



Elektrische  
Begleitheizungssysteme

Systèmes de traçage électrique

Electric trace heating systems



Edition October 2025

## 1. Einleitung

Begleitheizungssysteme tragen viel zu einem reibungslosen Betriebsablauf in der pharmazeutischen, in der chemischen und in der petrochemischen Industrie sowie im Maschinenbau bei. Die klassischen Anwendungsfälle sind der Schutz vor Frost, die Warmhaltung oder die Temperaturerhöhung von Rohrleitungen, Behältern und Armaturen für die verschiedensten Medien. 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.

## 2. Allgemeines

Ein Begleitheizungssystem dient hauptsächlich der Temperaturerhaltung oder -erhöhung an Rohrleitungen, Tanks und Behältern. Ein komplettes Begleitheizungssystem besteht aus

- Wärmekabeln oder Heizmatten
- Temperaturreglern und Sicherheitstemperaturbegrenzern, entsprechend der Betriebsart
- Installationszubehör, wie Anschlussgarnituren, Steckverbindern und Klemmenkästen
- Wärmedämmung und Wetterschutz (Isolationsverkleidung)

Alle Systemkomponenten, die für den sicheren und bestimmungsgemässen Betrieb eines elektrischen Begleitheizungssystems erforderlich sind, wurden einem Konformitätsbewertungsverfahren unterzogen.

Für das komplette Begleitheizungssystem müssen eine entsprechende Kennzeichnung und die Systemdokumentation bestehend aus einer Betriebsanleitung, den Planungs- und Berechnungsunterlagen, einer EU-Konformitätserklärung und einer separaten EU-Baumusterprübscheinigung vorliegen.

## 1. Introduction

Les systèmes de traçage électrique contribuent grandement au bon fonctionnement des industries pharmaceutique, chimique et pétrochimique, ainsi que dans le domaine de la construction mécanique.

Les applications classiques sont la protection contre le gel, le maintien à température ou l'augmentation de la température des tuyauteries, des réservoirs et des raccords pour les fluides les plus divers. Pour certains fluides, le chauffage permet de modifier la viscosité et d'améliorer ainsi les propriétés de pompage. D'autres fluides cristallisent ou se condensent si les tuyaux ou les réservoirs ne sont pas chauffés aux températures appropriées.

## 2. Généralités

Un système de traçage électrique sert principalement à maintenir ou à augmenter la température des conduites, des citernes et des réservoirs. Un système de traçage électrique complet comprend:

- des câbles chauffants ou des nappes chauffantes
- un régulateur de température et un limiteur de température de sécurité, selon le mode de fonctionnement
- des accessoires d'installation, tels que des garnitures de raccordement, des connexions enfichables et des borniers
- une isolation thermique et une protection contre les intempéries (revêtement isolant)

Tous les composants nécessaires au fonctionnement sûr et conforme du système de traçage électrique ont été soumis à une procédure d'évaluation de la conformité.

Le système de traçage électrique complet doit être accompagné d'un marquage approprié et d'une documentation du système comprenant un manuel d'utilisation, des documents de planification et de calcul, une déclaration UE de conformité et des attestations d'examen UE de type distinctes.

## 1. Introduction

Trace heating systems contribute considerably to a trouble-free operating procedure in the pharmaceutical, chemical and petrochemical industries, as well as in mechanical engineering.

The classical applications are frost protection, heat maintenance or increasing the temperature of pipelines, containers and fittings for a wide range of media. In the case of certain media, heating is used to change the viscosity, thus improving the pumping properties. Other media crystallize or condense if pipes or containers are not heated to the respective required temperatures.

## 2. General

A trace heating system is mainly used to maintain or increase the temperature on pipelines, tanks and containers. A complete trace heating system consists of:

- heating cables or pads
- temperature controllers and safety temperature limiters, depending on the type of operation
- installation accessories, such as connection fittings, connectors and terminal boxes
- thermal insulation and weather protection (cladding)

All the system components required for the safe and intended operation of an electric trace heating system have been subjected to conformity assessment procedures.

The complete trace heating system must be marked accordingly and the system documentation comprising an instruction manual, planning and calculation documents, an EU declaration of conformity and separate EU type examination certificates must be available.



Abbildung 1  
Figure 1

### 3. Richtlinie 2014/34/EU

#### 3.1 Allgemeines

Die erforderlichen Massnahmen für den Explosionsschutz von elektrischen Begleitheizungssystemen sind abhängig von der jeweiligen Kategorie nach der Richtlinie 2014/34/EU (Zoneneinteilung), der Explosionsgruppe, der Temperaturklasse und der Umgebungstemperatur.

#### 3.2 Anwendungen der Kategorie 2 (Zonen 1 und 21)

Elektrische Begleitheizungssysteme zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen sind elektrische Geräte im Sinne der Richtlinie 2014/34/EU. In vielen Fällen werden bestimmte, für den sicheren Betrieb relevante Eigenschaften, insbesondere die Temperaturklasse, durch die Konstruktion und die Installation bestimmt. Daher müssen beim Inverkehrbringen diese besonderen Bedingungen berücksichtigt werden. Infolgedessen müssen bestimmte besondere Anforderungen an die Installation dieser Produkte gestellt werden. Es ist besonders wichtig, die verantwortliche Person (den Hersteller, den Lieferanten, den Planer) oder den Installateur zu benennen, die sicherstellt, dass das elektrische Begleitheizungssystem den Anforderungen der Richtlinie 2014/34/EU entspricht und somit die Verantwortung eines Herstellers übernimmt. Diese Fragen können nicht eindeutig und umfassend für alle elektrischen Begleitheizungssysteme beantwortet werden, da zwischen spezifischen Ausführungen und Techniken unterschieden werden muss.

Insbesondere ist darauf hinzuweisen, dass EU-Baumusterprüfbescheinigungen, die nur für einzelne Systemkomponenten eines Begleitheizungssystems gelten, unzureichend sind. Da die Temperaturen je nach Art der Wärmekabel und der Installationsbedingungen variieren können, muss jedes System individuell geplant und überprüft werden. Entsprechend der Auslegung muss der Hersteller des Begleitheizungssystems das entsprechende Konformitätsbewertungsverfahren gemäss der Richtlinie 2014/34/EU für elektrische Geräte erfüllen.

### 3. Directive 2014/34/UE

#### 3.1 Généralités

Les mesures requises pour la protection contre l'explosion des systèmes de traçage électrique dépendent de la catégorie correspondante au sens de la directive 2014/34/UE (répartition des zones), du groupe d'explosion, de la classe de température et de la température ambiante.

#### 3.2 Applications de catégorie 2 (zones 1 et 21)

Les systèmes de traçage électrique destinés à être utilisés dans des atmosphères explosibles sont des appareils électriques au sens de la directive 2014/34/UE. Dans de nombreux cas, certaines caractéristiques importantes pour la sécurité d'exploitation, notamment la classe de température, sont déterminées par la conception et l'installation. Par conséquent, ces conditions particulières doivent être prises en compte lors de la mise sur le marché.

Certaines exigences particulières doivent donc être imposées à l'installation de ces produits. Il est particulièrement important de désigner la personne responsable (le fabricant, le fournisseur, le concepteur ou l'installateur) qui veille à ce que le système de traçage électrique satisfasse aux exigences de la directive 2014/34/UE et assume ainsi la responsabilité d'un fabricant. Il n'est pas possible de répondre de manière claire et exhaustive à ces questions pour tous les systèmes de traçage électrique, étant donné qu'il faut faire une distinction entre les conceptions et les techniques spécifiques.

Il convient en particulier de souligner que les attestations d'examen UE de type, qui ne s'appliquent qu'à des composants individuels d'un système de traçage électrique, sont insuffisantes. Les températures pouvant varier en fonction du type de câble chauffant et des conditions d'installation, chaque système doit être planifié et contrôlé individuellement. En fonction de la conception, le fabricant du système de traçage électrique doit respecter la procédure d'évaluation de la conformité correspondante selon la directive 2014/34/UE relative aux appareils électriques.

### 3. Directive 2014/34/EU

#### 3.1 General

The measures required for the explosion protection of electric trace heating systems are dependent on the respective category according to Directive 2014/34/EU (zone classification), the explosion group, the temperature class and the ambient temperature.

#### 3.2 Category 2 applications (Zones 1 and 21)

Electric trace heating systems for use in hazardous areas are electrical equipment as specified in Directive 2014/34/EU. In many cases certain properties that are relevant for the safe operation, in particular the temperature class, are determined by the construction and installation. These special conditions must, therefore, be taken into account when placing such equipment on the market. As a consequence, certain special requirements must also be applied to the installation of the products. It is particularly important to designate the responsible person (the manufacturer, the supplier, the planner or the installer), who ensures that the electric trace heating system meets the requirements of Directive 2014/34/EU and, therefore, takes on the responsibility of a manufacturer. These issues cannot be answered explicitly and comprehensively for all electric trace heating systems, as it is necessary to distinguish between specific versions and techniques.

It is particularly important to point out that the EU type examination certificates are not sufficient, as they only apply for individual system components of a trace heating system. As, depending on the type of heating cable and the installation conditions, the temperatures can vary, each system has to be planned and tested individually. According to the design, the manufacturer of the trace heating system has to fulfil the respective conformity assessment procedure in accordance with Directive 2014/34/EU for electric equipment.



