigkeit

Nach der Fertigstellung der Begleitheizung soll die Installation einer Isolationsprüfung unterzogen werden. Der mit 500 VDC gemessene Isolationswiderstand zwischen den kurzgeschlossenen Hauptstromkreisen einschliesslich aller mit diesen verbundenen Steuer- und Meldestromkreise sowie dem Schutzleitersystem einschliesslich des Gehäuses darf nicht kleiner als 5 M $\Omega$  sein.

In der Praxis weisen Isolationswiderstände einen Wert von 50 bis 100 M $\Omega$  auf.

Sind Steuer- und Meldestromkreise nicht direkt mit dem Netz verbunden, sind getrennte Prüfungen durchzuführen:

- zwischen den Hauptstromkreisen und dem Schutzleitersystem,
- zwischen den Steuer- und Meldestromkreisen und dem Schutzleitersystem sowie
- zwischen den Hauptstromkreisen und den Steuer- und Meldestromkreisen.

Bei grösseren Installationen dürfen Einzelprüfungen an jedem Teilbereich durchgeführt werden.

### 6.4.2 Systèmes triphasés

La figure 41 présente les possibilités de chauffage par câble pour systèmes à courant triphasé. Dans ce cas, une installation pouvant être conçue et montée tant en emplacement non explosif qu'en atmosphère explosive avec des caractéristiques particulières (limitation de la température superficielle) présente un avantage certain. En l'occurrence, le chauffage en service normal est activé par une connexion en triangle. A l'appui d'un thermostat, à une température assignée, le système est commuté d'une connexion en triangle à une connexion en étoile. L'avantage de ce mode réside dans le fait que la puissance calorifique n'est pas régie par le déclenchement partiel de certains câbles chauffants. La réduction de la puissance calorifique est uniforme sur l'ensemble de la surface, ce qui entraîne automatiquement une répartition égale de la température à toute la surface, tous les câbles chauffants restant en activité (avec 33% de la puissance nominale) et une sécurité accrue.

### 6.5 Contrôle de la rigidité diélectrique (champ disruptif)

La pose du chauffage d'accompagnement achevée, il y a lieu de procéder à un contrôle de la rigidité diélectrique de l'installation. Par 500 VDC, la résistance d'isolement entre les circuits principaux court-circuités et tous les circuits connectés de commande et de signalisation de même que le système de conducteurs de protection ne doit pas être inférieure à 5 M $\Omega$ .

Dans la pratique, la résistance de l'isolation présente une valeur se situant entre 50 et 100 M $\Omega$ .

Si les circuits de commande et de signalisation ne sont pas raccordés directement au réseau, il y a lieu d'en effectuer le contrôle séparément:

- entre les circuits principaux et le système de conducteurs de protection,
- entre les circuits de commande et de signalisation et le système de conducteurs de protection de même
- qu'entre les circuits principaux et les circuits de commande et de signalisation.

Dans les installations de grande dimension, on pourra procéder à des contrôles par secteur.

### 6.4.2 Three-phase systems

Figure 41 shows possible solutions for heating systems with heating cables with three-phase power supplies. Here one circuit arrangement is of special interest as it can be used in both non explosion-protected circuits and explosion-protected circuits, where it is particularly advantageous (limitation of the surface temperature). During normal operation the heating system is operated in delta connection. With the aid of a thermostat, at a given temperature, which is set according to the system, it changes over from a delta to a star connection. The advantage of this is that the reduction in heating power is not caused by a partial disconnection of individual heating cables. The reduction in power is spread evenly over the complete surface, whereby all heating cables remain in operation (at 33% rated capacity). This automatically results in surface temperatures that are significantly lower and additional operational reliability.

### 6.5 Testing of insulation resistance

After the trace heating system has been completed, the installation shall be subjected to an insulation test. Measured with a direct voltage of 500 V, the insulation resistance between the short-circuited main circuits, including all connected control and signalling circuits and the PE conductor system including the enclosure, must not be less than 5 M $\Omega$ .

In practice, the insulation resistance values usually range from 50 to 100 M $\Omega$ .

If control and signalling circuits are not connected directly to the power systems, separate tests shall be carried out:

- between the main circuits and the PE conductor system,
- between the control and signalling circuits and the PE conductor system and
- between the main circuits and the control and signalling circuits.

In the case of larger installations, individual tests may be carried out on each subsection.



Abbildung 42  
Figure 42

6.6 Kennzeichnung, Dokumentation und Bescheinigungen

Die Dokumentation muss nach Fertigstellung sämtlicher Arbeiten nochmals auf Vollständigkeit überprüft werden.

- Aufzeichnung sämtlicher Begleitheizungsabschnitte
- Rohrleitungssymmetrien
- Lage und Kennzeichnung der Anschluss- und Thermostatenkästen bzw. der Sensoren
- Prüfpläne über die Nennleistung der Begleitheizungsabschnitte, Isolationsfestigkeit, eingestellte Nennansprechtemperaturen der Regler und Sicherheitstemperaturbegrenzer
- Bescheinigungen der installierten Geräte und Komponenten

6.6 Marquage, documentation et attestations

Après achèvement de l'installation, la documentation de tous les travaux devra une nouvelle fois être vérifiée quant à son intégralité.

- Notation de l'ensemble des segments du chauffage d'accompagnement
- Symétries des conduites
- Position et marquage des coffrets de connexion et de thermostats, à savoir des capteurs
- Plan de contrôle de la puissance nominale des segments du chauffage d'accompagnement, rigidité diélectrique de l'isolation, température de réponse des régulateurs et des limiteurs de température de sécurité
- Attestations des appareils et composants installés

6.6 Marking, documentation and certification

Once all tasks have been completed, the documentation shall be checked once more to verify that it is complete.

- Records of all sections of the trace heating system
- Pipeline symmetries
- Position and marking of junction and thermostat boxes and sensors.
- Test schedules relating to rated capacity of the sections of the trace heating system, insulation resistance, the set rated tripping temperatures of the controllers and safety temperature limiters.
- Certification of installed apparatus and components

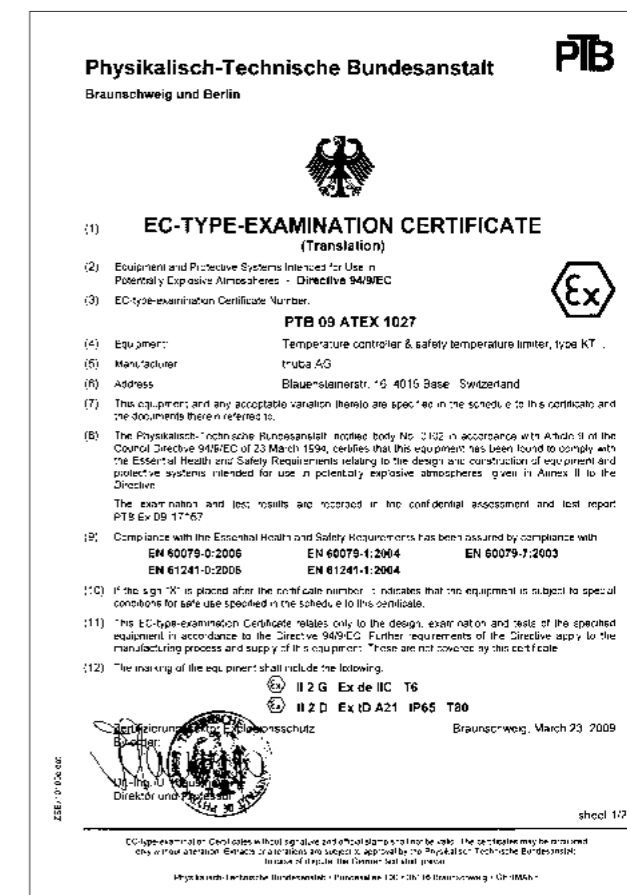


Abbildung 43 Figure 43

7.1 Allgemein

Temperaturregler (Abbildung 44) halten in Abhängigkeit der auf den Fühler wirkenden Temperatur diese durch selbsttätiges Öffnen oder Schliessen der Schaltkontakte oder durch Abgabe eines stetigen Ausgangssignals in bestimmten Grenzen.

Temperaturwächter begrenzen durch selbsttätiges Öffnen oder Schliessen der Kontakte im gestörten Betrieb die Temperatur. Erst nach einer wesentlichen Temperaturänderung stellen sie sich automatisch wieder zurück.

Sicherheitstemperaturbegrenzer (Abbildung 44) werden im gestörten Betrieb bei einer bestimmten, auf den zugehörigen Fühler wirkenden Temperatur ihre Schaltkontakte öffnen oder schliessen, um jene zu begrenzen. Die Sicherheitstemperaturbegrenzer müssen nach dem Abklingen der Temperatur über die manuelle Wiedereinschaltsperrung entriegelt werden und dürfen sich nach dem Ansprechen zu keinem Zeitpunkt automatisch zurückstellen.

7.1.1 Fühlergeometrie

Grundsätzlich spielt es keine Rolle, ob die Temperatur mit elektrischen Widerstandsthermometern (beispielsweise Pt-100-Widerstandsfühler) oder mit Fühlern von Kapillarrohrthermostaten gemessen wird. Elektrische Widerstandsthermometer sind bei geeigneten Auswertungsgeräten bzw. Reglern genauer, messen jedoch die Temperatur sehr punktuell.

Kapillarrohrthermostate haben eine Hysterese von ± 2 bis 6 Kelvin abhängig vom Einstellbereich, so dass geringe Temperaturschwankungen möglich sind. Der grosse Vorteil der Kapillarrohrthermostate liegt jedoch darin, dass die Fühlergeometrie vollständig dem Anwendungsfall angepasst werden kann.

Grundsätzlich werden Fühler eingesetzt, welche einen Durchmesser von 4,7 mm aufweisen und die Temperatur auf einer Länge von 200 bis 430 mm messen (Integration). In Sonderfällen stehen Fühler mit einem Durchmesser von 3,2 mm und einer Länge bis zu 1500 mm zur Verfügung. Ein spezieller Frostschutzthermostat hat eine Fühlerlänge von 6,0 m und schaltet die Heizung zu, sobald an einer beliebigen Stelle von 300 mm die eingestellte Temperatur unterschritten wird.

7.1 Généralités

Les thermorégulateurs (fig. 44) réagissent à la température enregistrée par les capteurs, ceci en provoquant l'auto-ouverture ou l'auto-fermeture des contacts de commutation ou en donnant un signal permanent de sortie.

Les contrôleurs de température limitent la température en provoquant l'auto-ouverture ou l'auto-fermeture des contacts de commutation en cas de perturbation du service. Leur réarmement automatique ne survient qu'après une modification importante de la température.

Les limiteurs de température de sécurité (fig. 44) provoquent l'auto-ouverture ou l'auto-fermeture des contacts de commutation du fait d'une température assignée agissant sur ses capteurs lors d'une perturbation du service, ceci afin de limiter la température. Une fois la température assignée rétablie, un réarmement automatique du limiteur de température n'est pas possible et doit être effectué manuellement.

7.1.1 Géométrie des capteurs

Il importe en principe peu que la température soit mesurée au moyen de capteurs à résistance (par exemple Pt-100) ou de thermostats à tube capillaire. Avec les lecteurs électriques, c'est-à-dire les régulateurs appropriés, les résistances mesurent cependant la température de manière très ponctuelle.

L'hystérèse des thermostats à tube capillaire permet de faibles variations de température (env. ± 2 à 6 K), ceci en fonction de la plage de réglage. Leur principal avantage réside cependant dans le fait que la géométrie des capteurs peut être entièrement adaptée à l'utilisation.

Il est fondamentalement fait application de capteurs de 4,7 mm de section et mesurant la température sur une longueur de 200 à 430 mm (intégration). On dispose néanmoins pour certains cas particuliers de capteurs de 3,2 mm de section et d'une longueur allant jusqu'à 1500 mm.

Il existe par ailleurs un thermostat antigel disposant d'un capteur de 6,0 m et qui enclenche le chauffage aussitôt qu'à un point de détection de 300 mm la température est inférieure à un degré déterminé.

7.1 General

Temperature controllers (Figure 44) maintain a temperature within given limits by automatically opening or closing contacts as a function of the temperature detected by the sensor or by the emission of a constant output signal.

Temperature monitors limit the temperature during operation under fault conditions by automatically opening or closing the contacts. They reset automatically, but only after a significant change in the temperature.

Safety temperature limiters (Figure 44) limit the temperature during operation under fault conditions by opening or closing their contacts when a given temperature is detected by the sensor. Once the temperature has dropped, the safety temperature limiter shall be reset at the manual restart interlock. They shall never reset automatically after being activated.

7.1.1 Sensor geometry

Basically it makes no difference whether the temperature is measured with electric resistance thermometers (e.g. Pt-100 RTDs) or with sensors of capillary tube thermostats. Electric resistance thermometers are more accurate when used with suitable analyzers or controllers, but they only measure the temperature at certain points.

Depending on the setting range, capillary tube thermostats have a hysteresis of ±2 to 6 Kelvin, thus allowing slight temperature fluctuations. However, the biggest advantage of capillary tube thermostats is that the sensor geometry can be adapted fully to suit the particular application.

Normally sensors that measure 4.7 mm in diameter and detect the temperature over a length of 200 to 430 mm (integration) are used. Sensors measuring 3.2 mm in diameter and up to 1500 mm in length are available for special applications

A special frost protection thermostat has a 6.0 m long sensor that switches on the heater as soon as the temperature at any section measuring 300 mm falls below the set temperature.