Abbildung 2 EU-Baumusterprüfbescheinigung  
Figure 2 Attestation d'examen UE de type  
Figure 2 EU-Type Examination Certificate

### 3.3 Anwendungen der Kategorie 3 (Zonen 2 und 22)

Gemäss der Richtlinie 2014/34/EU müssen Systeme der Kategorie 3 nicht von einer benannten Stelle zertifiziert werden. Der Hersteller ist jedoch verpflichtet, die in Anhang VIII (Interne Fertigungskontrolle) beschriebenen Module für die Konformitätsbewertung anzuwenden und die Prüfungen gemäss den einschlägigen Normen der Serie EN IEC 60079 durchzuführen. Der Hersteller stellt für das komplette Begleitheizungssystem eine EU-Konformitätserklärung und die technischen Unterlagen zusammen, die eine Bewertung der Konformität mit den Anforderungen der Richtlinie ermöglichen.

### 3.4 Kompetenz

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 Installation 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.

## 4. Betriebsarten der Begleitheizungssysteme

### 4.1 Stabilisierte Betriebsart

Ein elektrisches Begleitheizungssystem muss so ausgelegt sein, dass auch bei einer zu erwartenden Störung die Oberflächentemperatur entsprechend der durch den Betreiber spezifizierten Temperaturklasse begrenzt wird.

#### 4.1.1 Selbstbegrenzende Wärmekabel

Die stabilisierte Betriebsart wird durch den Einsatz von selbstbegrenzenden Wärmekabeln erreicht. Die Auslegung erfolgt entsprechend der Kennlinie und der Systemparameter. Es dürfen nur Anschluss- und Endgarnituren verwendet werden, welche zusammen mit dem Wärmekabel über eine EU-Baumusterprüfbescheinigung für das komplette Begleitheizungssystem verfü-

### 2.3 Applications de catégorie 3 (zones 2 et 22)

Conformément à la directive 2014/34/UE, les systèmes de catégorie 3 ne doivent pas être certifiés par un organisme notifié. Toutefois, le fabricant est tenu d'appliquer les modules d'évaluation de la conformité décrits à l'annexe VIII (Contrôle interne de la production) et d'effectuer les essais conformément aux normes pertinentes de la série EN CEI 60079. Le fabricant établit une déclaration UE de conformité et la documentation technique permettant d'évaluer la conformité du système de traçage électrique complet aux exigences de la directive.

### 3.4 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.

## 4. Modes de fonctionnement des systèmes de traçage électrique

### 4.1 Mode de fonctionnement stabilisé

Un système de traçage électrique doit être conçu de manière à limiter la température de surface en fonction de la classe de température spécifiée par l'exploitant, même en cas de défaillance prévisible.

#### 4.1.1 Câbles chauffants autolimitants

Le mode de fonctionnement stabilisé est obtenu en utilisant des câbles chauffants autolimitants. La conception se fait en fonction de la courbe caractéristique et des paramètres du système. Seules des garnitures de raccordement et d'extrémité disposant, avec le câble chauffant, d'une attestation d'examen UE de type pour l'ensemble du système de traçage électrique peu-

### 3.3 *Category 3 applications* (Zones 2 and 22)

In accordance with Directive 2014/34/EU, Category 3 systems do not have to be certified by a notified body. However, the manufacturer is obliged to apply the modules described in Annex VIII (Internal production control) and to carry out the tests in accordance with the relevant standards of the series EN IEC 60079. The manufacturer compiles an EU declaration of conformity and the technical documents that allow an assessment of the conformity with the requirements of the directive.

### 3.4 *Competence*

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.



Abbildung 3  
Figure 3

## 4. **Operating modes of trace heating systems**

### 4.1 *Stabilized operating mode*

An electric trace heating system must be designed in such a way that, even in the event of an expected malfunction, the surface temperature does not exceed the limits of the temperature class specified by the operator.

#### 4.1.1 Self-limiting heating cables

The stabilized operating mode is achieved by the use of self-limiting heating cables. The design is according to the characteristic and system parameters. Only connection and end fittings for which, together with the heating cable, an EU type examination certificate for the complete system has been issued may be used. In addition to an EU declaration of conformity, an

gen. Im Lieferumfang des Begleitheizungssystems sind neben einer EU-Konformitätserklärung, einer Betriebsanleitung und den Planungsunterlagen auch die Kennzeichnung des Gesamtsystems enthalten.

#### 4.1.2 Stabilisierte Bauart mit geringer Heizleistung

Neben selbstbegrenzenden Begleitheizungssystemen kann die Heizleistung eines Systems so begrenzt werden, dass infolge der geringen Heizleistung unter den ungünstigsten Umgebungsbedingungen die der Temperaturklasse zugeordnete maximale Oberflächentemperatur unter keinen Umständen überschritten werden kann.

#### 4.2 Überwachte Betriebsart

Hier handelt es sich um Anwendungen, welche mit einem Temperaturregler und einem Sicherheitstemperaturbegrenzer ausgerüstet werden, um die maximal zulässige Oberflächentemperatur zu begrenzen. Der Sicherheitstemperaturbegrenzer muss unabhängig vom Temperaturregler arbeiten. Der Sicherheitstemperaturbegrenzer muss so in die Anlage eingebunden werden, dass eine Überschreitung der höchstzulässigen Oberflächentemperatur zuverlässig vermieden werden kann. Beim Ansprechen eines Sicherheitstemperaturbegrenzers oder bei einem Defekt (Fühlerbruch) muss das Begleitheizungssystem stromlos bleiben, bis die Störung oder die defekte Einrichtung behoben ist. Die Einstellung der Nennansprechtemperatur des Sicherheitstemperaturbegrenzers muss entweder in einem explosionsgeschützten Anschlusskasten oder im Elektroraum geschützt erfolgen.

#### 4.3 Erhöhte Temperaturen durch Ausdampfen der Leitungen

Durch das Ausdampfen von Leitungen (Reinigungsprozesse) kann die maximal für das Wärmekabel zulässige Temperatur überschritten werden. Für Leitungen, die mit selbstbegrenzenden Wärmekabeln ausgerüstet sind, ist das Datenblatt für die maximal zulässige Temperatur bei ausgeschaltetem Heizkreis zu konsultieren. Der Halbleiter der selbstbegrenzenden Wärmekabel kann durch zu hohe externe Temperaturen Schaden nehmen.

vent être utilisées. La livraison du système de traçage électrique comprend, outre une déclaration UE de conformité, un mode d'emploi et les documents de planification, le marquage de l'ensemble du système.

#### 4.1.2 Mode de construction stabilisé avec faible puissance de chauffage

En plus des systèmes de traçage électrique autolimitants, la puissance de chauffage d'un système peut être limitée afin que, du fait de sa faible puissance de chauffage, la température maximale de surface attribuée à la classe de température ne puisse en aucun cas être dépassée dans les conditions ambiantes les plus défavorables.

#### 4.2 Mode de fonctionnement stabilisé

Applications équipées d'un régulateur de température et d'un limiteur de température de sécurité afin de limiter la température de surface maximale admissible. Le limiteur de température de sécurité doit fonctionner indépendamment du régulateur de température. Le limiteur de température de sécurité doit être monté dans l'installation de manière à éviter efficacement tout dépassement de la température de surface maximale admissible. En cas de déclenchement d'un limiteur de température de sécurité ou de défaillance (rupture du capteur), le système de traçage électrique doit rester hors tension jusqu'à ce que la défaillance ou le dispositif défectueux soit corrigé. Le réglage de la température nominale de déclenchement du limiteur de température de sécurité doit être effectué soit dans un boîtier de raccordement antidéflagrant, soit dans un local électrique protégé.

#### 4.3 Températures élevées dues à l'évaporation des conduites

L'évaporation des conduites (processus de nettoyage) peut entraîner un dépassement de la température maximale autorisée pour le câble chauffant. Pour les lignes équipées de câbles thermiques autolimités, il convient de consulter la fiche technique pour la température maximale autorisée lorsque le circuit de chauffage est désactivé. Le semi-conducteur des câbles thermiques autolimités peut être endommagé par des températures externes trop élevées.

instruction manual and the design documents, the marking of the complete system is included in the scope of delivery of the trace heating system.

#### 4.1.2 Stabilized operating mode with low heat output

In addition to self-limiting trace heating systems, the heat output of a system can be limited in such a way that, due to the low heat output, under the most unfavourable ambient conditions the maximum surface temperature allocated to the temperature class cannot be exceeded under any circumstances.

#### 4.2 Monitored operating mode

Applications that are fitted with a temperature controller and a safety temperature limiter to limit the maximum permissible surface temperature. The safety temperature limiter must function independent of the temperature controller. The safety temperature limiter must be integrated in the system in such a way that exceeding the maximum permissible surface temperature is reliably prevented. If a temperature limiter responds or in the event of a fault (sensor break), the trace heating system must remain de-energized, until the fault or the defective equipment has been removed. The setting of the rated response temperature of the safety temperature limiter must either be carried out in a protected manner in an explosionproof connection box or in the electric room.

#### 4.3 Increased temperatures due to the steam cleaning of pipelines

As a result of the steam cleaning of pipelines, the maximum permissible temperature of the heating cable can be exceeded. In the case of pipelines fitted with self-limiting heating cables, it is necessary to consult the data sheet for the maximum permissible temperature when the heating circuit is switched off. External temperatures that are too high can damage the semiconductors of the self-limiting heating cables.



Abbildung 4  
Figure 4



Abbildung 5  
Figure 5

## 5. Vorbereitende Arbeiten

### 5.1 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.

### 5.2 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.

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

Die Prüfung der Ventile, der Flansche 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.

### 5.4 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.

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

## 5. Travaux préliminaires

### 5.1 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.

### 5.2 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.

### 5.3 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 installé.

### 5.4 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.

### 5.5 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, 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.

## 5. Preparative work

### 5.1 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.

### 5.2 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).

### 5.3 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.

### 5.4 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.

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

| Projektierung                      |  | thuba<br>THE EXPLOSIONPROOFING COMPANY            |         |  |  |
|------------------------------------|--|---------------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Elektrische Begleitheizungssysteme |  |                                                   | Projekt |                                                                                     |  |
| Kunde                              |  |                                                   | Datum   |                                                                                     |  |
| Sachbearbeiter                     |  |                                                   | Datum   |                                                                                     |  |
| <b>Technische Daten</b>            |  |                                                   |         |                                                                                     |  |
| EU-Baumusterprüfbescheinigung      |  |                                                   |         |                                                                                     |  |
| Zündschutzart                      |  | <input type="checkbox"/> Zone 1                   |         | <input type="checkbox"/> Zone 2                                                     |  |
|                                    |  | Temperaturklasse                                  |         |                                                                                     |  |
| 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                                           |  |
| Umgebungstemperatur [°C]           |  | Aufheizzeit [h]                                   |         |                                                                                     |  |
| Bernimmungsspannung [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> ]               |         |                                                                                     |  |
|                                    |  | spez. Wärme [kJ/kg K]                             |         |                                                                                     |  |
|                                    |  | Schmelzwärme [kJ/kg]                              |         |                                                                                     |  |
| Rohre/Behälter                     |  | spez. Gewicht [kg/dm <sup>3</sup> ]               |         |                                                                                     |  |
|                                    |  | spez. Wärme [kJ/kg K]                             |         |                                                                                     |  |
| <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]               |  |                                                   |         |                                                                                     |  |
| Ausgabe August 2025                |  |                                                   |         |                                                                                     |  |
| Copyright                          |  |                                                   |         |                                                                                     |  |
| Form CH 3.1.13                     |  |                                                   |         |                                                                                     |  |
| thuba AG                           |  |                                                   |         |                                                                                     |  |
| CH-4123 Allschwil                  |  |                                                   |         |                                                                                     |  |

Abbildung 6 (Seite 66)  
Figure 6 (Page 68 and 70)

## 6. Installation der Begleitheizung

### 6.1 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 7). 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 und 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.

### 6.2 Prüfung der Rohrleitungen und der 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.

### 6.3 Modifikationen (falls erforderlich)

Beim Erkennen von Differenzen zwischen der Planung und der Ausführung müssen Modifikationen zwangsläufig zu Änderungen der Wärmekabellängen und im Extremfall zu zusätzlichen Heizkreisen führen. Beispielsweise könnte für einen vorgegebenen Sicherungsautomaten ein maximal zulässiger Anlaufstrom bei selbstbegrenzenden Wärmekabeln durch eine bevorste-

## 6. Montage du chauffage d'accompagnement

### 6.1 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. 7). 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.

### 6.2 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.

### 6.3 Modifications (si nécessaires)

Si l'on constate des différences entre les plans établis et l'exécution, des modifications de la

## 6. Installation of trace heating systems

### 6.1 Coordination

Work on the installation of the trace heating system should not commence until all pipes, containers, flanges and fittings have been subjected to a pressure test and all the associated instruments have been installed. The surface of the pipes and containers or fittings, to which the trace heating system is to be mounted, shall be free from rust, fat, oil or cement (Figure 7). 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 containers, 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.

### 6.2 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.

### 6.3 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, to additional heating circuits. For example, in the case of self-limiting heating cables a maximum permissible starting current for a given miniature

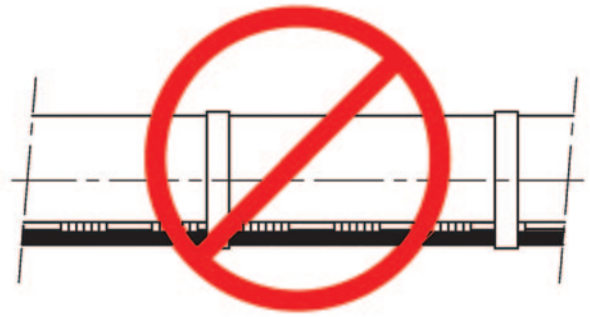


Abbildung 7  
Figure 7



Abbildung 8  
Figure 8

hende Längenänderung der zu installierenden Kabel überschritten werden.

### 6.5 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.

### 6.6 Installation der Begleitheizung 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.

#### 6.6.1 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.

#### 6.6.2 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 9).

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

langueur des câbles chauffants deviennent inévitables. Dans les cas extrêmes, des circuits 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.

### 6.5 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.

### 6.6 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.

#### 6.6.1 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.

#### 6.6.2 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. 9).

Dans un tel cas, il est nécessaire de prévoir deux circuits indépendants de chauffe et de

circuit breaker could be exceeded due to changes to the length of the cable to be installed.

### 6.5 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.

### 6.6 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.

#### 6.6.1 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.

#### 6.6.2 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 9).

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



Abbildung 9  
Figure 9

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.

### 6.6.3 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.

#### 6.6.3.1 Horizontal verlegte Rohre

Bei horizontal verlegten Rohren werden die Wärmekabel in der unteren Hälfte des Rohres (Abbildung 10) 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.

#### 6.6.3.2 Vertikal verlegte Rohre

Bei vertikal verlegten Rohren wird das Wärmekabel am Rohrumfang (Abbildung 11) verteilt. Durch die Verteilung wird eine möglichst gleichmässige Beheizung ermöglicht.

### 6.6.4 Wärmekabel 3-fach parallel verlegt

Bei sehr langen Leitungen mit konventionellen Wärmekabeln können diese 3-fach parallel verlegt werden. Eine Sternschaltung hat in diesem Fall den grossen Vorteil, dass bei einem Defekt eines einzelnen Wärmekabels immer noch 50% der installierten Leistung zur Verfügung stehen. Sieht man von den wenigen Tagen mit extremen Tieftemperaturen ab, kann ein Notbetrieb über einige Tage hinweg aufrecht erhalten werden.

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.

### 6.6.3 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.

#### 6.6.3.2 Pose horizontale des conduites

Lors d'une pose parallèle des conduites, les câbles chauffants sont montés sur la moitié inférieure des tubes (fig. 10). 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.

#### 6.6.3.2 Pose verticale des conduites

Lors d'une pose verticale des conduites, les câbles chauffants sont montés tout autour des tubes (fig. 11). Cette répartition permet une distribution régulière de la chaleur.

### 6.6.4 Câbles chauffants posés 3 fois en parallèle

En cas de très longues lignes avec des câbles chauffants conventionnels, ceux-ci peuvent être posés 3 fois en parallèle. Dans ce cas, un rac-

capacity is then used as a basis for the calculation of the required insulation thickness for the other pipe diameters.

### 6.6.3 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.

#### 6.6.3.1 Horizontal pipes

In the case of horizontal pipes, heating cables are installed along the lower half of the pipe (Figure 10). 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 spread upwards.

#### 6.6.3.2 Vertical pipes

In the case of vertical pipes, the heating cables are distributed evenly around the pipe circumference (Figure 11). This allows the heat to be distributed as evenly as possible.

### 6.6.4 3-fold parallel laying of heating cables

In the case of very long pipelines with conventional heating cables, the cables can be laid 3-fold parallel to each other. In this case, a star connection has the big advantage that, in the event of the failure of one heating cable, 50% of the installed output is still available. Not counting the few days with extremely low temperatures, an emergency operation can be maintained for several days.

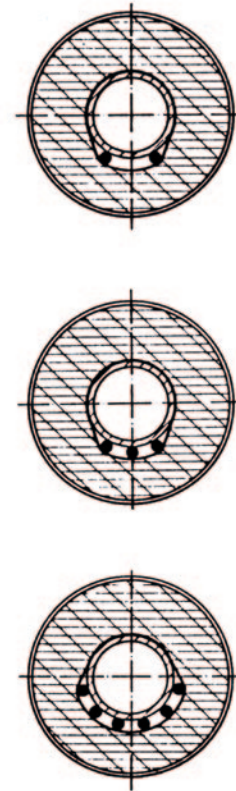


Abbildung 10  
Figure 10

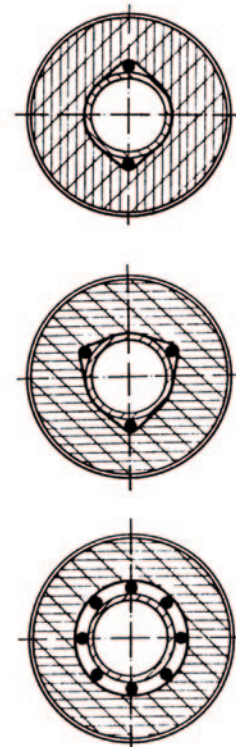


Abbildung 11  
Figure 11

### 6.6.5 Spiralförmige Verlegung des Wärmekabels

Die spiralförmige Verlegung 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 ( $\text{Watt/cm}^2$ ) bezüglich der Rohroberfläche installiert werden müssen. Die spiralförmige Montage ergibt sich dann dadurch, dass die maximal zulässige Belastung des Wärmekabels nicht überschritten werden darf. In diesen Fällen sind meistens kurze Rohrstücke vorhanden, so dass die Erschwernisse bei den Unterhaltsarbeiten nicht in demselben Masse ins Gewicht fallen wie bei langen Leitungen.