Abbildung 44  
Figure 44

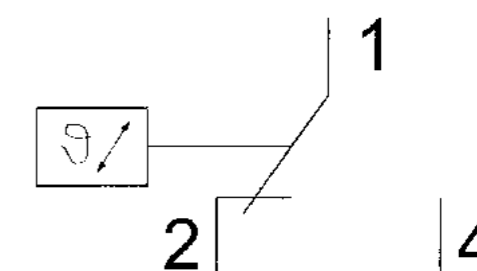


Abbildung 45: Anschlussschema  
Klemme 1: Eingang Phase  
Klemme 2: Heizen (Ausgang Phase)  
Klemme 4: Kühlen (Ausgang Phase)

Figure 45: Schéma de connexion  
Borne 1: entrée phase  
Borne 2: sortie phase chauffage  
Borne 4: sortie phase refroidissement

Figure 45: Connection diagram  
Terminal 1: input phase  
Terminal 2: output phase to heater  
Terminal 4: output phase to cooler

### 7.1.2 Selbstbegrenzende Wärmekabel

Dienen selbstbegrenzende Wärmekabel dem Frostschutz von Rohrleitungen und ist die Rohrtemperatur infolge der geringen zugeführten Leistung unwichtig, benötigt man keine thermostatische Überwachung des Wärmekabels. Not- und Augenduschen müssen zwingend mit Thermostaten ausgerüstet werden, damit Verbrühungen im Ereignisfall ausgeschlossen sind. Dient das selbstbegrenzende Wärmekabel jedoch der Beheizung einer Prozessleitung und werden entsprechende Minimal- und Maximaltemperaturen gefordert, kann auf die Zuhilfenahme eines Thermostates oder Reglers nicht verzichtet werden. Einzig durch die Selbstbegrenzung (max. Oberflächentemperatur begrenzt) des Wärmekabels kann auf einen Sicherheitstemperaturbegrenzer verzichtet werden.

Frostschutzanlagen werden sinnvollerweise aus Energiespargründen mit einem Thermostat ausgerüstet. Dabei können sowohl Aussenthermostate als auch Kapillarrohrthermostate mit Fühlern auf der Rohroberfläche eingesetzt werden. Bei einer Temperatureinstellung von beispielsweise +2 °C kann auch während der Winterzeit die Heizung ausgeschaltet bleiben, wenn die Sonneneinstrahlung vor Frost genügend schützt.

Die Regulierung der Rohroberfläche hat gegenüber dem Aussenthermostat den Vorteil, dass die gewünschte Temperatur wirklich am Rohr garantiert werden kann. Wenn die Umgebungstemperatur abklingt, verstreicht eine gewisse Zeit, bis die Temperatur am isolierten Rohr ebenfalls abklingt. Aus diesem Grunde kann eine Temperaturmessung an der Rohroberfläche sinnvoll sein.

### 7.1.3 Konventionelle Wärmekabel mit konstanter Heizleistung pro Längeneinheit

Konventionelle Wärmekabel werden wegen ihrer konstanten, temperaturunabhängigen Leistung immer mit einem Regler und einem Sicherheitstemperaturbegrenzer betrieben. Bei niedrigen Temperaturen beispielsweise Frostschutzanwendungen kann mit einer «stabilisierenden Auslegung» auf die Temperaturbegrenzung verzichtet werden, wenn die Einhaltung der max. zulässigen Oberflächentemperatur durch eine thermische Stückprüfung nachgewiesen werden kann.

### 7.1.2 Câbles chauffants autolimités

Si les câbles chauffants autolimités servent à la protection de conduites contre le gel et si, du fait de la faible température des conduites, la puissance ajoutée est sans grande importance, on pourra se passer d'un contrôle thermostatique. Les douches de secours et oculaires doivent obligatoirement être équipées de thermostats afin d'exclure les cas d'échaudure.

Si par contre le câble chauffant autolimité sert au réchauffement d'une conduite de processus et que des températures minimale et maximale sont exigées, on ne pourra se passer de l'appoint d'un thermostat ou d'un régulateur. Seule une autolimitation (température superficielle maximale limitée) du câble chauffant permet de renoncer à un limiteur de température de sécurité.

Il est opportun d'équiper les dispositifs contre le gel d'un thermostat dans un but d'économie d'énergie. Il peut aussi bien s'agir d'un thermostat externe que d'un thermostat à tube capillaire dont le capteur est appliqué à la surface de la conduite. Par une température définie de +2°C, par exemple, le chauffage peut également rester déclenché durant l'hiver si l'insolation procure une protection suffisante contre le gel.

La régulation de la surface des conduites présente l'avantage par rapport au thermostat externe de garantir effectivement la température désirée. Lorsque la température ambiante baisse, un certain temps s'écoule avant que celle de la conduite diminue également. De ce fait, une mesure de la température superficielle de la conduite peut s'avérer opportune.

### 7.1.3 Câbles chauffants conventionnels à capacité constante de chauffage par unité de longueur

Du fait de la constance de leur capacité, les câbles chauffants conventionnels sont toujours équipés d'une régulation et d'un thermostat autolimité de sécurité. Lors de faibles températures, par exemple pour la protection contre le gel, on pourra renoncer à un «dimensionnement stabilisateur» de la limitation, ceci lorsque le maintien de la température maximale admissible est certifié par un test thermique individuel.

### 7.1.2 Self-limiting heating cables

If self-limiting heating cables are used for the frost protection of pipelines and the temperature of the pipe is negligible due to the low power level, a thermostat is not required to monitor the heating cable. To prevent scalding in the event of an incident, the installation of thermostats for emergency showers or eye baths is mandatory.

However, if the self-limiting heating cable is used to heat a process pipe and maintain it within given minimum and maximum temperatures, the use of a thermostat or controller is essential. Only the self-limiting feature (max. surface temperature limited) of the safety cable makes it possible to omit a safety temperature limiter.

Ideally, frost protection installations are equipped with thermostats for to save energy. Here it is possible to use either external thermostats (or capillary tube thermostats with sensors on the pipe surface). If, for example, the temperature is set at +2 °C, the heating can remain switched off in winter if there is sufficient sunshine to protect the pipe from freezing up.

The advantage of regulating the temperature on the pipe surface compared to external thermostats is that the desired temperature can be guaranteed at the pipe itself. When the ambient temperature drops, a certain amount of time passes before the temperature of the insulated pipe starts to drop. For this reason, measuring the temperature on the pipe surface can often make more sense.

### 7.1.3 Conventional heating cables with a constant heating power per unit length

Because the heating power of conventional heating cables is constant and temperature-independent, they are always operated with a controller and a safety temperature limiter. In the case of low temperatures, for example frost protection applications, if a „stabilizing layout design“ is used, the temperature limitation can be omitted provided that adherence to the maximum allowable surface temperature can be verified by a routine thermal test.

## 7.2 Geräteauswahl

7.2.1 Überprüfung der Typen, Einsatztemperatur, IP-Schutzgrad

7.2.2 Anforderungen an Sicherheitstemperturbegrenzer in Installationen in explosionsgefährdeten Bereichen

Der Einsatz von Sicherheitstemperturbegrenzern oder elektronischen Begrenzungseinrichtungen ist in explosionsgeschützten Anlagen für konventionelle (nicht selbstbegrenzende) Wärmekabel zwingend vorgeschrieben. Bei einem Drehstromsystem ist zu berücksichtigen, dass unter Umständen zwei Temperturbegrenzer an zwei verschiedenen Wärmekabeln installiert werden müssen, welche an zwei voneinander unabhängigen Phasen angeschlossen sind. Dadurch wird verhindert, dass beim Ausfall einer einzigen überwachten Phase bzw. eines Wärmekabels die zwei andern ohne Überwachung überhitzen können.

Bei Sicherheitstemperturbegrenzern handelt es sich um eine Einrichtung zum Schutze vor allfällig zu hohen thermischen Belastungen. Aus diesem Grunde müssen die Sicherheitstemperturbegrenzer immer mit einer manuellen Wiedereinschaltsperrung ausgerüstet sein. Zusätzlich sind spezielle gezahnte Scheiben (Abbildung 46) zu montieren, welche überdies plombiert werden. Damit kann der Betreiber die Ansprechtemperatur des Sicherheitstemperturbegrenzers nach Inbetriebnahme nicht mehr verstellen.

Werden Fühler (beispielsweise Pt-100-Widerstandsfühler) zusammen mit elektronischen Reglern oder Überwachungsgeräten eingesetzt, sollte eine Impulsschaltung mit entsprechender Kontrolllampe das automatische Wiedereinschalten verhindern. Wenn Temperaturen überschritten werden, sollte der Betreiber die Ursache herausfinden und entsprechende Gegenmassnahmen ergreifen. Ein Verstellen der Ansprechtemperatur durch den Betreiber darf nicht erfolgen.

## 7.3 Ort und Installation der Temperatursensoren

### 7.3.1 Anordnung der Temperaturfühler

Je nach Anordnung der Wärmekabel wird die Installation der Fühler gewählt. Die Abbildung 47 zeigt typische Orte für die Montage von Temperaturfühlern. Dabei ist zu berücksichtigen,

## 7.2 Sélection des appareils

7.2.1 Vérification des types, température de service, indice de protection IP

7.2.2 Exigences relatives à la limitation de température de sécurité pour les installations en atmosphères explosibles

L'application de thermostats limiteurs de sécurité ou de limiteurs électroniques est impérative pour les câbles chauffants conventionnels des installations antidéflagrantes (non auto-limitées). Dans les systèmes à courant triphasé, il y a lieu d'observer que, suivant les circonstances, deux limiteurs doivent être installés à deux câbles chauffants distincts raccordés chacun à deux phases indépendantes l'une de l'autre. On évitera ainsi que, lors d'une défaillance de l'une des phases ou d'un câble chauffant, les deux autres échappent au contrôle et surchauffent.

En ce qui concerne les limiteurs de température de sécurité, il s'agit d'un dispositif de protection contre toute charge thermique trop élevée, raison pour laquelle ces limiteurs devront toujours être équipés d'un verrou manuel de réarmement. De plus, des disques dentés spéciaux (fig. 46) doivent être montés. Ces derniers seront plombés afin que la température nominale de fonctionnement ne puisse être modifiée ultérieurement par l'utilisateur après mise en service.

Lorsque des capteurs (p.ex. capteurs à résistance Pt-100) sont utilisés avec des régulateurs électroniques ou des appareils de contrôle, un circuit impulsif avec diode de contrôle correspondante devrait empêcher le réarmement automatique. Si les températures sont dépassées, l'utilisateur devra d'abord en chercher la cause et prendre les mesures adéquates. Il ne devra en aucun cas modifier la température nominale de fonctionnement.

## 7.3 Emplacement et pose des capteurs de température

### 7.3.1 Positionnement des capteurs

Les capteurs sont répartis selon la disposition des câbles chauffants. La figure 47 illustre les emplacements typiques de montage des capteurs de température. Il faut veiller à ce que les

## 7.2 Selection of apparatus

7.2.1 Checking of types, operating temperature, IP degree of protection

7.2.2 Requirements for safety temperature limiters in installations in hazardous areas

Safety temperature limiters or electronic limitation devices are mandatory when using conventional (non self-limiting) heating cables in explosion-protected installations. In the case of three-phase systems, it is necessary to bear in mind that it might be necessary to install two temperature limiters on two different heating cables that are connected to mutually independent phases. In this way, if only one monitored phase or heating cable fails, the two others that are not monitored cannot overheat.

Safety temperature limiters are intended to provide protection against excessive thermal loading. For this reason, they shall always be equipped with a manual restart interlock. In addition to this, special toothed disks (Figure 46) shall also be mounted and then sealed. This is to prevent the operator from changing the tripping temperature setting after commissioning.

If sensors (e.g. Pt-100 resistance temperature detectors) are used together with electronic controllers or monitoring devices, a pulse circuit with an associated control lamp shall prevent the automatic resetting. Whenever temperatures are exceeded, the operator shall determine the reason why and take counteractive measures. The operator is not allowed to change the nominal tripping temperature setting.

## 7.3 Position and installation of temperature sensors

### 7.3.1 Arrangement of temperature sensors

The installation of sensors is selected according to the layout of the heating cables. Figure 47 shows the typical positions for mounting temperature sensors. Here it is necessary to bear in

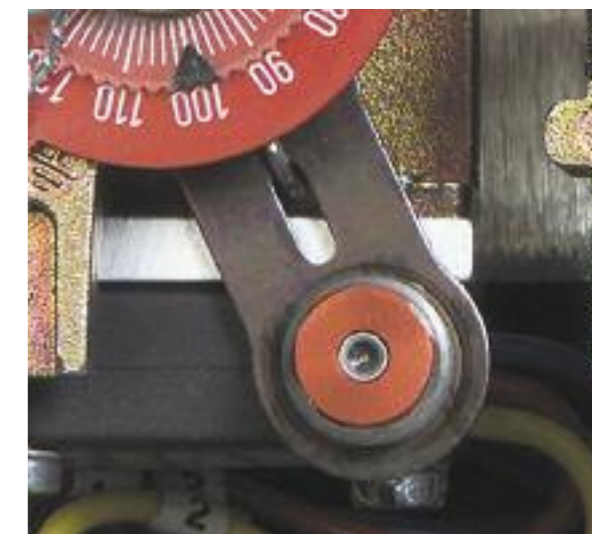


Abbildung 46  
Figure 46

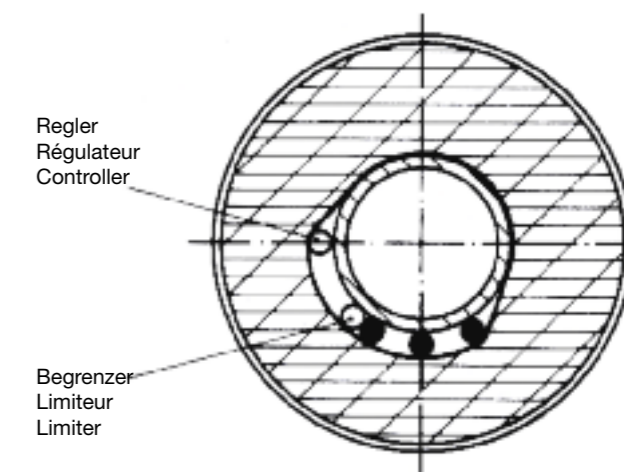


Abbildung 47  
Figure 47

dass die Fühler eines Reglers nicht direkten Kontakt mit dem Wärmekabel haben. Regeleinrichtungen sollen die Oberflächentemperatur des überwachten Rohrabschnittes regeln. In Spezialfällen ist es auch vorstellbar, dass Temperaturfühler direkt in das Medium im Rohr eingebaut werden. Auf diese Weise kann die Mediumtemperatur überwacht werden. Es genügt in diesem Fall, wenn das Wärmekabel nur noch mit einem Sicherheitstemperaturbegrenzer ausgerüstet wird.