### 6.6.6 Beheizte Schläuche

Schläuche dienen als flexible Verbindungen zwischen 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 spiralförmig (Abbildung 12) installiert. Durch einen geringen Wickelabstand kann die optimale Restflexibilität sichergestellt werden. Empfehlenswert 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.

### 6.6.7 Verlegung an Flanschen

Wegen der grösseren Masse von Flanschen sollen diese mit einer zusätzlichen Schlaufe unterschiedlicher Länge entsprechend der Anwendungstemperatur beheizt werden (Abbildung 13). Die Schlaufe wird wie das Wärmekabel am Rohr mit einem wärmebeständigen Klebband befestigt. Dieses kann bei Unterhaltsarbeiten oder bei der Auswechslung einzelner Rohrab-

cordement en étoile présente le grand avantage qu'en cas de défaillance d'un seul câble chauffant, 50% de la puissance installée est toujours disponible. Si l'on fait abstraction des quelques jours de températures extrêmement basses, un fonctionnement de secours peut être maintenu pendant quelques jours.

### 6.6.5 Pose en spirale des câbles chauffants

La pose en spirale des câbles chauffants 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 ( $\text{watts/cm}^2$ ) 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 complications des travaux d'entretien ne sont pas si importants que pour les conduites de longue portée.

### 6.6.6 Tuyaux flexibles chauffés

Des tuyaux flexibles servent au raccordement souple de deux conduites fixes ou au remplissage de véhicules et de conteneurs. Selon l'application, 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. 12). La flexibilité optimale 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.

### 6.6.7 Pose de flasques

En raison de la masse plus importante des flasques, ces dernières doivent être chauffées

#### 6.6.5 Spiral installation of heating cables

The spiral installation of heating cables should only be used as little as possible 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 ( $\text{W}/\text{cm}^2$ ) are required. The spiral installation method is used here as the maximum permissible 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 12  
Figure 12

#### 6.6.6 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 12). 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.

#### 6.6.7 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 13). Like the trace heating cable, the loop is affixed with a heat-resistant adhesive tape. This can be removed at any time and re-attached 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.

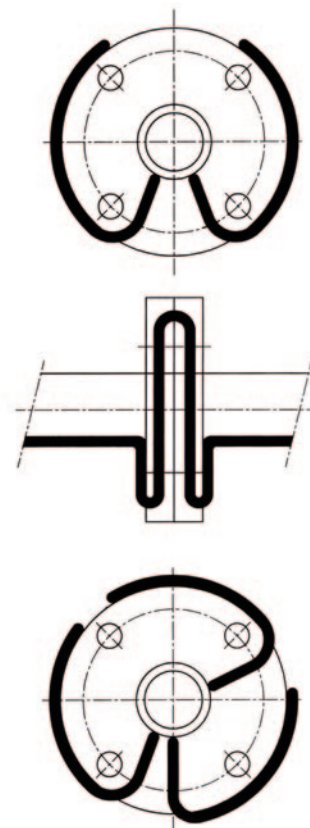


Abbildung 13  
Figure 13

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            |

Tabelle 1 Verlegung an Flanschen

#### 6.6.8 Verlegung an 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 14 und 15 zeigen die Beheizung und deren Befestigung.

au moyen d'une boucle supplémentaire de longueur différant selon la température d'application (fig. 13). La boucle ainsi que le câble chauffant 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                |

Tabelle 1

#### 6.6.8 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 14 et 15 illustrent le chauffage et le genre de fixation.

| 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               |

Table 1

### 6.6.8 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. However there are some self-limiting heating cables 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 14 and 15 show the heating loop and how to fix it.

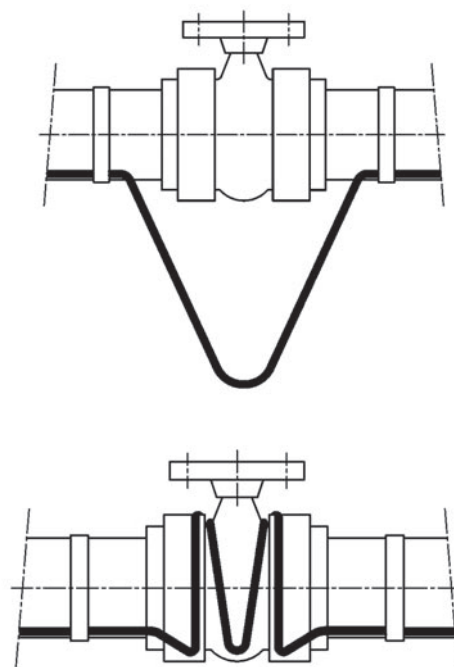


Abbildung 14  
Figure 14

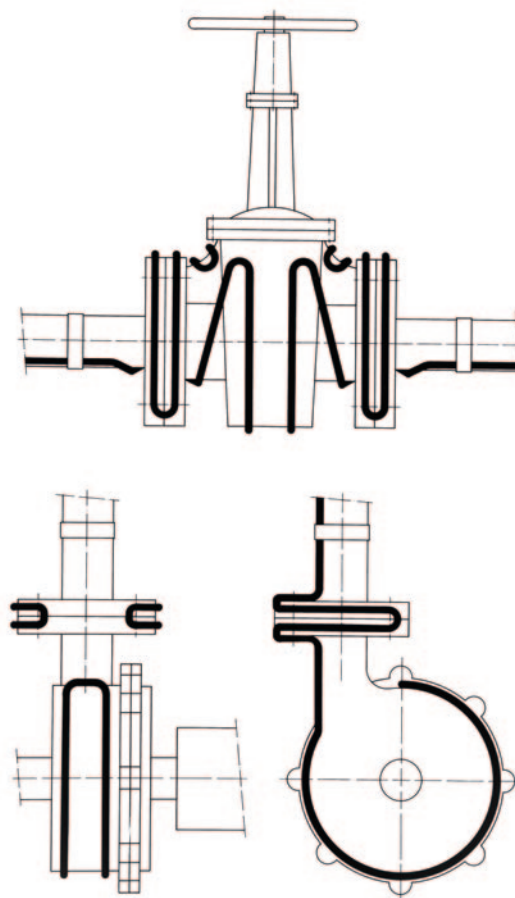


Abbildung 15  
Figure 15

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

Tabelle 2 Verlegung an Armaturen

#### 6.6.9 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 Wetterschutzblech eingeführt werden (Abbildung 16).

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

#### 6.6.10 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 Ver-

| Diamètre du tube<br>DN |     | 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 |

Tabelle 2

#### 6.6.9 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. 16).

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 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.

#### 6.6.10 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

| Pipe diameter |          | Additional length<br>per valve<br>(m) |
|---------------|----------|---------------------------------------|
| DN            | mm       |                                       |
| 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                                   |

Table 2

#### 6.6.9 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 16). 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 cable gland or its extension will safeguard the heating cable against damage and stress.

#### 6.6.10 Special considerations for plastic pipes

In the case of plastic pipes, the permissible 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 permissible 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.

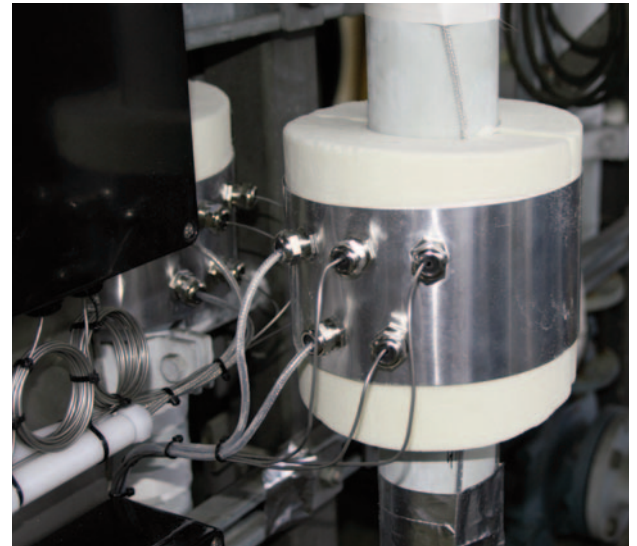


Abbildung 16  
Figure 16

wendung 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 17) verbessert werden kann. In diesem Zusammenhang sind die Datenblätter der selbstbegrenzenden Wärmekabel zu konsultieren.

#### 6.6.11 Verlegung in Schutzrohre

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

### 6.7 *Installation der Begleitheizung an Behälter und Tanks*

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

#### 6.7.1 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.

#### 6.7.2 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 19).

#### 6.7.3 Befestigung mittels angeschweisster Rohrstücke

Bei grossen Tanks und Behältern kann das Wärmekabel auch mittels angeschweisster Rohrstücke angebracht werden. Nach Abbildung 18 werden oben und unten Rohrstücke (beispielsweise mit einem Durchmesser von 25x20 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

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. 17). Il est indiqué à cet effet de consulter les fiches de données des câbles chauffants autolimités.

#### 6.6.11 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.

### 6.7 *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.

#### 6.7.1 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.

#### 6.7.2 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. 19).

#### 6.7.3 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 18 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 doi-

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 17). The data sheets of the self-limiting heating cables should be consulted in this case.

#### 6.6.11 Installation in conduit

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

### 6.7 Mounting of heating cables on tanks

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

#### 6.7.1 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.

#### 6.7.2 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 19).

#### 6.7.3 Fixing with welded-on studs

In the case of large tanks and vessels, the heating cable can also be affixed by means of welded-on studs. As shown in Figure 18, studs (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 studs 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.

In the case of large tanks and containers, 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.



Abbildung 17  
Figure 17



Abbildung 18  
Figure 18

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.

#### 6.7.4 Beheizungen mit 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 Chromstahlflecht) am Behälter zugeschnitten und angepasst, anschliessend in der Werkstatt mit einer einheitlichen spezifischen Belastung pro Flächeneinheit mit Wärmekabeln ausgerüstet (Abbildung 20).

#### 6.7.5 Beheizung von 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, entweder Rohrstücke oder einen Reifen am Behälterboden anzubringen und das Wärmekabel direkt zu befestigen.

#### 6.7.6 Rechteckige Behälter und Container

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.

#### 6.7.7 Lagercontainer und Behälter mit flüssigen 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

vent 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.

#### 6.7.4 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. 20).

#### 6.7.5 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, soit de monter des tronçons de conduite, soit un anneau au fond du récipient et d'y fixer directement le câble chauffant.

#### 6.7.6 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.

#### 6.7.7 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

#### 6.7.4 Heating systems using prefabricated heating mats

In some cases, depending upon the type of container, 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 container. Then it is sent to the workshop and fitted with heating cables with a uniform specific load per unit area (Fig. 20).

#### 6.7.5 Domed ends

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 is to weld studs or a hoop to the bottom of the container and attach the heating cable directly.

#### 6.7.6 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.

#### 6.7.7 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 increase in wall temperature.



Abbildung 19  
Figure 19

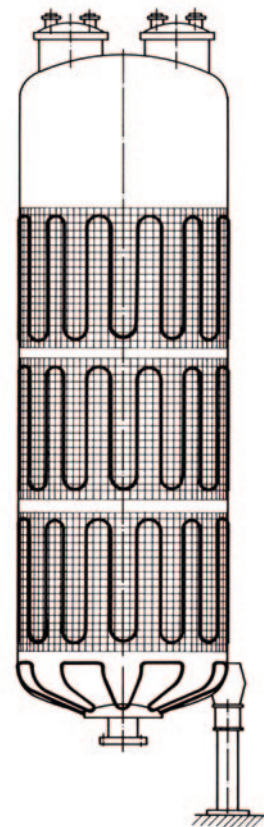


Abbildung 20  
Figure 20

(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 Anstiegs der Wandtemperatur automatisch abgeschaltet.

## 6.8 Anschluss

### 6.8.1 Allgemeines

Nach der Installation der Wärmekabel müssen die Anschlüsse sorgfältig ausgeführt werden. Die Anschlüsse bestehend aus kompletten Anschlusssets oder Anschlusskästen und 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.

### 6.8.2 Anschlussset

Ein Anschlussset enthält normalerweise sämtliche Komponenten, welche für das Konfektionieren der Anschlüsse der Wärmekabel notwendig sind. Neben den einzelnen Komponenten wie Pressverbindern, Schrumpfschläuchen und der Instruktion werden oft passende Leitungs- und Kabeleinführungen mitgeliefert. Diese sind so auf die Wärmekabel abgestimmt (Dimension und Einsatztemperatur), dass die spezifizierte IP-Schutzart beim bestimmungsgemässen Gebrauch gewährleistet werden kann.

### 6.8.3 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 Sicherheitstempereaturbegrenzer eingebaut werden. Anschlusskästen, die bezüglich Klemmen und Temperaturüberwachung für einen einzigen Heizkreis ausgelegt sind, erleichtern erheblich die Inspektions- und die Unterhaltsarbeiten. Beim direkten Einführen der Wärmekabel muss

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.

## 6.8 Connexions

### 6.8.1 Généralités

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.

### 6.8.2 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 garniture 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).

### 6.8.3 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 anti-déflagrantes avec commutateurs et composants

## 6.8 Connections

### 6.8.1 General

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.

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

### 6.8.3 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.

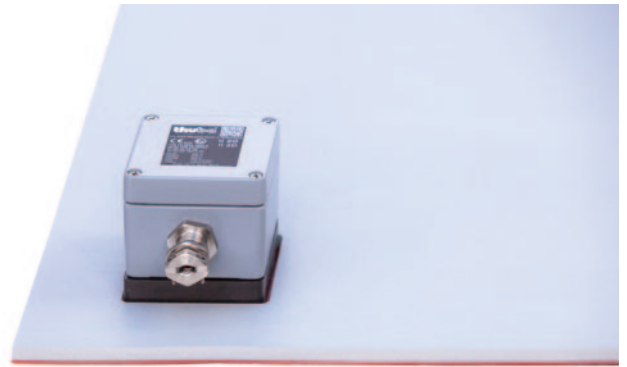


Abbildung 21 Flexible Heizmatte FHD  
Figure 21 Chauffage flexible  
Figure 21 Flexible heating device



Abbildung 22 Anschlussset  
Figure 22 Garniture de connexion  
Figure 22 Connection kit

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, Hotspot) entsprechend der jeweiligen Temperaturklasse vom Hersteller gewährleistet werden.

### 6.9 Installation der Temperatursensoren

Die Installation der Temperatursensoren von Temperaturreglern und Sicherheitstemperaturbegrenzern erfolgt in Abschnitt 10.

### 6.10 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 V DC gemessen werden. Empfohlen wird jedoch, höhere Prüfspannungen von 1000 V DC anzuwenden. Mineralisierte Metallmantelwärmekabel sollten bei einer Spannung von höchstens 1000 V DC geprüft werden. Der gemessene Isolationswiderstand darf nicht kleiner als 20 MΩ sein.

### 6.11 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.

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.

### 6.9 Installation des capteurs de température

Le montage des capteurs des régulateurs et des limiteurs de température de sécurité doit être effectué conformément au chapitre 10 ci-après.

### 6.10 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 V DC au minimum. Une tension plus élevée, soit de 1000 V DC est néanmoins recommandée. Les câbles chauffants à gaine métallique et à isolation minérale doivent être testés à une tension maximale de 1000 V DC. La résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à 20 MΩ.

### 6.11 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.

### 6.9 Installation of temperature sensors

The installation of temperature sensors of temperature controllers and safety temperature limiters shall be carried out according to Section 10.

### 6.10 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 V DC test voltage. However, it is strongly recommended that higher test voltages of 1000 V DC be used.

Mineral insulated, metal sheath heating cables should be tested at a voltage of max. 1000 V DC. The measured insulation resistance shall not be less than 20 MΩ.

### 6.11 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.



Abbildung 23  
Figure 23

## 7. Elektrische Prüfungen vor dem Isolieren

### 7.1 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 eventuell gequetscht wird.

Zusätzlich sollte die Aufmerksamkeit auf eventuelle 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.

### 7.2 Elektrische Zwischenkontrollen

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

#### 7.2.1 Prüfung der Isolationsfestigkeit

Vor dem Anbringen der Wärmedämmung soll die Wärmekabelbeheizung einer Isolationsprüfung unterzogen werden. Der mit 500 V DC 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 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.

## 7. Contrôles électriques avant l'isolation

### 7.1 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.

### 7.2 Contrôle électrique intermédiaire

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

#### 7.2.1 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 V DC 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 M $\Omega$ .

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

## 7. Electrical checks prior to applying insulation

### 7.1 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.

### 7.2 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.

#### 7.2.1 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 V DC 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.



Abbildung 24  
Figure 24

### 7.2.2 Prüfung des Schutzleitersystems

Durch Sichtprüfung ist festzustellen, ob das Schutzleitersystem den Anforderungen entspricht, das heisst, ob alle Wärmekabel, Anschluss- und Endabschlusssdosen 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.

### 7.3 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.

### 7.2.2 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 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  $0,1 \Omega$ .

### 7.3 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.

### 7.2.2 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 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  $0.1 \Omega$ .

### 7.3 *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.



Abbildung 25  
Figure 25

## 8. Thermische Isolation

### 8.1 Aufbau der Isolationen

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 26).

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.**

### 8.2 Prüfung der Isolation gemäss den Berechnungsgrundlagen

#### 8.2.1 Isolationsmaterial

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.