Der Einbauort der Regulierthermostate soll so gewählt werden, dass die Rohrtemperatur repräsentativ ist. Am Ende und am Anfang von Rohrleitungen können Temperaturunterschiede infolge zusätzlicher Wärmeverluste eintreten. Die Kapillarrohre sind so lang zu wählen, dass nicht die Temperatur der Randzonen gemessen wird. In extremen Fällen kann der Abstand vom Rohrleitungsende zur Temperaturmessung  $\frac{1}{3}$  der Gesamtlänge betragen. Wichtig ist, dass der Wärmekontakt zwischen dem Fühler und der Rohroberfläche gewährleistet ist.

#### 7.4 Sicherheitstemperaturbegrenzer

Es werden nur Sicherheitstemperaturbegrenzer oder gegebenenfalls elektronische Systeme eingesetzt, für die eine EG-Baumusterprüfbescheinigung vorliegt. Durch die Verwendung bescheinigter Temperaturbegrenzungssysteme sind die Anforderungen nach EN 60079-7 Absatz 5.8 sowie eine Funktionsprüfung gewährleistet. Die Kennzeichnung mit den elektrischen Daten wie max. Steuerspannung und max. Nennstrom erfolgt in einem separaten Typenschild.

Für die Temperaturbegrenzung gelten die folgenden Forderungen:

capteurs d'un régulateur ne soient pas en contact direct avec le câble chauffant. Les dispositifs régulateurs ont pour objectif de régler la température de surface des tronçons de conduite surveillés.

Dans certains cas spéciaux, on pourra également envisager d'installer des capteurs directement dans le fluide transporté permettant ainsi d'en surveiller la température. Un seul thermostat limiteur suffira pour le câble chauffant.

Le thermostat de régulation doit être monté à un endroit où la température de la conduite est déterminante. En début et en fin de conduite, des différences résultant d'une perte supplémentaire de chaleur peuvent survenir. Il y a lieu de choisir des tubes capillaires d'une longueur telle qu'ils ne mesurent pas la température des zones marginales. Dans les cas extrêmes, la distance entre la fin de la conduite et le point de mesure pourra correspondre au tiers de la longueur totale de cette dernière.

Il est indispensable que l'échange de chaleur entre le capteur et la surface de la conduite soit assuré.

#### 7.4 Limiteurs de température de sécurité

Seuls doivent être montés des limiteurs de température de sécurité ou, le cas échéant, des systèmes électroniques au bénéfice d'une attestation d'examen CE de type. L'application de systèmes de limitation certifiés garantit la conformité aux exigences de la norme EN 60079-7, al. 5.8 ainsi qu'au test de fonctionnement. Le marquage indiquant les grandeurs électriques telles que tension maximale d'entrée et intensité nominale figure sur une plaque signalétique séparée.

Les exigences suivantes s'appliquent à la limitation de température:

mind that the sensors of a controller do not have direct contact with the heating cable. Control devices are used to control the surface temperature of the section of pipe being monitored. In special cases, installing temperature sensors directly in the medium inside the pipe is also conceivable. This allows monitoring of the temperature of the medium. In this case, equipping the heating cable with a safety temperature limiter only is sufficient.

Control thermostats shall be installed at points where the pipe temperature is representative. Temperature differences due to additional heat losses are possible at the ends of pipelines. When selecting the length of capillary tubes, the temperatures of peripheral zones should not be measured. In extreme cases, the distance from the end of the pipeline to the detection point can be as long as  $\frac{1}{3}$  of the overall length. It is important to ensure thermal contact between the sensor and the pipe.

#### 7.4 Safety temperature limiters

Only safety temperature limiters or, if necessary, electronic systems for which an EC Type Examination Certificate has been issued are used. The requirements according to EN 60079-7, Section 5.8 and a functional test are guaranteed by the use of certified temperature limitation systems. Electrical data such as maximum control voltage and maximum rated current are shown on a separate type label.

The following requirements apply for temperature limitation:

| Elektromechanischer Sicherheitstemperaturbegrenzer    | Prozessgesteuerter Sicherheitstemperaturbegrenzer                                    |
|---|--|
| Rückstellung nur mit Werkzeug (A)                     | Rückstellung nur mit User-Code   |
| Rückstellung von Hand (B)                             | Rückstellung nur durch autorisiertes Personal im Elektrotraum                        |
| Rückstellung nur unter normalen Betriebsbedingungen   | Rückstellung nur unter normalen Betriebsbedingungen                                  |
| Gesicherte Einstellung (C)                            | Einstellung der Temperaturklasse nur mit Hardware-Brücke und Hersteller-Code möglich |
| Unabhängigkeit von der Regelung                       | Unabhängigkeit von der Regelung  |
| Fühlerausfallsicherung (Kapillarrohrbruchsicherung)   | Fühlerüberwachung 100%   |
| Funktionsprüfung nach EN 60730 Teil 1 sowie Teile 2–9 | Funktionsprüfung   |

Tabelle 2: Sicherheitstemperaturbegrenzer

Der Sicherheitstemperaturbegrenzer hat die Aufgabe, ein Überschreiten der max. Oberflächentemperatur (gemäß IEC/EN 60079-0) im Begleitheizungssystem, beispielsweise beim Ausfall der Regeleinrichtung oder bei Überspannung, durch Abschalten der Heizung zu verhindern. Dabei kommt der Auswahl und der Installation des Temperatursensors eine besondere Bedeutung zu. In Bezug auf die Messgenauigkeit ist eine möglichst geringe Masse des Sensors anzustreben (thermische Trägheit, Wärmeableitung durch den Sensor selbst). Bei der Auswahl des Messortes sind die sicherheitstechnischen Notwendigkeiten (ggf. Anbringen an einem «Hot Spot») dem Wunsch nach möglichst geringen Verkabelungskosten (Nähe zur Einspeisung) gegenüberzustellen. Naturgemäß ist die heisseste Stelle im System an der Heizleitung selbst zu erwarten – in der Regel an Stellen, an denen eine gute thermische Ankopplung der Heizleitung an die zu beheizende Oberfläche nur schwer möglich ist, beispielsweise an Ventilen oder Flanschen. Als Konsequenz haben sich in der Praxis zwei grundsätzliche Methoden beim Einsatz von Sicherheitstemperaturbegrenzern herausgebildet:

- Anbringen des Fühlers an einer typischen (nicht unbedingt an der heissesten) Stelle im System und Einstellung der Abschalttemperatur auf einen entsprechend herabgesetzten Wert, wobei der Abstand

| Limiteur de température de sécurité électromécanique                                   | Limiteur de température de sécurité piloté par le processus                        |
|--|--|
| Réarmement moyennant outil uniquement (A)  | Réarmement par code d'utilisateur  |
| Réarmement manuel (B)  | Réarmement par personnel autorisé dans local électricité                           |
| Réarmement dans conditions normales de service   | Réarmement dans conditions normales de service                                     |
| Réglage assuré (C)   | Réglage de la classe de température seulement avec pont matériel et code fabricant |
| Indépendant de la régulation   | Indépendant de la régulation   |
| Sécurité défection capteur (rupture tube capillaire)                                   | Contrôle capteur 100%  |
| Contrôle de fonctionnement selon EN 60730 1 <sup>re</sup> partie ainsi que parties 2–9 | Contrôle de fonctionnement   |

Tableau 2: Limiteurs de température de sécurité

Le limiteur de température de sécurité a pour fonction d'empêcher la mise hors circuit lors d'un dépassement de la température superficielle maximale (selon CEI/EN 60079-0) dans le système de chauffage d'accompagnement, par exemple du fait d'une défection du dispositif de régulation ou d'une surintensité. Sur ce point, le choix et la pose des capteurs de température ont une importance toute particulière. En ce qui concerne l'exactitude de mesure, il faut veiller à une dimension de capteurs la plus faible possible (inertie thermique, propre dissipation de chaleur par les capteurs). Quant au choix des emplacements de mesure, il y a lieu de tenir compte aussi bien des nécessités relevant de la sécurité (le cas échéant fixation à un «hot spot») et du souci de limiter les coûts de câblage (proximité de l'alimentation). Il va de soi que l'emplacement le plus chaud du système est naturellement le conducteur chauffant lui-même – en règle générale là où le couplage le plus favorable avec la surface à chauffer est plus délicat, par exemple aux valves et aux flasques. Par conséquent, deux méthodes ont été développées dans la pratique pour l'application des limiteurs de température de sécurité:

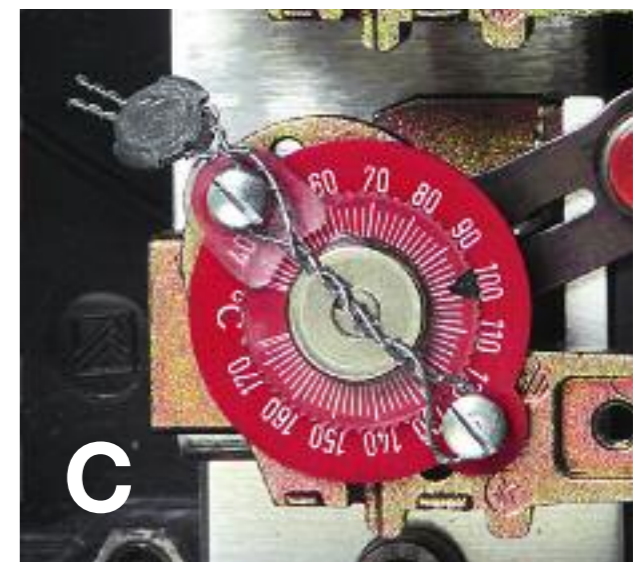
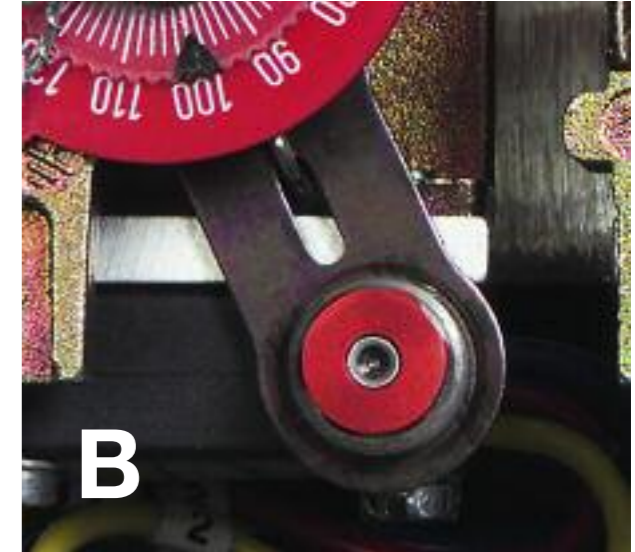
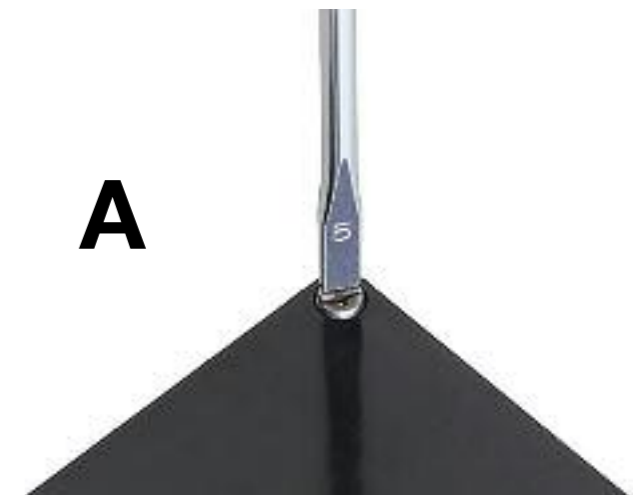
- Montage du capteur à un endroit typique (pas forcément le plus chaud) du système et réglage de la température de déclenchement à la valeur correspondante, l'intervalle entre la température limite proprement dite étant défini de manière empi-

| Electro-mechanical safety temperature limiter          | Processor-controlled safety temperature limiter                                       |
|--|---|
| Reset with tool only (A)                               | Reset with user code only   |
| Manual reset (B)                                       | Reset only by authorized personnel in the control room                                |
| Resetting only under normal operating conditions       | Resetting only under normal operating conditions                                      |
| Setting safeguarded (C)                                | Setting of temperature class only possible with hardware link and manufacturer's code |
| Independent of controller                              | Independent of controller   |
| Sensor failure protection (capillary break protection) | Sensor monitoring 100%  |
| Functional tests to EN 60730 Part 1 and Parts 2–9      | Functional tests  |

Table 2: Safety temperature limiters

The purpose of the safety temperature limiters is to prevent an overstepping of the maximum surface temperature (in accordance with IEC/EN 60079-0) in trace heating systems, for example, by disconnecting the heating in the event of the failure of a controller or an overvoltage, whereby the selection and installation of the temperature sensor are of particular importance. With regard to the precision of measurements, the mass of the sensor shall be as low as possible (thermal inertia, heat dissipation by the sensor itself). When selecting the measuring point, safety necessities (if necessary, installation at a hot spot) shall be weighed against the desire to keep the costs for cabling as low as possible (near to the supply). The hottest point in the system is, of course, expected to be on the trace heater itself – generally at points where a good thermal coupling between the trace heater and the surface to be heated is hardly practicable, for example, at valves or flanges. As a result, in practice two basic methods have become accepted for the use of safety temperature limiters:

- Mounting of the sensor at a typical (not necessarily the hottest) point in the system and setting the switch-off temperature at a value that is lowered accordingly, whereby the distance to the actual limiting temperature of the system is determined empirically or by calculation.
- Direct measurement of the hottest point in the system.