#### 8.2.2 Dicke der Isolation

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
- Mechanische Eigenschaften

## 8. Isolation thermique

### 8.1 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. 26).

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.**

### 8.2 Contrôle de l'isolation selon spécifications

#### 8.2.1 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.

#### 8.2.2 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

## 8. Thermal insulation

### 8.1 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 26).

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 must not be cut to size on the installed object. This would almost inevitably result in damage to the heating cable.**

### 8.2 Checking of insulation in accordance with specifications

#### 8.2.1 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.

#### 8.2.2 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
- chemical compatibility and corrosion resistance
- moisture resistance
- health risks during installation
- fire resistance

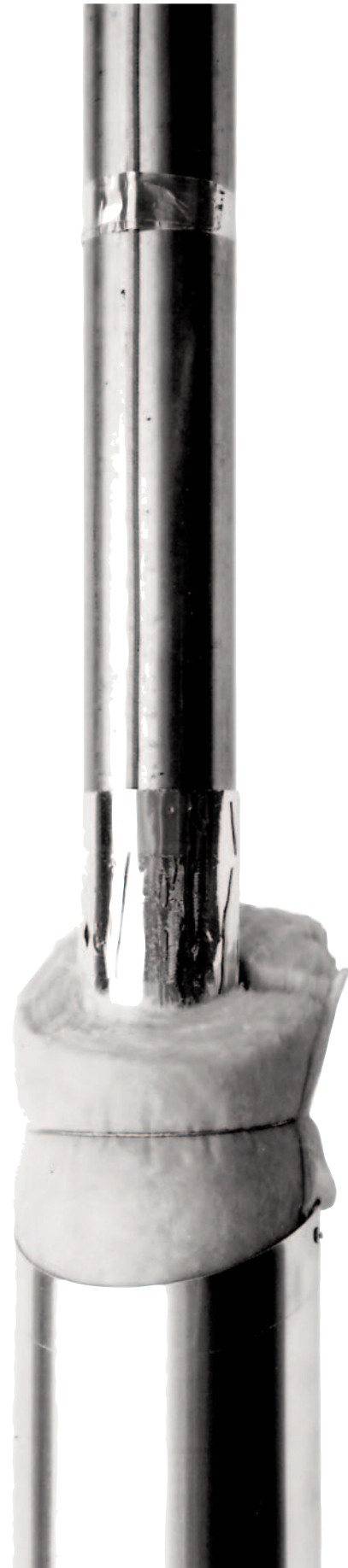


Abbildung 26  
Figure 26

- 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.

### 8.2.3 Eindringen von Feuchtigkeit

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.

#### 8.2.3.1 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.

### 8.3 Rohrisolationen

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

#### 8.4 Isolationen von Flanschen, Ventilen und Armaturen

Die Isolation von Flanschen und Armaturen ist gegenüber der Rohrisolation nicht weniger wich-

- charakteristischen mechaniques
- 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.

### 8.2.3 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.

#### 8.2.3.1 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.

### 8.3 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.

- 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.

### 8.2.3 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.

#### 8.2.3.1 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.

### 8.3 Pipe insulation

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

#### 8.4 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, it is particularly important to insulate flanges and fittings with an easily removable cap (Figure 28). This cap shall have at least the same thickness as the insulation for the pipe.



Abbildung 27  
Figure 27



Abbildung 28  
Figure 28

fig. Wegen der grösseren Abstrahlfläche 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 28) isoliert werden, welche in der Isolationsstärke mindestens gleichwertig ist.

### 8.5 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.

### 8.6 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.

### 8.4 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 température 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. 28), ce dernier devant offrir une capacité d'isolation au moins égale.

### 8.6 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.

### 8.6 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.

### 8.6 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.

### 8.6 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.



Abbildung 29  
Figure 29

## 9. Elektroinstallation

### 9.1 Erstellen der Anschlüsse nach Herstelleranweisungen

#### 9.1.1 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 ausbrechbaren 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.

#### 9.1.2 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 30) 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.

#### 9.1.3 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 31). 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

## 9. Installation électrique

### 9.1 Confection des connexions selon les instructions du fabricant

#### 9.1.1 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.

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.

#### 9.1.2 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. 30) 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.

#### 9.1.3 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. 31). 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

## 9. Electrical installation

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

#### 9.1.1 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.

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.

#### 9.1.2 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 30) 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 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.

#### 9.1.3 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 31). 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.

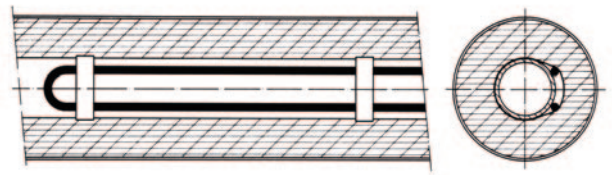


Abbildung 30  
Figure 35



Abbildung 31  
Figure 31

einfachere Kontrolle der Elektroinstallation vorgenommen werden, da das Wärmekabel-Ende nie unter der Isolation gesucht werden muss. Aufgrund der auftretenden Temperaturverhältnisse und der Selbstbegrenzung dürfen selbstbegrenzende Wärmekabel direkt bis auf die Klemmen in der Anschlussdose geführt werden.

#### 9.1.4 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)
- die Buchstabenfolge PE
- die Zwei-Farben-Kombination Gelb-Grün

### 9.2 Schutzmassnahmen

#### 9.2.1 Fehlerstromschutzeinrichtung und Isolationsüberwachung (EN IEC 60079-14:2024, Abschnit 6.8)

Zur Begrenzung der Erwärmung infolge anomaler Erdschluss- und Erdableitströme muss zusätzlich zum Überstromschutz folgende Schutzeinrichtung installiert sein:

- In einem TT- oder TN-System muss eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) (Abbildung 32) verwendet werden, deren Bemessungs-Ansprech-Fehlerstrom 100 mA nicht überschreitet. Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit einem Bemessungs-Ansprech-Fehlerstrom von 30 mA sind vorzuziehen.
- 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 mineralisierten Wärmekabeln geboten, da die Anschlusstechnik besonders anfällig auf das Eindringen von Feuchtigkeit ist.

#### 9.2.2 Überstromschutzeinrichtung

Der Nennauslösestrombereich des Überstromschutzes ist auf den Nennstrom der Heizeinrichtung abzustimmen wie auf dem Typenschild bzw. wie in der Spezifikation der Heizeinrichtung

être amenés directement jusqu'aux bornes de la boîte de connexion.

#### 9.1.4 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

### 9.2 Mesures de protection

#### 9.2.1 Disjoncteur de sécurité par courant de défaut et surveillance de l'isolation (EN IEC 60079-14:2008 chap. 6.8)

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 32) 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.
- 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.

#### 9.2.2 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

#### 9.1.4 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

#### 9.2 Protective measures

##### 9.2.1 Earth-leakage circuit breakers and insulation monitoring (IEC 60079-14:2024 Clause 6.8)

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 32) 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.
- 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.

##### 9.2.2 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 33).

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



Abbildung 32 Fehlerstromschutz  
Figure 32 Disjoncteur différentiel  
Figure 32 Residual current device



Abbildung 33 Leistungsschutzschalter  
Figure 33 Disjoncteur de protection  
Figure 33 Circuit breaker

angegeben. Vorzugsweise wird eine Auslösecharakteristik C (Abbildung 33) gewählt.

Bei der Auswahl von Sicherungsautomaten ist vor allem bei selbstbegrenzenden Wärmekabeln die Charakteristik zu beachten. Selbstbegrenzende Wärmekabel weisen in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur einen Anlaufstrom auf. Bei der Dimensionierung müssen deshalb sowohl die Einschalttemperatur als auch die installierte Kabellänge berücksichtigt werden. Die maximalen Einschaltströme und die zugehörigen Überstromschutzmassnahmen sind den Datenblättern der Wärmekabelhersteller zu entnehmen.

### 9.3 Isolationsprüfung

Nach der Fertigstellung der Begleitheizung soll die Installation einer Isolationsprüfung unterzogen werden. Der mit 500 V DC 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 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, 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.

aux caractéristiques de déclenchement du type C (figure 33).

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.

### 9.3 Contrôle de la rigidité diélectrique ???

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 V DC, 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 MΩ.

Dans la pratique, la résistance de l'isolation présente une valeur se situant entre 50 et 100 MΩ.

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.

data sheets supplied by the manufacturer of the heating cable for the maximum switching-on currents and the associated overcurrent protection measures.

### 9.3 *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 DC, 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.

## 10. Temperaturregelung, -überwachung und -begrenzung

### 10.1 Allgemeines

Temperaturregler (Abbildung 34) halten in Abhängigkeit von 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 34) 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.

#### 10.1.1 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  $\pm 2$  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.

## 10. Thermorégulation, contrôle et limitation de la température

### 10.1 Généralités

Les thermorégulateurs (fig. 34) 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. 34) 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.

#### 10.1.1 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.  $\pm 2$  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.

## 10. Temperature control, monitoring and limitation

### 10.1 General

Temperature controllers (Figure 34) 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 34) 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 must never reset automatically after being activated.

#### 10.1.1 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  $\pm 2$  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 the heater on as soon as the temperature at any section measuring 300 mm falls below the set temperature.