- zur eigentlichen Grenztemperatur des Systems empirisch oder rechnerisch ermittelt wurde
- direkte messtechnische Erfassung der heissesten Stelle im System

#### 7.4.1 Sicherheitstemperaturbegrenzer am Werkstück

Auch bei dieser Methode wird der Temperaturfühler an der Heizleitung (Abbildung 48) angebracht. Die Heizleitung liegt dabei allerdings auf der zu beheizenden Oberfläche. Zur thermischen Ankopplung an die Heizleitung eignen sich – wie bei der künstlichen Heissstelle – Aluminiumklebband oder in Sonderfällen Wärmeleitement.

Der Vorteil dieser Methode liegt neben dem einfachen Aufbau darin, dass anders als bei der künstlichen Heissstelle eine allein durch die Messstelle hervorgerufene Übertemperatur nicht auftritt.

Allerdings kann je nach Einzelfall die erfasste Heissstellen-Temperatur unter den Temperaturen an Stellen mit schlechter thermischer Ankopplung der Heizleitung an die zu beheizende Oberfläche liegen. Dies muss bei der Temperatureinstellung des Sicherheitstemperaturbegrenzers ebenso berücksichtigt werden wie die Wärmeabfuhr durch den Fühler. Wie bei der künstlichen Heissstelle sind diese Abweichungen von der Geometrie und der Masse des Fühlers und des Wärmekabels und von der spezifischen Heizleistung (W/m) abhängig.

Gegebenenfalls ist eine Aufteilung der Heizkreise mit einzelnen Sicherheitstemperaturbegrenzern erforderlich.

#### 7.4.2 Künstliche Heissstelle

Hier wird durch Anbringen einer Wärmedämmung zwischen Heizleitung und zu beheizender Oberfläche eine künstliche Heissstelle (Abbildung 49) erzeugt, an der der Fühler für den Temperaturbegrenzer mit direktem Kontakt zur Heizleitung installiert wird.

Um sicherzustellen, dass die Temperatur an der künstlichen Heissstelle tatsächlich über der Heizleitungstemperatur an Stellen mit schlechter thermischer Ankopplung liegt (Temperatur A), ist diese Heissstelle etwa in doppelter Länge des Fühlers S auszuführen.

rique ou par calcul.

- acquisition directe sur le plan technique de mesure à l'endroit le plus chaud du système.

#### 7.4.1 Limiteurs de température de sécurité à la pièce d'œuvre

Dans cette méthode également, le capteur est fixé au conducteur chauffant (fig. 48). Ce dernier se trouve notamment sur la surface à chauffer. Les rubans adhésifs en aluminium ou dans les cas exceptionnels les éléments thermoconducteurs s'avèrent appropriés pour la fixation – également aux points chauds artificiels.

En plus du montage facilité, l'avantage de cette méthode réside dans le fait qu'une surchauffe ne survient pas au point de mesure.

Toutefois, dans certains cas isolés, la température enregistrée au point chaud peut se révéler inférieure si l'emplacement présente un couplage défavorable avec la surface à chauffer. Ceci doit être pris en considération lors du réglage du limiteur de température, de même que la dissipation de la chaleur par le capteur. De même que pour les points chauds artificiels, ces divergences sont dépendantes de la géométrie et de la masse du capteur, du câble chauffant ainsi que de la puissance calorifique spécifique (W/m).

Le cas échéant, une répartition en plusieurs circuits de chauffe avec limiteurs de température de sécurité autonomes peut s'avérer nécessaire.

#### 7.4.2 Points chauds artificiels

L'apport d'une isolation thermique entre le conducteur chauffant et la surface à chauffer crée un point chaud artificiel (fig. 49) où le capteur du limiteur de température est fixé en contact direct avec le conducteur chauffant.

Afin d'assurer qu'au point chaud artificiel la température est effectivement supérieure à celle au emplacement présentant un mauvais couplage thermique (température A ledit point chaud doit être environ deux fois plus long que le capteur S.

#### 7.4.1 Safety temperature limiters on the workpiece

With this method the temperature sensor is also affixed to the trace heater (Fig. 48), whereby, however, the trace heater is located on the surface to be heated. As with the artificial hot spot, aluminium adhesive tape or, in special cases, a heat transfer compound can be used for ensuring the thermal coupling with the trace heater.

Apart from the simple construction, the advantage of this method is that, unlike with the artificial hot spot, an overtemperature caused exclusively by the measuring point does not occur.

However, in some cases the measured hot spot temperature may be lower than the temperatures at points with poor thermal coupling between the trace heating and the heated surface. When setting the temperature of the safety temperature limiter, this shall be taken into consideration together with the heat dissipation due to the sensors. As with the artificial hot spots, these variances are a function of the geometry and mass of the sensor and heating cable and the specific heating capacity (W/m). In some cases it may be necessary to divide up heating circuits into circuits with individual safety temperature limiters.

#### 7.4.2 Artificial hot spots

Here an artificial hot spot (Fig. 49) is generated by inserting a thermal insulation between the trace heating and the surface to be heated. The sensor for the temperature limiter is then installed in direct contact with the trace heater.

To ensure that the temperature at the artificial hot spot is actually higher than the temperature of the trace heater at the points with poor thermal coupling (temperature A), this hot spot shall be approximately twice as long as the sensor S.

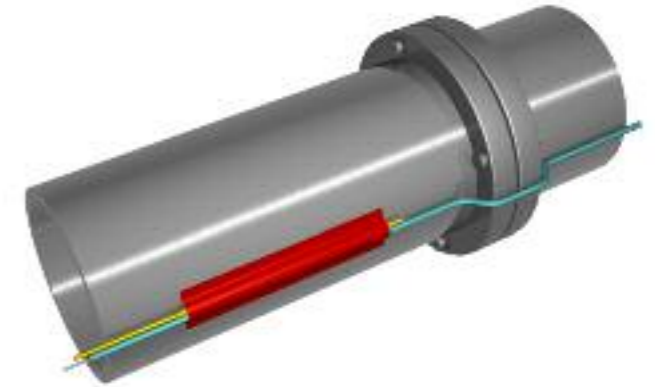


Abbildung 48  
Figure 48

Bedingt durch die nicht vermeidbare Wärmeabfuhr durch den Fühler selbst, liegt die erfasste Temperatur B zwar über der Temperatur C, jedoch unter der eigentlichen Temperatur der Heissstelle A.

Du fait de l'inévitable dissipation de chaleur due au capteur, la température B enregistrée est inférieure à celle du point chaud A proprement dit.

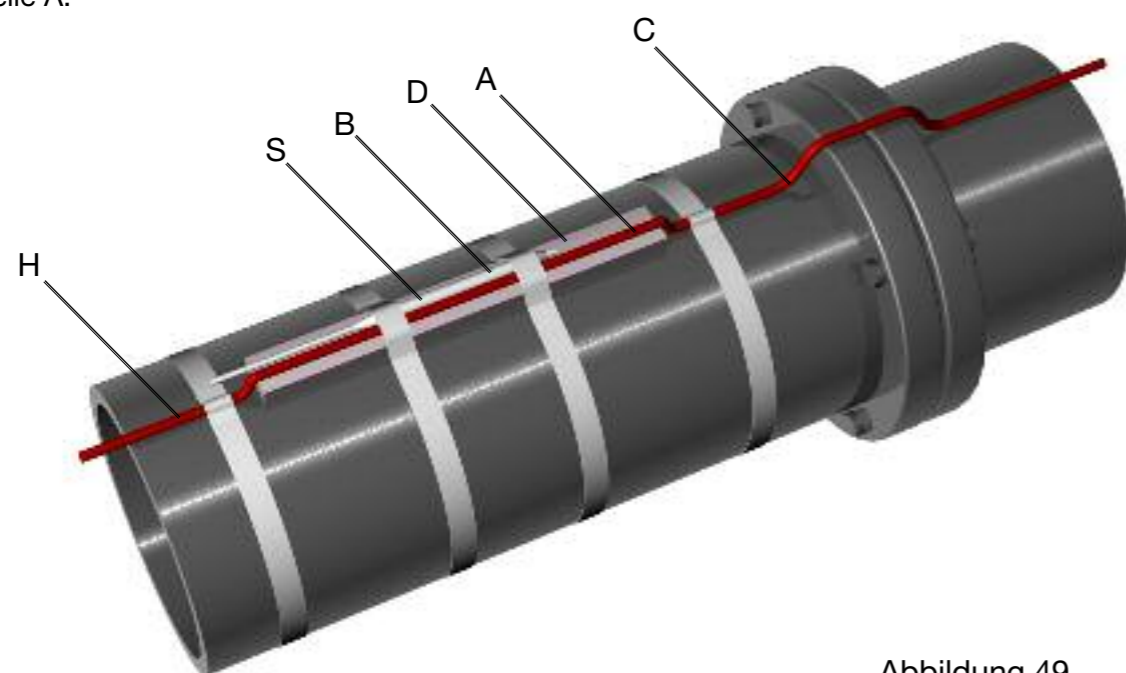


Abbildung 49  
Figure 49

Diese Abweichung ist von der Masse des Fühlers im Verhältnis zu der Masse der Heizleitung (Verhältnis der Durchmesser) sowie von der spezifischen Heizleistung (W/m) abhängig und bei der Einstellung des Sicherheitstemperaturbegrenzers zu berücksichtigen.

Der Vorteil dieser Methode liegt in extrem kurzer Reaktionszeit auf Fehler wie Reglerausfall oder Überspannung.

Gegebenenfalls ist eine Aufteilung der Heizkreise mit einzelnen Sicherheitstemperaturbegrenzern erforderlich.

## 7.5 Temperaturregler

### 7.5.1 Minimal-/Maximal-Temperaturen

In Abhängigkeit des Produktes in den Rohrleitungen wird teilweise verlangt, dass die Temperatur nicht unter einen bestimmten Wert absinkt (Kristallisation) und gleichzeitig einen bestimmten Wert nicht überschreitet. Am einfachsten geschieht dies mit zwei Temperaturreglern, wobei der jeweilige Zustand mit Hilfe des Umschaltkontakts für die Signalisation verwendet werden kann.

Cette divergence résulte de la masse du capteur proportionnellement à celle du point chaud (rapport du diamètre) ainsi que de la puissance calorifique spécifique (W/m); il y a lieu d'en tenir compte lors du réglage du limiteur de température de sécurité.

L'avantage de cette méthode réside dans le temps de réaction extrêmement court lors de perturbations telles que panne de régulation ou surintensité.

Le cas échéant, une répartition en plusieurs circuits de chauffe avec limiteurs de température de sécurité autonomes peut s'avérer nécessaire.

## 7.5 Thermorégulateurs

### 7.5.1 Températures minimale et maximale

Certain produits transportés par conduite exigent que la température ne soit ni inférieure (risque de cristallisation) ni supérieure à une valeur donnée, cet état étant contrôlé par des contacts de signalisation et à permutation.

La solution la plus simple réside dans l'application de deux thermorégulateurs, l'état correspondant pouvant être utilisé pour la signalisation au moyen du contact à permutation.

Because of the unavoidable heat dissipation of the sensor itself, the measured temperature B is indeed higher than the temperature C, but lower than the actual temperature of the hot spot A.

### Legende

|   |   |
|---|---|
| H | Begleitheizung  |
| S | Temperaturmessfühler  |
| A | Temperatur einer künstlichen Heissstelle  |
| B | Temperatur an der Messstelle  |
| C | Stelle mit schlechter Wärmekoppelung (charakteristischer heißer Punkt z.B. an Flanschen und Ventilen) |
| D | Wärmedämmung zwischen Begleitheizelement und beheizter Oberfläche                                     |

Température A > B > C

### Légende

|   |
|---|
| <i>résistance de traçage</i>  |
| capteur de température  |
| température du point chaud artificiel                                     |
| température au point de mesure  |
| point ayant un couplage thermique faible (point chaud caractéristique)    |
| isolation thermique entre la résistance de traçage et la surface chauffée |

Température A > B > C

### Key

|  |
|--|
| trace heater   |
| temperature sensor   |
| temperature of artificial hot spot                         |
| temperature at measurement point                           |
| point with poor thermal coupling (characteristic hot spot) |
| thermal insulation between trace heater and heated surface |

Temperature A > B > C

This variance is a function of the ratio of the mass of the sensor to the mass of the trace heating (ratio of the diameters) and of the specific heating capacity (W/m) and shall be taken into account when setting the safety temperature limiter.

The advantage of this method is the extremely short reaction time to malfunctions such as controller failure or overvoltage.

In some cases it may be necessary to divide up heating circuits into circuits with individual safety temperature limiters.

## 7.5 Temperature controllers

### 7.5.1 Minimum/maximum temperatures

In some cases, depending on the product in the pipelines, it may not only be necessary to ensure that the temperature does not fall below a given value (crystallization) but also that it does not rise above a given value. The best solution here is the use of two temperature controllers with a changeover contact for indicating the current status.

## 7.5.2 Temperaturanzeige

### 7.5.2.1 Vor Ort

Die örtliche Temperaturanzeige (Abbildung 50) ausserhalb der Isolation wird am einfachsten mittels Fernthermometer gewährleistet. Das Schutzrohr (Tasche) wird in das zu beheizende Rohr dicht eingeschraubt oder eingeschweisst.

### 7.5.2.2 In der Warte

Die Temperaturanzeige in der Mess- oder Schaltwarte kann mit einem Widerstandsfühler Pt-100 und dem dazugehörigen Anzeigergerät installiert werden. Der Vorteil dieser Anordnung liegt darin, dass je nach Fabrikat Distanzen bis zu 200 m ohne zusätzlichen Abgleichaufwand möglich sind.

## 7.6 Montage der Temperaturüberwachung und der Anschlusskästen

Damit die Installationen trotz Temperaturüberwachung einfach und übersichtlich bleiben, können die Thermostate direkt im Anschlusskasten zusammen mit den Anschlussklemmen untergebracht werden. Sind diese Installationsorte von allfälligen Wänden entfernt oder ein Anbringen ungünstig, können diese direkt mit Rohrbriden am zu beheizenden Rohr befestigt werden. Damit die Wärmeleitung vom Rohr auf den Anschlusskasten verhindert werden kann, müssen die Rohrbefestigungen mit Einlagen aus Wärmedämmmaterial (Entkoppelung) ausgerüstet werden.

## 7.7 Modifikationen

Bei allfälligen Modifikationen ist der Einbauort der Temperaturfühler erneut zu prüfen. Eine Veränderung der Prozesse, aber auch der Begleitheizung kann zu neuen und anderen Temperaturverhältnissen führen.

## 7.8 Betrieb, Kalibrierung und periodische Überprüfung

Die Fühler von Temperaturregeleinrichtungen und Sicherheitstemperaturbegrenzern sind periodisch einer Prüfung auf ihre Funktionsfähigkeit zu prüfen und bezüglich der Messgenauigkeit zu kalibrieren.

## 7.5.2 Indication de la température

### 7.5.2.1 Sur place

L'indication de la température locale (fig. 50) en dehors de l'isolation est assurée le plus simplement par un téléthermomètre. Le tube protecteur (gaine) est vissé ou soudé dans la conduite.

### 7.5.2.2 Au poste de contrôle

En règle générale, l'affichage de la température au poste de contrôle ou de commande est assuré par un capteur à résistance Pt-100 et le visuel correspondant. L'avantage de cette disposition réside dans le fait que, selon le produit, des distances allant jusqu'à 200 m ne nécessitent aucune amplification.

## 7.6 Montage du contrôle de température et des boîtes de connexion

Afin que les installations conservent leur clarté d'ensemble malgré le contrôle de température, il est possible de placer les thermostats et les serre-fils directement dans les boîtes de connexion. Si le lieu de l'installation est séparé par une éventuelle cloison ou si l'emplacement n'est pas favorable, ils pourront être fixés par des brides directement à la conduite. Dans le but d'éviter la conduction thermique entre la conduite et les boîtes de connexion, les fixations devront être équipées d'intercalaires en matériel calorifuge (neutralisation).

## 7.7 Modifications

En cas de modification, le positionnement des capteurs de température doit être réexaminé. Un changement du procédé ou du chauffage d'accompagnement peut entraîner de nouveaux rapports de température.

## 7.8 Exploitation, calibration et contrôles périodiques

Les capteurs de la régulation de température et des limiteurs de température de sécurité doivent être vérifiés périodiquement quant à leur bon fonctionnement et recalibrés quant à la précision du mesurage.

## 7.5.2 Temperature indication

### 7.5.2.1 Local

The easiest way to indicate local temperatures (Figure 50) outside the insulation is with a remote-reading thermometer. The thermowell is screwed tightly or welded into the pipe to be heated.

### 7.5.2.2 In the control room

The temperature can be indicated in the control room using a Pt-100 resistance temperature detector and the associated indicating device. The advantage of this arrangement is that, depending on the make, distances of up to 200 m are possible without additional adjustments.

## 7.6 Mounting of temperature monitors and junction boxes

To keep installations simple and clear in spite of temperature monitoring, the thermostats can be mounted directly in the junction boxes together with the connection terminals. If these installation points are too far away from any walls or are impractical for other reasons, they can be mounted directly on the pipe being heated using pipe clips. To prevent heat being transmitted from the pipe to the junction box, the pipe fittings shall be equipped with inserts made of thermal insulation material (decoupling).

## 7.7 Modifications

If any modifications are made, the mounting position of the temperature sensor shall be checked again. Not only changes to the processes, but also changes to the trace heating system can lead to new and different temperature conditions.

## 7.8 Operation, calibration and periodic checks

Sensors of temperature control devices and safety temperature limiters shall be subjected to periodic testing of their functionality and shall be calibrated to ensure accuracy of measurement.



Abbildung 50  
Figure 50



Abbildung 51  
Figure 51

8.1 Elektrische Endkontrollen

In explosionsgefährdeten Anlagen ist zu beachten, dass vor der elektrischen Endkontrolle beim Betreiber eine «Genehmigung für sicheres Arbeiten» einzuholen ist.

8.1.1 Messgeräte

An dieser Stelle sei erwähnt, dass heute Messgeräte auf dem Markt sind, mit denen alle notwendigen Prüfungen mit einem Gerät ausgeführt werden können.

Beispielsweise können mit dem Unilab 100 (Abbildung 52) die folgenden Messungen ausgeführt werden:

- Spannungsmessung
- Fehlerstromschutzschalterprüfung
- Selektiv-Fehlerstromschutzschalterprüfung
- Erdungswiderstandsmessung
- Isolationswiderstandsmessung
- Widerstandsmessung
- Phasenanschlussprüfung
- Schutzleiterprüfung

8.1.2 Prüfung der Isolationsfestigkeit

Nach dem Anbringen der Wärmedämmung soll die Wärmekabelbeheizung einer Isolationsprüfung unterzogen werden. Der mit 500 Volt Gleichspannung gemessene Isolationswiderstand zwischen den kurzgeschlossenen Hauptstromkreisen einschliesslich aller mit diesen verbundenen Steuer- und Meldestromkreisen und dem Schutzleitersystem einschliesslich des Gehäuses darf nicht kleiner als 5 MΩ sein.

In der Praxis weisen Isolationswiderstände einen Wert von 50 bis 100 MΩ auf.

Sind Steuer- und Meldestromkreise nicht direkt mit dem Netz verbunden, so sind getrennte Prüfungen durchzuführen:

- zwischen den Hauptstromkreisen und dem Schutzleitersystem,
- zwischen den Steuer- und Meldestromkreisen und dem Schutzleitersystem sowie
- zwischen den Hauptstromkreisen und den Steuer- und Meldestromkreisen.

Bei grösseren Installationen dürfen Einzelprüfungen an jedem Teilbereich durchgeführt werden.

8.1 Contrôles électriques finals

Avant les contrôles électriques finals des installations antidéflagrantes, on doit obtenir un «permis de feu» de l'utilisateur.

8.1.1 Appareils de mesure

Signalons sur ce point qu'on trouve de nos jours sur le marché des appareils effectuant toutes les mesures nécessaires.

A titre d'exemple le Unilab 100 (fig. 52) permet de procéder aux mesures suivantes:

- mesure de tension
- contrôle des disjoncteurs de sécurité par courant de défaut
- contrôle sélectif des disjoncteurs de sécurité par courant de défaut
- mesure de résistance à la terre
- mesure de résistance de l'isolation
- mesure de résistance
- contrôle de raccordement des phases
- contrôle des mises à terre

8.1.2 Epreuve de résistance de l'isolation

Après le calorifugeage, l'isolation du chauffage par câble doit être une nouvelle fois vérifiée. La résistance mesurée à une tension continue de 500 volts entre les lignes chargées mises en court-circuit ainsi que celles qui sont en liaison avec les circuits de commande et de signalisation ne doit pas être inférieure à 5 MΩ.

Dans la pratique, cette résistance se situe entre 50 et 100 MΩ

Lorsque les circuits de commande et de signalisation ne sont pas directement raccordés au réseau, des contrôles séparés s'imposent:

- entre le circuit de courant principal et le système de conducteurs de protection ainsi que
- entre les circuits de commande/signalisation et le système de conducteurs de protection et
- entre les circuits de courant principal et les circuits de commande/signalisation.

Dans les installations particulièrement importantes, des contrôles indépendants peuvent être effectués pour chaque sous-domaine.

8.1 Final electrical tests

In the case of installations in hazardous areas, it is necessary to obtain a 'Hot work permit' from the operator before conducting the final electrical tests.

8.1.1 Measuring instruments

Here it should be said that today measuring instruments are available on the market that make it possible to carry out all the necessary tests with a single instrument.

For example, the following tests can all be carried out with the Unilab 100 (Figure 52):

- voltage test
- earth-leakage circuit breaker testing
- selective earth-leakage circuit breaker tests
- earthing resistance test
- insulation resistance test
- resistance test
- phase connection test
- PE conductor test

8.1.2 Testing of insulation resistance

After the thermal insulation has been applied, the trace heating system shall be subjected to an insulation test. Measured with a direct voltage of 500 V, the insulation resistance between the short-circuited main circuits, including all connected control and signalling circuits and the PE conductor system including the enclosure, must not be less than 5 MΩ.

In practice, the insulation resistance values usually range from 50 to 100 MΩ.

If control and signalling circuits are not connected directly to the power systems, separate tests shall be carried out:

- between the main circuits and the PE conductor system,
- between the control and signalling circuits and the PE conductor system and
- between the main circuits and the control and signalling circuits.

In the case of larger installations, individual tests may be carried out on each subsection.



Abbildung 52  
Figure 52

### 8.1.3 Prüfung des Schutzleitersystems

Durch Sichtprüfung ist festzustellen, ob das Schutzleitersystem den Anforderungen entspricht, d.h. ob alle Wärmekabel, Anschluss- und Endabschlussdosen ins Schutzleitersystem integriert sind. Beidseitig anzuschliessende Wärmekabel müssen auch beidseitig mit dem Schutzleitersystem verbunden sein.

Weiter ist zu prüfen, ob der Widerstand zwischen dem Hauptschutzleiteranschluss und allen Teilen der Anlage  $0,1 \Omega$  nicht übersteigt.

### 8.2 Einstellung der Temperaturüberwachung

Nach dem Pflichtenheft ist die Einstellung sämtlicher Temperaturregler an Ort und Stelle zu überprüfen. Die Sicherheitstemperaturbegrenzer werden den zulässigen Oberflächentemperaturen entsprechend nach den Vorschriften für explosionsgeschützte Betriebsmittel eingestellt und mittels Zahnscheibe und Plombierung für Unbefugte gesichert.

Frostschutzthermostate müssen entsprechend den Umgebungsbedingungen, meistens jedoch bei  $+2^\circ\text{C}$  eingestellt werden.

### 8.3 Funktionstest

Der Funktionstest umfasst die Überprüfung der Beheizung und der Temperaturregler beim Sollwert sowie das Ansprechen des Sicherheitstemperaturbegrenzers.

### 8.4 Auslösung des FI-Schutzschalters vor Ort

Bei der Inbetriebnahme einer elektrischen Anlage mit Fehlerstromschutzschaltern soll eine Kontrolle in Bezug auf das richtige Funktionieren des FI-Schutzschalters und die daran angeschlossenen Installationen durchgeführt werden. Diese Forderung besteht notwendigerweise auch in den örtlichen bzw. nationalen Installationsvorschriften.

Diese Kontrolle muss direkt bei den Verbrauchern d.h. an den Klemmenkästen erfolgen. In elektrischen Anlagen mit FI-Schutzschaltern wird verlangt, dass der FI-Schutzschalter beim Fließen des Nennauslösestroms diesen innerhalb von  $0,2 \text{ s}$  abschaltet. Beim Fließen eines

### 8.1.3 Examen du système de conducteurs de protection

Il y a lieu de s'assurer par un contrôle visuel que le système de conducteurs de protection répond aux exigences, à savoir que tous les câbles chauffants, coffrets de connexion et d'extrémité sont intégrés dans le système de protection. Les câbles chauffants devant être connectés aux deux extrémités doivent également être raccordés par les deux bouts au système de protection.

De plus, il y a lieu de vérifier que la résistance entre la connexion principale et les autres parties de l'installation ne dépasse pas  $0,1 \Omega$ .

### 8.2 Réglage de la surveillance de température

Selon le cahier des charges, le réglage de tous les régulateurs de température est à vérifier sur place. Les limiteurs de température de sécurité sont réglés aux températures de surface admises selon les directives et normes à appliquer pour le matériel électrique antidéflagrant et sécurisés par des disques dentelés et un plombage.

Les thermostats de protection contre le gel doivent être réglés selon les conditions de température de l'environnement, généralement à  $+2^\circ\text{C}$ .

### 8.3 Test de fonctionnement

Le test de fonctionnement comprend l'examen du chauffage des régulateurs de température à la valeur assignée ainsi que la réaction des limiteurs de température de sécurité.

### 8.4 Déclenchement sur place du disjoncteur de sécurité par courant de défaut (FI)

Lors de la mise en service d'une installation électrique avec disjoncteur de protection par courant de défaut, un contrôle doit être fait quant au fonctionnement correct du disjoncteur de sécurité et des installations qui lui sont raccordées. Cette exigence doit nécessairement aussi répondre aux prescriptions locales et nationales.

Ce contrôle doit être effectué directement chez l'utilisateur aux boîtes à bornes. Pour les installations électriques équipées d'un disjoncteur FI, il est exigé de ce dernier un temps maximal de coupure de  $0,2 \text{ s}$ . Par ailleurs, lors du passage d'un courant de défaut de  $0,5$  fois le courant

### 8.1.3 Checking of PE conductor systems

A visual inspection shall be carried out to determine whether the PE conductor system meets the requirements, i.e. whether all the heating cables, junction and terminal boxes are integrated into the PE conductor system. Heating cables that are connected at both ends shall also be connected to the PE conductor system at both ends.