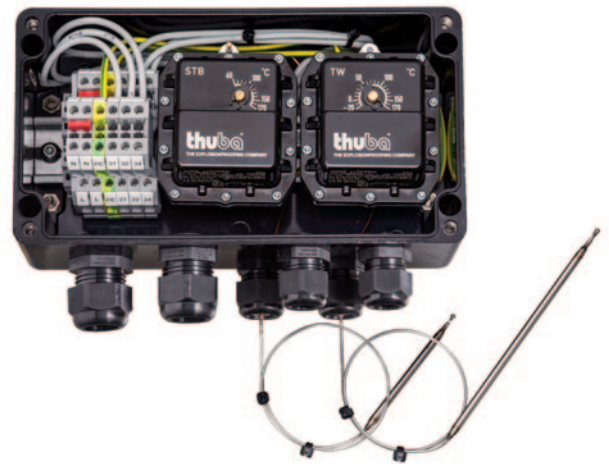


Abbildung 34 Temperaturüberwachungssystem  
Figure 34 Système de surveillance de la température  
Figure 34 Temperature monitoring system

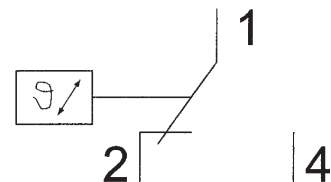


Abbildung 35 Anschlussschema  
Klemme 1: Eingang Phase  
Klemme 2: Heizen (Ausgang Phase)  
Klemme 4: Kühlen (Ausgang Phase)

Figure 35 Schéma de connexion  
Borne 1: entrée phase  
Borne 2: sortie phase chauffage  
Borne 4: sortie phase refroidissement

Figure 35 Connection diagram  
Terminal 1: input phase  
Terminal 2: output phase to heater  
Terminal 4: output phase to cooler

### 10.1.2 Selbstbegrenzende Wärmekabel

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.

Not- und Augenduschen müssen zwingend mit Thermostaten ausgerüstet werden, damit Verbürhungen 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 (maximale Oberflächentemperatur begrenzt) des Wärmekabels kann auf einen Sicherheitstemperaturbegrenzer verzichtet werden.

### 10.1.3 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 maximal zulässigen Oberflächentemperatur durch eine thermische Stückprüfung nachgewiesen werden kann.

### 10.1.2 Câbles chauffants autolimités

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.

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.

### 10.1.3 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.

### 10.1.2 Self-limiting heating cables

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.

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.

### 10.1.3 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.



Abbildung 36

Figure 36

Figure 35

Selbstbegrenzende Wärmekabel

Câbles chauffants autolimités

Self-limiting heating cables

## 10.2 Geräteauswahl

### 10.2.1 Sicherheitstemperaturbegrenzer

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

Für die Temperaturbegrenzung gelten die folgenden Forderungen (SIL 2):

| Elektromechanischer Sicherheitstemperaturbegrenzer  | Prozessorgesteuerter Sicherheitstemperaturbegrenzer                                  |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Rückstellung nur mit Werkzeug (A)                   | Rückstellung nur mit User-Code                                                       |
| Rückstellung von Hand (B)                           | Rückstellung nur durch autorisiertes Personal im Elektroraum                         |
| 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%                                                               |

Tabelle 3: Sicherheitstemperaturbegrenzer

Der Sicherheitstemperaturbegrenzer hat die Aufgabe, ein Überschreiten der maximalen Oberflächentemperatur (gemäß EN IEC 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 (gegebenenfalls Anbringen an einem «Hotspot») dem Wunsch nach möglichst geringen Verkabelungskosten (Nähe zur Einspeisung) gegenüberzustellen.

## 10.2 Sélection des appareils

### 10.2.1 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 (SIL 2):

| 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%                                                              |

Tableau 3: 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 EN IEC60079-0) 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 mesurage, 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 mesurage, 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).

## 10.2 Selection of apparatus

### 10.2.1 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 IEC 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 (SIL 2):

| 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%                                                                |

Table 3: Safety temperature limiters

The purpose of the safety temperature limiters is to prevent an overstepping of the maximum surface temperature (in accordance with IEC 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 length of the sensor shall be as short 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:



Abbildung 37 Sicherheitstemperaturbegrenzer

Figure 37 Limiteurs de température de sécurité

Figure 37 Safety temperature limiters

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

### 10.3 Anordnung der Fühler des Temperaturbegrenzers

Je nach Anordnung der Wärmekabel wird die Installation der Fühler gewählt. Die Abbildung 38 zeigt typische Orte für die Montage von Temperaturfühlern. Dabei ist zu berücksichtigen, 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.

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

### 10.3 Disposition des capteurs du limiteur de température

Les capteurs sont répartis selon la disposition des câbles chauffants. La figure 38 illustre les emplacements typiques de montage des capteurs de température. Il faut veiller à ce que les 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.

- 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.

### 10.3 Arrangement of the temperature limiter sensors

The installation of sensors is selected according to the layout of the heating cables. Figure 38 shows the typical positions for mounting temperature sensors. Here it is necessary to bear in 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 1/3 of the overall length. It is important to ensure thermal contact between the sensor and the pipe.

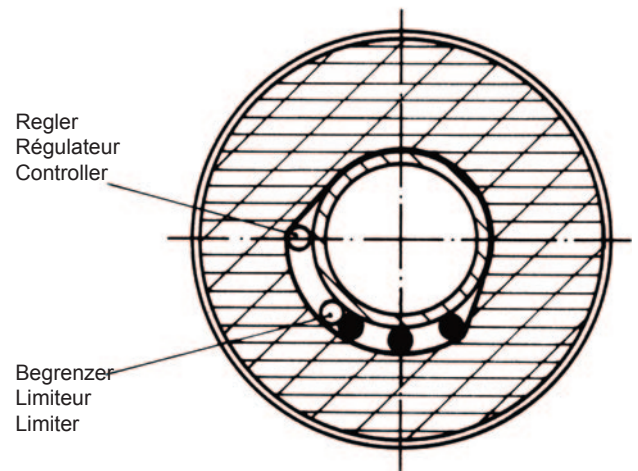


Abbildung 38 Anordnung der Fühler des Temperaturbegrenzers  
Figure 38 Disposition des sondes des limiteurs de température  
Figure 38 Position of the sensor of the temperature limiter

### 10.3.1 Sicherheitstemperaturbegrenzer am Werkstück

Auch bei dieser Methode wird der Temperaturfühler an der Heizleitung (Abbildung 39) 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 Heisstellentemperatur 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.

### 10.3.2 Künstliche Heissstelle

Hier wird durch Anbringen einer Wärmedämmung zwischen Heizleitung und zu beheizender Oberfläche eine künstliche Heissstelle (Abbildung 40) 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.

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.

Diese Abweichung ist von der Masse des Fühlers im Verhältnis zu der Masse der Heizleitung

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

Dans cette méthode également, le capteur est fixé au conducteur chauffant (fig. 39). 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.

### 10.3.2 Künstliche Heissstelle

L'apport d'une isolation thermique entre le conducteur chauffant et la surface à chauffer crée un point chaud artificiel (fig. 40) 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.

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.

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.

### 10.3.1 Safety temperature limiters on the work-piece

With this method the temperature sensor is also affixed to the trace heater (Fig. 39), 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.

### 10.3.2 Artificial hot spots

Here an artificial hot spot (Fig. 40) 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.

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.

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.

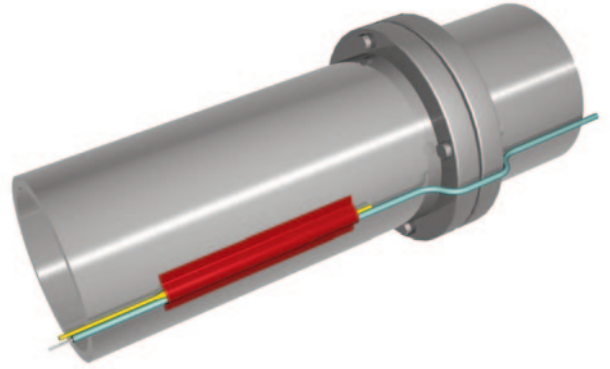


Abbildung 39 Sicherheitstemperaturbegren-  
zer am Werkstück  
Figure 39 Limiteurs de température de  
sécurité à la pièce d'œuvre  
Figure 39 Safety temperature limiters on  
the workpiece

(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.

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.

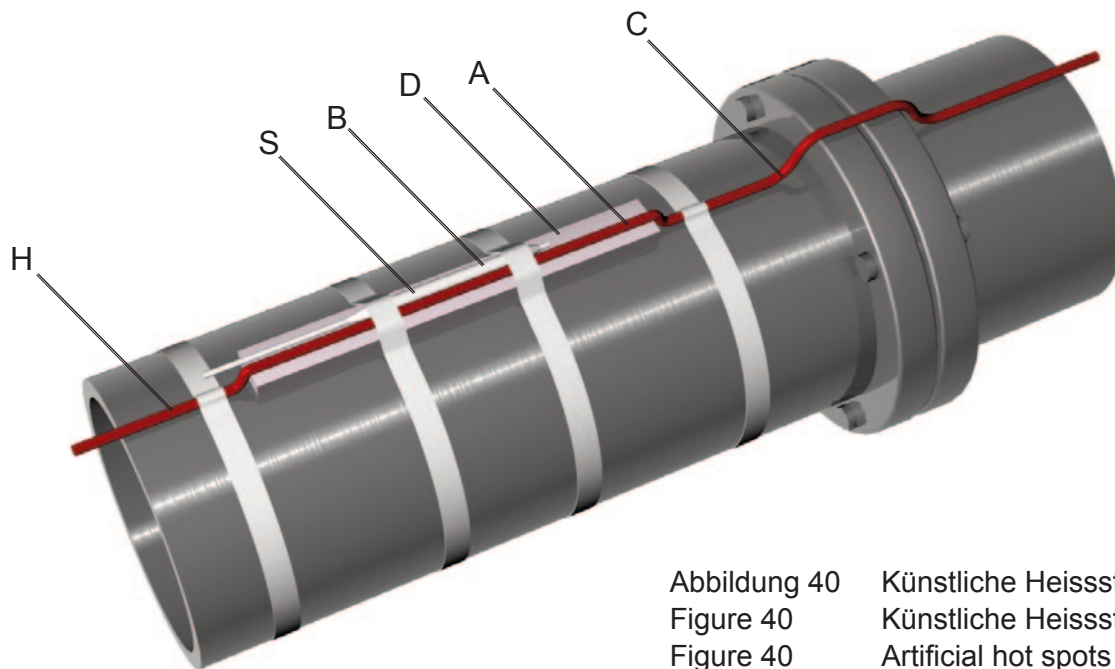


Abbildung 40 Künstliche Heissstelle  
Figure 40 Künstliche Heissstelle  
Figure 40 Artificial hot spots

## 10.4 Temperaturregler

### 10.4.1 Minimal-/Maximaltemperaturen

In Abhängigkeit vom Produkt 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.