It is also necessary to check that the resistance between the main PE conductor connection and all parts of the installation does not exceed  $0.1 \Omega$ .

### 8.2 Settings of temperature monitors

In accordance with the specification documents, the setting of all temperature controllers shall be checked on site. The safety temperature limiters shall be set to the allowable temperature according to the regulations for explosion-protected apparatus and shall be safeguarded against tampering by means of a toothed disk and a seal.

Frost protection thermostats shall be set according to the ambient conditions; however, they are generally set at  $+2^\circ\text{C}$ .

### 8.3 Functional test

The functional test includes checking the heating system and temperature controllers at set point and ensuring that the temperature limiter trips correctly.

### 8.4 Local tripping of the earth-leakage circuit breaker

When commissioning an electrical installation with earth-leakage circuit breakers, the correct functioning of the earth-leakage circuit breaker and the installations connected to it shall be checked. This requirement is also included in the respective national installation regulations.

This check shall be carried out directly at the consumers, i.e. at the terminal boxes. The requirement for electrical installations with earth-leakage circuit breakers states that the earth-leakage circuit breaker shall disconnect within  $0.2 \text{ s}$  at the rated tripping current. If a fault current is only  $0.5$  times the rated tripping cur-

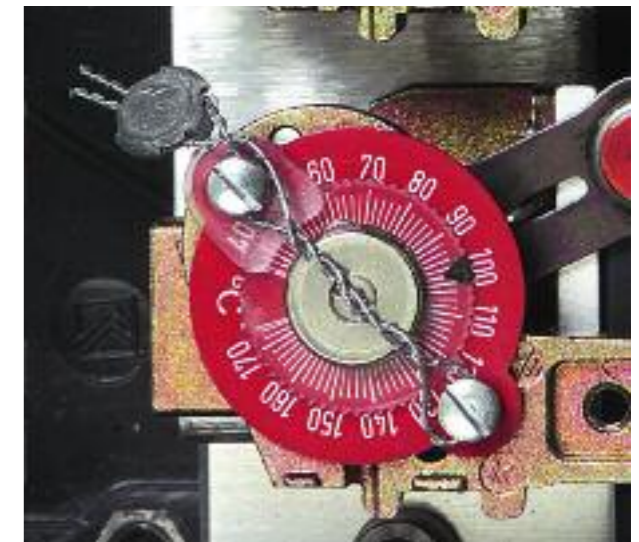


Abbildung 53  
Figure 53

Fehlerstroms vom 0,5-fachen Wert des Nennauslösestroms des FI Schutzschalters darf dieser nicht ansprechen.

#### 8.5 Überprüfung durch die Kontrollorgane

Die Wärmekabelbeheizung ist durch die Kontrollorgane einer Schlussprüfung zu unterziehen. Die Funktion eines Kontrollorganes kann durch den befugten Elektrosachverständigen des Betreibers, das Starkstrominspektorat, den Technischen Überwachungsverein usw. wahrgenommen werden.

#### 8.6 Markierungen

Sämtliche elektrischen Rohr- und Behälterbeheizungen sind auf dem Wetterschutz oder entsprechenden Abdeckungen mit Warnschilder (Beispiel: Abbildung 54) als solche zu bezeichnen.

#### 8.7 Kennzeichnungen

Jede Beheizung ist mit einem Typenschild (Abbildung 55) zu versehen, welche folgende Aufschriften und Kennzeichnungen enthält:

- Typ des eingesetzten Wärmekabels
- Länge des Wärmekabels
- Bezeichnung des Heizkreises
- Betriebsspannung
- Nennleistung
- Allfällige Bezeichnungen oder Nummern
- Auftragsnummer
- Identifikationszeichen des Herstellers

#### 8.8 Bescheinigungen

Prüfbescheinigungen über einzelne Komponenten sind der Dokumentation beizulegen. Prüfbescheinigungen stellen einen integrierten Bestandteil des Auftrages dar. Der Auftraggeber hat diese möglichst schon im Projektierungsfall beim Hersteller anzufordern.

#### 8.9 Ergänzung der Dokumentation

Die Abbildung 56 zeigt ein Formular, welches für jeden Rohrabchnitt separat zu erstellen ist. Dabei werden sowohl die Berechnungs- und Auslegungsdaten als auch spezifische Messwerte nach der Installation erfasst. Diese Daten erlauben es, ohne grossen Aufwand Ersatzbestellungen oder Reparaturen auszuführen.

nominal de déclenchement, le disjoncteur ne doit pas réagir.

#### 8.5 Vérification par les organes de contrôle

Le chauffage d'accompagnement par câbles doit être soumis à la vérification finale par un organe de contrôle. La fonction d'organe de contrôle peut être assumée par un spécialiste de l'utilisateur disposant des qualifications et des connaissances électrotechniques nécessaires, de l'Inspectorat courant fort, de l'Association technique de contrôle, etc.

#### 8.6 Signalisation de mise en garde

Tous les chauffages électriques de conduite et de conteneurs sont à signaler par des panneaux de mise en garde placés sous les protections contre les intempéries ou des protections similaires (exemple: fig. 54).

#### 8.7 Marquage

Chaque chauffage doit être muni d'une plaque signalétique (fig. 55) portant les indications suivantes:

- type de câble chauffant appliqué
- longueur du câble chauffant
- désignation du circuit de chauffe
- tension de service
- puissance nominale
- éventuels désignations ou numéros
- numéro de commande
- identification du fabricant

#### 8.8 Certificats, attestations

Les certificats d'essai des différents composants doivent être joints à la documentation. Les certificats d'essai sont une partie inhérente de la commande. Le donneur d'ordre peut déjà les exiger du fabricant au stade de l'étude du projet.

#### 8.9 Complément de la documentation

La figure 56 illustre un formulaire devant être rempli séparément pour chaque tronçon de conduite. Il sert à la saisie des données de calcul et de dimensionnement ainsi qu'à celle des mesures spécifiques de l'installation. Ces données permettent de procéder sans trop de complications à la commande des pièces de rechange et aux réparations nécessaires.

rent of the earth-leakage circuit breaker, it must not trip.

#### 8.5 Testing by controlling bodies

The trace heating system shall be subjected to a final inspection by the controlling bodies. The function of a controlling body can be exercised by the authorized electrical expert of the operator, the heavy current inspectorate, the Technical Inspection Authority, etc.

#### 8.6 Markings

All electrical pipe and tank heating systems shall designated as such by means of warning signs (example: Figure 54) on the weather protection or equivalent coverings.

#### 8.7 Marking

Every trace heating system shall be provided with a type label (Figure 55) with the following information:

- type of heating cable used
- length of the heating cable
- designation of the heating circuit
- operating voltage
- rated capacity
- any other designations or numbers
- order number
- manufacturer's identification code

#### 8.8 Certificates

Test certificates for individual components shall be included with the documentation. Test certificates are an integral part of the order. If possible, the ordering party shall request them from the manufacturer already during project planning.

#### 8.9 Updating of documentation

Figure 56 shows a form that is to be filled out for every pipe section. All the calculation and design data and the specific measurement values are recorded here after installation. This data helps facilitate ordering replacements or carrying out repairs.



Abbildung 54  
Figure 54

|   |                  |
|---|------------------|
| thuba Ltd.<br>CH-4015 Basel<br>Switzerland<br>www.thuba.com |                  |
| CE 0102   | II 2 G<br>II 2 D |
| Ex e IIC T4 Gb IP68   |                  |
| Ex t IIIIC 130°C Db   |                  |
| BVS 10 ATEX E 123X  |                  |
| Leistung<br>Puissance<br>Power                              | 1310 W           |
| Spannung<br>Tension<br>Voltage                              | 230 V            |
| Länge<br>Longueur<br>Length                                 | 98 m             |
| Typ<br>Type<br>Type   | RFEF 000041      |
| Nummer<br>Numéro<br>Number                                  | 1456.2010        |
| Heizkreis<br>Circuit de chauffage<br>Heating circuit        | HK 5.1.13        |

Abbildung 55  
Figure 55

Da zwischen Planung und Ausführung aufgrund veränderter Rohrleitungsführungen oft Änderungen auftreten, ist zu beachten, dass sämtliche Dokumentationen wie Stromlaufpläne, Klemmenpläne, Isometrien und Lagepläne auf den neuesten Stand gebracht werden.

Etant donné que des modifications surviennent fréquemment entre l'étude, la planification et l'exécution du projet, il y a lieu d'observer que l'ensemble de la documentation – schémas des connexions et des bornes, isométrie et plans de situation – devra toujours être tenue à jour.

As, due to modifications to the layout of the pipelines, changes are often made between the planning and the execution stages of a project, it is necessary to ensure that all documentation such as circuit diagrams, terminal diagrams, isometric diagrams and layouts are kept up-to-date.

| Location   | System              | Project name                                  | Reference drawing(s)      |
|--|---------------------|---|---------------------------|
| Line number  | Trace header number | Accession location                            | Trace header installation |
| Final number   | Location            | Circuit number                                | Class or approval         |
| Trace header manufacturer  | Trace header model  | Trace header voltage and length/offset rating |                           |
| Verify compliance markings   |                     |   |                           |
| Magflow meter manufacturer's model   |                     | Voltage rating                                | Accession location        |
| Magflow meter date of last calibration   |                     |   |                           |
| Multi-meter manufacturer/model   |                     | Date setting                                  | Accession location        |
| TRACE HEATER TESTING   |                     | Test instructions                             | Date                      |
| NOTE: This meter accepts 120V or 240V AC or 12V DC. Min. air temp. 5°C and max. air temp. 40°C. Min. air humidity 30% and max. air humidity 80%. |                     |   |                           |
| 1. Trace header installed on wall  |                     |   |                           |
| Confirm set on wall  |                     |   |                           |
| Measure resistance that is noted   |                     |   |                           |
| 2. Plug using what is provided in this trace header installation   |                     |   |                           |
| 3. After installation  |                     |   |                           |
| 4. Trace header installed (approval to start thermal insulation installation)  |                     |   |                           |
| Trace header correctly installed on pipe, head or equipment  |                     |   |                           |
| Trace header correctly installed at valves, pipe supports, other wall items  |                     |   |                           |
| Components correctly installed on horizontal pipes, vertical risers  |                     |   |                           |
| Installation complies with manufacturer's instructions and design  |                     |   |                           |
| 5. Thermal insulation installation complete  |                     |   |                           |
| Comply with  |                     |   |                           |
| Facilitate the installation  |                     |   |                           |
| SYSTEM DESCRIPTION   |                     |   |                           |
| 6. Maxing, tagging and identification complete (see IEC 61010-10-1, Clause 5)  |                     |   |                           |
| 7. Trace header effectively installed  |                     |   |                           |
| 8. Test procedure complete, records attached and set points verified   |                     |   |                           |
| 9. All test records attached and filed   |                     |   |                           |
| 10. Thermal insulation weather tight and protected from damage   |                     |   |                           |
| 11. End points, correct splices marked on line or on other drawings  |                     |   |                           |
| 12. Ultimate documentation marked as final   |                     |   |                           |
| Performed by:  |                     | Company:                                      | Date:                     |
| Witnessed by:  |                     | Company:                                      | Date:                     |
| Accepted on:   |                     | Company:                                      | Date:                     |
| Approved by:   |                     | Company:                                      | Date:                     |

Abbildung 56  
Figure 56

9.1 Qualifikation

Prüfung, Wartung und Instandsetzung der Anlagen dürfen nur von erfahrenem Personal ausgeführt werden, dem bei der Ausbildung auch Kenntnisse über die verschiedenen Zündschutzarten und Installationsverfahren, die einschlägigen Regeln und Vorschriften sowie die allgemeinen Grundsätze der Bereichseinteilung vermittelt wurden. Eine angemessene Weiterbildung oder Schulung ist vom Personal regelmäßig durchzuführen.

9.2 Normen

Die für Inspektion, Wartung und Instandsetzung geltenden Bestimmungen der EN 60079-30-2 bzw. EN 60079-17 sind einzuhalten. Im Rahmen der Inspektionen und der Wartung sind vor allem Teile zu prüfen, von denen die Zündschutzart abhängt.

9.3 Verwendung von Originalersatzteilen und Zubehör

Es dürfen nur Originalersatzteile des Herstellers eingesetzt werden. Besondere Beachtung ist den Zubehörteilen zu schenken, die als Bestandteil der Wärmekabel bescheinigt werden. Die Verwendung von Zubehörteilen wie beispielsweise Endabschlüsse und Anschlusssets von Drittanbietern ist nicht zulässig.

9.4 Prüfung der Überwachungseinrichtungen

Sämtliche Überwachungseinrichtungen wie Sicherheitstemperaturbegrenzer und Fehlerstromschutzschalter sind periodisch einer Prüfung auf die Funktionsfähigkeit zu prüfen.

9.1 Qualifications

Le contrôle, le service et l'entretien de l'installation doivent toujours être effectués par du personnel qualifié et expérimenté dont la formation s'étend aussi à la connaissance des différents modes de protection et procédés de montage et d'installation, des règles et prescriptions déterminantes ainsi que des connaissances fondamentales du domaine concerné. Une formation continue et un perfectionnement du personnel doit être organisé régulièrement.

9.2 Normes

Les dispositions de la norme EN 60079-30-2, à savoir EN 60079-17 sont applicables pour l'inspection, le service et l'entretien de l'installation. Dans le cadre de l'inspection et des travaux d'entretien, toutes les parties dont le mode de protection est dépendant devront être vérifiées.

9.3 Utilisation de pièces de rechange et accessoires d'origine

Seuls devront être utilisés les pièces de rechange et accessoires d'origine fournies par le fabricant. Une attention toute particulière devra être accordée aux pièces certifiées comme faisant partie du câble chauffant. L'utilisation de pièces telles que par exemple les extrémités de câble ou les garnitures de connexion fournies par des tiers n'est pas autorisée.

9.4 Vérification des dispositifs de contrôle

L'ensemble des dispositifs de surveillance et de contrôle tels que limiteur de température de sécurité et disjoncteur à courant de défaut doivent être vérifiés périodiquement quant à leur bon fonctionnement.

9.1 Qualification

The testing, maintenance and repair of installations may only be carried out by experienced persons who have been instructed in the various types of protection and installation methods, the relevant rules and regulations and the general principles of the classification of areas as part of their training. A suitable further training or schooling of personnel shall be carried out at regular intervals.

9.2 Standards

The valid regulations for inspection, maintenance or repair work according to EN 60 079-30-2 or EN 60079-17 shall be observed. When carrying out inspections and maintenance work, special attention shall be given to the checking of parts that are essential for the explosion protection.

9.3 Use of original spare parts and accessories

Only original spare parts from the manufacturer may be used. Special attention shall be given to accessory parts that are a constituent part of the heating cable. The use of accessory parts such as terminations and connection kits from third party suppliers is not permitted.

9.4 Testing of monitoring devices

All monitoring devices such as safety temperature limiters and fault current circuit breakers shall be subjected to periodic function tests.

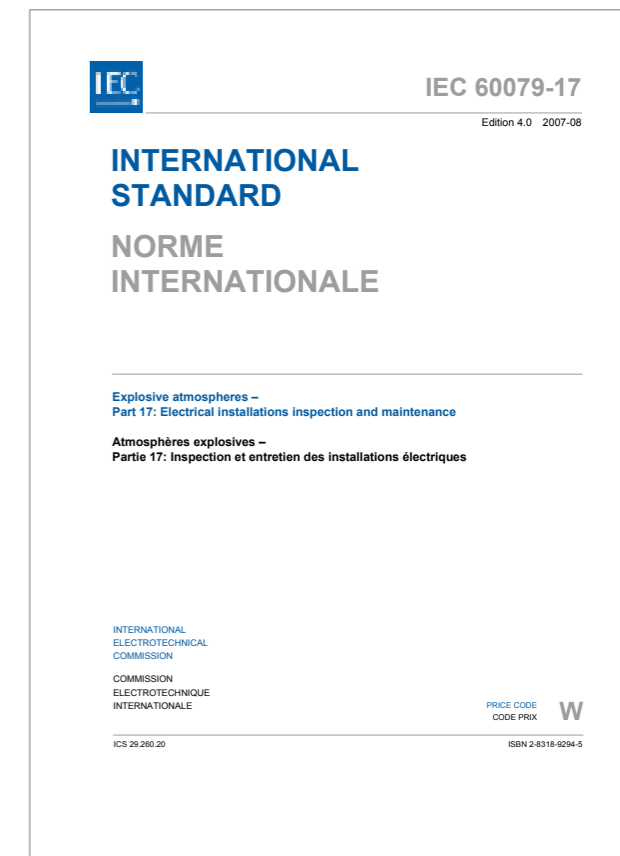


Abbildung 56  
Figure 56

**Wärmekabel**

|                |                |
|----------------|----------------|
| <b>Kunde</b>   | <b>Projekt</b> |
| Sachbearbeiter | Datum          |

**Technische Daten**

|  |   |
|--|---|
| Explosionsschutz <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein                           | Zündschutzart   |
| Prüfstelle   | <input type="checkbox"/> Zone 1 <input type="checkbox"/> Zone 2   |
| Norm   | Temperaturklasse T  |
| Standort: <input type="checkbox"/> im Freien <input type="checkbox"/> Innenanlage                    |   |
| Betriebsart: <input type="checkbox"/> Temperaturstabilisierung <input type="checkbox"/> Aufheizen    |   |
| Beheizung: <input type="checkbox"/> konventionell <input type="checkbox"/> selbstbegrenzend          |   |
| Montage: <input type="checkbox"/> durch thuba AG <input type="checkbox"/> durch Kunden               |   |
| Umgebungstemperatur [°C]   | Aufheizzeit [h]   |
| Bemessungsspannung [Volt]  |   |
| Netz <input type="checkbox"/> 3L+N+PE <input type="checkbox"/> 3L+PE <input type="checkbox"/> L+N+PE |   |
| Isolationsmaterial   |   |
| Produkt  | spez. Gewicht [kg/dm <sup>3</sup> ]<br>spez. Wärme Produkt [kJ/kg K]<br>Schmelzwärme Produkt [kJ/kg]<br>max. Rohrtemperatur (Fremdeinflüsse) [°C] |
| Rohre/Behälter   | spez. Gewicht [kg/dm <sup>3</sup> ]<br>spez. Wärme Produkt [kJ/kg K]<br>Schmelzwärme Produkt [kJ/kg]  |

|                                    |  |  |  |  |  |
|------------------------------------|--|--|--|--|--|
| <b>Rohrleitungen</b>               |  |  |  |  |  |
| Nenndurchmesser [mm]               |  |  |  |  |  |
| Rohrleitungslänge [m]              |  |  |  |  |  |
| Rohrmasse [kg/m]                   |  |  |  |  |  |
| Rohrtemperatur [°C]                |  |  |  |  |  |
| Masse Produkt [kg/m]               |  |  |  |  |  |
| Isolation [mm]                     |  |  |  |  |  |
| Anzahl Armaturen [Stück]           |  |  |  |  |  |
| Anzahl Flanschen [Stück]           |  |  |  |  |  |
| Leistungsbedarf Warmhalten [W/m]   |  |  |  |  |  |
| Leistungsbedarf Aufschmelzen [W/m] |  |  |  |  |  |
| Leistungsbedarf Aufheizen [W/m]    |  |  |  |  |  |
| Leistung total [W/m]               |  |  |  |  |  |

**Wärmekabel**

|                                  |  |  |  |  |  |
|----------------------------------|--|--|--|--|--|
| <b>Behälter</b>                  |  |  |  |  |  |
| Durchmesser [mm]                 |  |  |  |  |  |
| Höhe/Länge zylindrisch [mm]      |  |  |  |  |  |
| Gesamthöhe/-länge [m]            |  |  |  |  |  |
| Behältermasse [kg]               |  |  |  |  |  |
| Masse Produkt [kg]               |  |  |  |  |  |
| Behältertemperatur [°C]          |  |  |  |  |  |
| Isolation [mm]                   |  |  |  |  |  |
| Leistungsbedarf Warmhalten [W]   |  |  |  |  |  |
| Leistungsbedarf Aufschmelzen [W] |  |  |  |  |  |
| Leistungsbedarf Aufheizen [W]    |  |  |  |  |  |
| Leistung total [W]               |  |  |  |  |  |

|                              |                                    |                                    |
|------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Anschlusskästen</b>       | <input type="checkbox"/> Aluminium | <input type="checkbox"/> Polyester |
| <b>Temperaturüberwachung</b> | <input type="checkbox"/> ja        | <input type="checkbox"/> nein      |
| Regulierthermostat           | <input type="checkbox"/> ja        | <input type="checkbox"/> nein      |
| Minimumthermostat            | <input type="checkbox"/> ja        | <input type="checkbox"/> nein      |
| max. Thermostat Produkt      | <input type="checkbox"/> ja        | <input type="checkbox"/> nein      |
| Temperaturbegrenzer 1        | <input type="checkbox"/> ja        | <input type="checkbox"/> nein      |
| Temperaturbegrenzer 2        | <input type="checkbox"/> ja        | <input type="checkbox"/> nein      |
|                              | <input type="checkbox"/> ja        | <input type="checkbox"/> nein      |

|  |                                   |                                   |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Elektronischer Temperaturregler</b> | <input type="checkbox"/> ja       | <input type="checkbox"/> nein     |
| Widerstandsfühler Pt-100               | <input type="checkbox"/> 2-Leiter | <input type="checkbox"/> 4-Leiter |
| Thermoelement                          | <input type="checkbox"/> Typ J    | <input type="checkbox"/> Typ K    |
| Transmitter                            | <input type="checkbox"/> 4–20mA   | <input type="checkbox"/> 0–20mA   |

Temperaturklasse T1 = 350 °C  
Temperaturklasse T3 = 175 °C  
Temperaturklasse T5 = 85 °C

Temperaturklasse T2 = 270 °C  
Temperaturklasse T4 = 115 °C  
Temperaturklasse T6 = 70 °C

Bemerkungen \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Erstellungsdatum \_\_\_\_\_ Visum \_\_\_\_\_



## Check-list câbles chauffants

|               |               |
|---------------|---------------|
| <b>Client</b> | <b>Projet</b> |
| Responsable   | Date          |

## Valeurs techniques

|                                   |   |   |
|-----------------------------------|---|---|
| <i>Protection antidéflagrante</i> | <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | Mode de protection  |
| Station d'essai                   |   | <input type="checkbox"/> Zone 1 <input type="checkbox"/> Zone 2 |
| Norme                             |   | Classe de température   |

|                           |  |  |
|---------------------------|--|--|
| Lieu:                     | <input type="checkbox"/> à l'air libre       | <input type="checkbox"/> à l'intérieur                         |
| Service type:             | <input type="checkbox"/> température régulée | <input type="checkbox"/> chauffer                              |
| Chauffage:                | <input type="checkbox"/> conventionnel       | <input type="checkbox"/> autolimité                            |
| Montage:                  | <input type="checkbox"/> par thuba SA        | <input type="checkbox"/> par le client                         |
| Température ambiante [°C] | Temps d'échauffement [h]                     |  |
| Tension assignée [volts]  |  |  |
| Réseau                    | <input type="checkbox"/> 3L+N+PT             | <input type="checkbox"/> 3L+PT <input type="checkbox"/> L+N+PT |
| Matériel isolant          |  |  |

|                        |  |
|------------------------|--|
| Produit                | Poids spécifique [kg/dm <sup>3</sup> ]           |
|                        | Chaleur massique produit [kJ/kg K]               |
|                        | Chaleur de fusion produit [kJ/kg]                |
|                        | Température max. tube (s) (influences ext.) [°C] |
| Conteneur (s)/tube (s) | Poids spécifique [kg/dm <sup>3</sup> ]           |
|                        | Chaleur massique [kJ/kg K]                       |
|                        | Chaleur de fusion produit [kJ/kg]                |

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
| <b>Tuyauterie</b>                      |  |  |  |  |
| Diamètre nominal [mm]                  |  |  |  |  |
| Longueur de la tuyauterie [m]          |  |  |  |  |
| Masse métrique de la tuyauterie [kg/m] |  |  |  |  |
| Température de la tuyauterie [°C]      |  |  |  |  |
| Masse produit [kg/m]                   |  |  |  |  |
| Isolation [mm]                         |  |  |  |  |
| Nombre d'armatures [pièces]            |  |  |  |  |
| Nombre de flasques [pièces]            |  |  |  |  |
| Puissance de maintien nécessaire [W/m] |  |  |  |  |
| Puissance de fusion nécessaire [W/m]   |  |  |  |  |
| Puissance de chauffé nécessaire [W/m]  |  |  |  |  |
| Puissance totale [W/m]                 |  |  |  |  |



## Check-list câbles chauffants

|                                      |  |  |  |  |
|--------------------------------------|--|--|--|--|
| <b>Conteneur</b>                     |  |  |  |  |
| Diamètre [mm]                        |  |  |  |  |
| Hauteur/largeur cylindre [mm]        |  |  |  |  |
| Hauteur/largeur totales [m]          |  |  |  |  |
| Poids du conteneur [kg]              |  |  |  |  |
| Poids produit [kg]                   |  |  |  |  |
| Température de conteneur [°C]        |  |  |  |  |
| Isolation [mm]                       |  |  |  |  |
| Puissance de maintien nécessaire [W] |  |  |  |  |
| Puissance de fusion nécessaire [W]   |  |  |  |  |
| Puissance de chauffe nécessaire [W]  |  |  |  |  |
| Puissance totale [W]                 |  |  |  |  |

|                                   |                                    |                                    |
|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Boîtes de raccordement</b>     | <input type="checkbox"/> Aluminium | <input type="checkbox"/> Polyester |
| <i>Contrôle de la température</i> | <input type="checkbox"/> Oui       | <input type="checkbox"/> Non       |
| Thermostat de régulation          | <input type="checkbox"/> Oui       | <input type="checkbox"/> Non       |
| Thermostat à minimums             | <input type="checkbox"/> Oui       | <input type="checkbox"/> Non       |
| Thermostat produit à maximums     | <input type="checkbox"/> Oui       | <input type="checkbox"/> Non       |
| Limiteur de température 1         | <input type="checkbox"/> Oui       | <input type="checkbox"/> Non       |
| Limiteur de température 2         | <input type="checkbox"/> Oui       | <input type="checkbox"/> Non       |
|                                   | <input type="checkbox"/> Oui       | <input type="checkbox"/> Non       |

|   |  |  |
|---|--|--|
| <i>Régulateur électronique de température</i> | <input type="checkbox"/> Oui           | <input type="checkbox"/> Non           |
| Capteur à résistance Pt-100                   | <input type="checkbox"/> 2 conducteurs | <input type="checkbox"/> 4 conducteurs |
| Thermoélément                                 | <input type="checkbox"/> Type J        | <input type="checkbox"/> Type K        |
| Emetteur                                      | <input type="checkbox"/> 4-20mA        | <input type="checkbox"/> 0-20mA        |

Classe de température T1 =350 °C  
Classe de température T3 =175 °C  
Classe de température T5 =85 °C

Classe de température T2 =270 °C  
Classe de température T4 =115 °C  
Classe de température T6 =70 °C

Remarques \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Date d'élaboration \_\_\_\_\_ Visa \_\_\_\_\_



## Checklist for Heating Cables

|                 |                |
|-----------------|----------------|
| <b>Customer</b> | <b>Project</b> |
| Handled by      | Date           |

## Technical data

|   |   |
|---|---|
| Explosion protection <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no | Type of protection  |
| Notified body   | <input type="checkbox"/> Zone 1 <input type="checkbox"/> Zone 2 |
| Standard  | Temperature class   |

|  |   |
|--|---|
| Location: <input type="checkbox"/> outdoors                        | <input type="checkbox"/> indoor installation  |
| Operating mode: <input type="checkbox"/> temperature stabilization | <input type="checkbox"/> heating up   |
| Heating system: <input type="checkbox"/> conventional              | <input type="checkbox"/> self-limiting  |
| Installation: <input type="checkbox"/> by thuba AG                 | <input type="checkbox"/> by customer  |
| Ambient temperature [°C]   | Heat-up time [h]  |
| Design voltage [Volt]  |   |
| Supply network   | <input type="checkbox"/> 3L+N+PE <input type="checkbox"/> 3L+PE <input type="checkbox"/> L+N+PE |
| Insulation material  |   |

|               |   |
|---------------|---|
| Product       | specific gravity [kg/dm <sup>3</sup> ]        |
|               | product specific heat [kJ/kg K]               |
|               | product heat of fusion [kJ/kg]                |
|               | max. pipe temperature (external factors) [°C] |
| Pipes/vessels | specific gravity [kg/dm <sup>3</sup> ]        |
|               | product specific heat [kJ/kg K]               |
|               | product heat of fusion [kJ/kg]                |

|                                   |  |  |  |  |  |
|-----------------------------------|--|--|--|--|--|
| <b>Piping</b>                     |  |  |  |  |  |
| Nominal diameter [mm]             |  |  |  |  |  |
| Pipe length [m]                   |  |  |  |  |  |
| Pipe mass [kg/m]                  |  |  |  |  |  |
| Pipe temperature [°C]             |  |  |  |  |  |
| Product mass [kg/m]               |  |  |  |  |  |
| Insulation [mm]                   |  |  |  |  |  |
| No. of piping accessories [units] |  |  |  |  |  |
| No. of flanges [units]            |  |  |  |  |  |
| Power to retain temperature [W/m] |  |  |  |  |  |
| Power to melt product [W/m]       |  |  |  |  |  |
| Power to heat up [W/m]            |  |  |  |  |  |
| Total power [W/m]                 |  |  |  |  |  |



## Checklist for Heating Cables

|                                 |  |  |  |  |  |
|---------------------------------|--|--|--|--|--|
| <b>Vessels</b>                  |  |  |  |  |  |
| Diameter [mm]                   |  |  |  |  |  |
| Cylindrical height/length [mm]  |  |  |  |  |  |
| Overall height/length [m]       |  |  |  |  |  |
| Vessel mass [kg]                |  |  |  |  |  |
| Product mass [kg]               |  |  |  |  |  |
| Vessel temperature [°C]         |  |  |  |  |  |
| Insulation [mm]                 |  |  |  |  |  |
| Power to retain temperature [W] |  |  |  |  |  |
| Power to melt product [W]       |  |  |  |  |  |
| Power to heat up [W]            |  |  |  |  |  |
| Total power [W]                 |  |  |  |  |  |

|  |                                    |                                    |
|--|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Junction boxes</b>                    | <input type="checkbox"/> Aluminium | <input type="checkbox"/> Polyester |
| <b>Temperature monitoring</b>            | <input type="checkbox"/> yes       | <input type="checkbox"/> no        |
| Control thermostat                       | <input type="checkbox"/> yes       | <input type="checkbox"/> no        |
| Minimum thermostat                       | <input type="checkbox"/> yes       | <input type="checkbox"/> no        |
| Max. thermostat, product                 | <input type="checkbox"/> yes       | <input type="checkbox"/> no        |
| Temperature limiter 1                    | <input type="checkbox"/> yes       | <input type="checkbox"/> no        |
| Temperature limiter 2                    | <input type="checkbox"/> yes       | <input type="checkbox"/> no        |
| <b>Electronic temperature controller</b> | <input type="checkbox"/> yes       | <input type="checkbox"/> no        |
| Resistance sensor Pt-100                 | <input type="checkbox"/> 2-wire    | <input type="checkbox"/> 4-wire    |
| Thermocouple                             | <input type="checkbox"/> type J    | <input type="checkbox"/> type K    |
| Transmitter                              | <input type="checkbox"/> 4–20mA    | <input type="checkbox"/> 0–20mA    |

Temperature Class T1 = 350 °C  
 Temperature Class T3 = 175 °C  
 Temperature Class T5 = 85 °C

Temperature Class T2 = 270 °C  
 Temperature Class T4 = 115 °C  
 Temperature Class T6 = 70 °C

Remarks \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Date prepared \_\_\_\_\_ Initials \_\_\_\_\_

# Ihr Partner für international zertifizierte Lösungen im Explosionsschutz.

## Entwicklung und Produktion

*Explosionsgeschützte Energieverteilungs-,  
Schalt- und Steuergerätekombinationen*

Kategorie 2 G/D, Zündschutzarten

- Druckfeste Kapselung «d»
- Erhöhte Sicherheit «e»
- Überdruckkapselung «px»

Kategorie 3 G/D, Zündschutzarten

- Nicht-funkend «nA»
- Schwadenschutz «nR»
- Überdruckkapselung «pz»

Kategorien 2 D und 3 D

für staubexplosionsgeschützte Bereiche

- Schutz durch Gehäuse «tD»
- Schutz durch Überdruck «pD»

Zubehör

- Digital-Anzeigen
- Trennschaltverstärker
- Transmitterspeisegeräte
- Sicherheitsbarrieren
- Tastatur und Maus
- Bildschirm
- Industrie-PC

*Leuchten*

- tragbare Leuchten Kategorien 1, 2 und 3
- Hand- und Maschinenleuchten 6–58 Watt (Fluoreszenz und LED)
- Inspektionsleuchten Kategorie 1 (Zone 0)
- Langfeldleuchten 18–58 Watt (auch mit integrierter Notbeleuchtung)
- Strahler
- Sicherheitsbeleuchtung
- Blitzleuchten
- Kesselflanschleuchten

*Elektrische Heizeinrichtungen  
für Industrieanwendungen*

- Luft- und Gaserwärmung (bis 200 bar)
- Flüssigkeitsbeheizung
- Reaktorbeheizungen (HT-Anlagen)
- Beheizung von Festkörpern
- Sonderlösungen

*Rohr- und Tankbegleitheizungen*

- Wärmekabel
  - Wärmekabel mit Festwiderstand
  - mineralisierte Wärmekabel
  - selbstbegrenzende Wärmekabel
- Montagen vor Ort
- Temperaturüberwachungen
  - Thermostate und Sicherheitstemperaturbegrenzer
  - elektronische Temperaturregler und Sicherheitsabschalter
  - Fernbedienungen zu Temperaturregler
- Widerstandsfühler Pt-100 Kategorie 1 G
- Widerstandsfühler Pt-100 Kategorie 2 G

*Installationsmaterial*

- Klemmen- und Abzweigkästen
- Motorschutzschalter bis 63 A
- Sicherheitsschalter 10–180 A (für mittelbare und unmittelbare Abschaltung)
- Steckvorrichtungen
- Steckdosen für Reinnräume
- Befehls- und Meldegeräte
- kundenspezifische Befehlsgeber
- Kabelrollen
- Kabelverschraubungen
- Montagematerial

## Akkreditierte Inspektionsstelle (SIS 145)

Um den ordnungsgemäßen Betrieb und die Sicherheit zu gewährleisten, werden Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen besonders genau geprüft. Neben einer fachgerechten Erstprüfung bieten wir auch Ordnungsprüfungen und wiederkehrende Prüfungen im Betrieb an.

## Service Facilities nach IEC Ex Scheme

Als IEC Ex Scheme Service Facility sind wir qualifiziert, weltweit Reparaturen, Überholungen und Regenerierungen durchzuführen – auch an Fremdgeräten.

# Votre partenaire pour les solutions certifiées en protection antidéflagrante

## Conception et production

*Dispositifs antidéflagrants de distribution  
d'énergie, de couplage et de commande*

Catégorie 2 G/D, modes de protection

- enveloppe antidéflagrante «d»
- sécurité augmentée «e»
- enveloppe en surpression «px»

Catégorie 3 G/D, modes de protection

- anti-étincelles «nA»
- respiration limitée «nR»
- surpression interne «pz»

Catégories 2 D et 3 D

pour zones protégées contre les explosions de poussière

- Protection par enveloppes «tD»
- Protection par surpression «pD»

Accessoires

- affichage (visuel) numérique
- amplificateurs de sectionneurs
- appareils d'alimentation d'émetteurs
- barrières de sécurité
- clavier et souris
- écran
- PC industriel (ordinateur industriel)

*Luminaire*

- baladeuses catégories 1, 2 et 3
- luminaires pour machines et baladeuses 6 à 58 watts (fluorescents et DEL)
- luminaires d'inspection catégorie 1 (zone 0)
- luminaires longitudinaux 18 à 58 watts (aussi avec éclairage de secours intégré)
- projecteurs
- éclairage de secours
- lampes éclair
- luminaires à bride pour chaudières

*Chauffages électriques pour applications  
industrielles*

- chauffages de l'air et de gaz (jusqu'à 200 bars)
- chauffages de liquides
- chauffages à réacteur (thermostables)
- chauffages de corps solides
- solutions spécifiques

*Chauffages de conduites et de citernes*

- câbles thermoconducteurs
  - câbles chauffants à résistance fixe
  - câbles chauffants à isolation minérale
  - câbles chauffants autolimités
- montage sur site
- contrôle de température
  - thermostats et limiteurs de température de sécurité
  - thermorégulateurs électroniques et rupteurs de sécurité
  - télécommandes de thermorégulateur
- capteurs à résistance Pt-100 catégorie 1 G
- capteurs à résistance Pt-100 catégorie 2 G

*Matériel de montage et d'installation*

- boîtes à bornes et de jonction
- disjoncteurs-protecteurs jusqu'à 63 A
- interrupteurs de sécurité 10 à 180 A (pour coupure directe ou indirecte)
- connecteurs
- prises de courant pour salles propres
- appareils de commande
- postes de commande selon spécifications client
- dévidoirs de câble
- presse-étoupe
- matériel de montage

## Organes d'inspection accrédités (SIS 145)

Dans le but d'assurer une exploitation correcte et la sécurité, les installations en atmosphère explosive sont inspectées de manière particulièrement fouillée. En plus d'un premier examen, nous proposons également des inspections de routine et des vérifications périodiques in situ.

## Service clients selon le modèle CEIEx

Par notre service clients certifié selon le modèle CEIEx nous sommes qualifiés pour procéder dans le monde entier aux réparations, révisions et remises en état des équipements – même ceux d'autres fabricants.

#### Design and Production

*Explosionproof multipurpose distribution, switching and control units*

Category 2 G/D, protection types

- flameproof enclosure «d»
- increased safety «e»
- pressurized enclosure «px»

Category 3 G/D, protection types

- non-sparking «nA»
- restricted breathing enclosure «nR»
- pressurized enclosure «pz»

Categories 2 D and 3 D  
for areas at risk of dust explosions

- protection by enclosure «tD»
- type of protection «pD»

#### Accessories

- digital displays
- disconnect amplifiers
- transmitter power packs
- safety barriers
- keyboard and mouse
- monitor
- industrial PC

#### Lamps

- portable lamps, Categories 1, 2 and 3
- hand-held and machine lamps 6 to 58 W (fluorescent and LED)
- inspection lamps Category 1 (Zone 0)
- fluorescent light fixtures 18 to 58 W (also with integrated emergency lighting)
- reflector lamps
- safety lighting
- flashing lamps
- boiler flange lamps

#### Electric heaters for industrial applications

- heating of air and gases (up to 200 bar)
- heating of liquids
- reactor heating systems (HT installations)
- heating of solids
- special solutions

#### Pipe and tank trace heating systems

- heating cables
  - heating cables with fixed resistors
  - mineral-insulated heating cables
  - self-limiting heating cables
- site installation
- temperature monitoring systems
  - thermostats and safety temperature limiters
  - electronic temperature controllers and safety cutouts
  - remote controls for temperature controller
- resistance temperature detectors Pt-100  
Category 1 G
- resistance temperature detectors Pt-100  
Category 2 G

#### Installation material

- terminals and junction boxes
- motor protecting switches up to 63 A
- safety switches 10 to 180 A (for indirect and direct tripping)
- plug-and-socket devices
- socket outlets for clean rooms
- control and indicating devices
- customized control stations
- cable reels
- cable glands
- fastening material

#### Accredited inspection body (SIS 145)

Extremely strict inspections are carried out to guarantee the correct operation and safety of installations in hazardous areas. In addition to professional initial inspections, we also carry out document and organisation checks and periodic inspections during operation.

#### Service Facilities according to IEC Ex Scheme

As an IEC Ex Scheme service facility we are qualified to carry out repairs, overhauling and regeneration work all over the world – even on equipment from other manufacturers.



THE EXPLOSIONPROOFING COMPANY

thuba Ltd.  
CH-4015 Basel

|          |  |
|----------|--|
| Phone    | +41 61 307 80 00   |
| Fax      | +41 61 307 80 10   |
| E-mail   | <a href="mailto:headoffice@thuba.com">headoffice@thuba.com</a> |
| Homepage | <a href="http://www.thuba.com">www.thuba.com</a>               |