## 10.4 Thermorégulateurs

### 10.4.1 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.

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.

| Legende                                                                                                  | Légende                                                                   | Key                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| H Begleitheizung                                                                                         | <i>résistance de traçage</i>                                              | trace heater                                               |
| S Temperaturfühler                                                                                       | sonde de température                                                      | temperature sensor                                         |
| A Temperatur einer künstlichen Heisstelle                                                                | température du point chaud artificiel                                     | temperature of artificial hot spot                         |
| B Temperatur an der Messstelle                                                                           | température au point de mesure                                            | temperature at measurement point                           |
| C Stelle mit schlechter Wärmekoppelung (charakteristischer heisser Punkt z.B. an Flanschen und Ventilen) | point ayant un couplage thermique faible (point chaud caractéristique)    | point with poor thermal coupling (characteristic hot spot) |
| D Wärmedämmung zwischen Begleitheiz-element und beheizter Oberfläche                                     | isolation thermique entre la résistance de traçage et la surface chauffée | thermal insulation between trace heater and heated surface |
| <b>Temperatur A &gt; B &gt; C</b>                                                                        | <b>Température A &gt; B &gt; C</b>                                        | <b>Temperature A &gt; B &gt; C</b>                         |

## 10.4 Temperature controllers

### 10.4.1 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.

## 11. Funktionsprüfung, Kennzeichnung und Dokumentation

### 11.1 Elektrische Endkontrollen

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

#### 11.1.1 Messgeräte

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

Beispielsweise können mit dem Unilab 100 (Abbildung 41) die folgenden Messungen ausgeführt werden:

- Spannungsmessung
- Fehlerstromschutzschalterprüfung
- Erdungswiderstandsmessung
- Isolationswiderstandsmessung
- Widerstandsmessung
- Schutzleiterprüfung

#### 11.1.2 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 Meldestromkreise 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, 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.

## 11. Contrôle du fonctionnement, dossier terminal et documentation

### 11.1 Contrôles électriques finals

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

#### 11.1.1 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. 41) permet de procéder aux mesures suivantes:

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

#### 11.1.2 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.

## 11. Functional checks, final inspections and final documentation

### 11.1 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.

#### 11.1.1 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 41):

- voltage test
- earth-leakage circuit breaker testing
- earthing resistance test
- insulation resistance test
- resistance test
- PE conductor test

#### 11.1.2 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 41  
Figure 41

### 11.1.3 Prüfung des Schutzleitersystems

Durch Sichtprüfung ist festzustellen, ob das Schutzleitersystem den Anforderungen entspricht, das heisst, ob alle Wärmekabel sowie Anschluss- und Endabschlusssdosen 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.

### 11.2 *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.

### 11.3 *Funktionstest*

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

### 11.4 *Auslösung der FI-Schutzeinrichtung vor Ort*

Bei der Inbetriebnahme einer elektrischen Anlage mit Fehlerstromschutzeinrichtungen soll eine Kontrolle in Bezug auf das richtige Funktionieren der FI-Schutzeinrichtung 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, das heisst an den Klemmenkästen, erfolgen. In elektrischen Anlagen mit FI-Schutzseinrichtungen wird verlangt, dass die FI-Schutzseinrichtung beim Fliessen des Nennauslösestroms diesen innerhalb von  $0,2 \, \text{s}$  abschaltet. Beim Fliessen eines Fehlerstroms vom  $0,5$ -fachen Wert des Nennauslösestroms des FI Schutz-

### 11.1.3 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  $0,1 \, \Omega$ .

### 11.2 *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  $+2^\circ\text{C}$ .

### 11.3 *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.

### 11.4 *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 nominal de déclenchement, le disjoncteur ne doit pas réagir.

### 11.1.3 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  $\Omega$ .

### 11.2 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 permissible 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 °C.

### 11.3 Functional test

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

### 11.4 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 s at the rated tripping current. If a fault current is only 0.5 times the rated tripping current of the earth-leakage circuit breaker, it must not trip.



Abbildung 42  
Figure 42

schalters darf dieser nicht ansprechen.

### 11.5 Kennzeichnungen

Jede Beheizung ist mit einem Typenschild (Abbildung 43) 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

### 11.6 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.

### 11.7 Ergänzung der Dokumentation

Die Abbildung 44 zeigt ein Formular, welches für jeden Rohrabschnitt 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.

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 neusten Stand gebracht werden.

### 11.5 Marquage

Chaque chauffage doit être muni d'une plaque signalétique (fig. 43) 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

### 11.6 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.

### 11.7 Complément de la documentation

La figure 44 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.

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.

### 11.5 Marking

Every trace heating system shall be provided with a type label (Figure 43) 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

### 11.6 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.

### 11.7 Updating of documentation

Figure 44 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.

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.



Abbildung 43 Typenschild  
Figure 43 Plaque signalétique  
Figure 43 Type label

Projektierung



## Elektrische Begleitheizungssysteme

Kunde

Projekt

Sachbearbeiter

Datum

### Technische Daten

|                               |                                                                                                 |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EU-Baumusterprüfbescheinigung |                                                                                                 |
| Zündschutzart                 | <input type="checkbox"/> Zone 1 <input type="checkbox"/> Zone 2<br>Temperaturklasse             |
| 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                |
| 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/dm³]                                                                          |
|                               | spez. Wärme [kJ/kg K]                                                                           |
|                               | Schmelzwärme [kJ/kg]                                                                            |
| Rohre/Behälter                | spez. Gewicht [kg/dm³]                                                                          |
|                               | spez. Wärme [kJ/kg K]                                                                           |

| Rohrleitungen                      |  |  |  |  |  |
|------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 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]               |  |  |  |  |  |



Projektierung



## Elektrische Begleitheizungssysteme

| Behälter                         |  |  |  |  |  |
|----------------------------------|--|--|--|--|--|
| 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"/> 4–20 mA  | <input type="checkbox"/> 0–20 mA  |

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 \_\_\_\_\_



Conception



THE EXPLOSIONPROOFING COMPANY



## Systèmes de traçage électrique

Client

Projet

Responsable

Date

### Valeurs techniques

|                                        |                                                                                                 |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Attestation d'examen UE de type        |                                                                                                 |
| Mode de protection                     | <input type="checkbox"/> Zone 1 <input type="checkbox"/> Zone 2                                 |
| Classe de température                  |                                                                                                 |
| Lieu                                   | <input type="checkbox"/> en plein air <input type="checkbox"/> installation intérieure          |
| Service type                           | <input type="checkbox"/> stabilisation de température <input type="checkbox"/> chauffer         |
| Chauffage                              | <input type="checkbox"/> conventionnel <input type="checkbox"/> autolimité                      |
| 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/dm³]                                                                       |
|                                        | Chaleur spécifique [kJ/kg K]                                                                    |
|                                        | Chaleur de fusion [kJ/kg]                                                                       |
| Tuyauteries/récipients                 | Poids spécifique [kg/dm³]                                                                       |
|                                        | Chaleur spécifique [kJ/kg K]                                                                    |
| <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 maintien nécessaire [W/m]    |                                                                                                 |
| Puissance de fusion nécessaire [W/m]   |                                                                                                 |
| Puissance de chauffé nécessaire [W/m]  |                                                                                                 |
| Puissance totale [W/m]                 |                                                                                                 |



Conception



## Systèmes de traçage électrique

| Récipients                           |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------|--|--|--|--|--|
| Diamètre [mm]                        |  |  |  |  |  |
| Hauteur/largeur cylindre [mm]        |  |  |  |  |  |
| Hauteur/largeur totales [m]          |  |  |  |  |  |
| Poids du récipient [kg]              |  |  |  |  |  |
| Poids produit [kg]                   |  |  |  |  |  |
| Température de récipient [°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 |
|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|

|                                   |                              |                              |
|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| <b>Contrôle de la température</b> | <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 |

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

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'émission \_\_\_\_\_ Visa \_\_\_\_\_



Design



## Electric Trace Heating Systems

Customer

Project

Handled by

Date

### Technical data

|                                   |                                                    |                                |                                 |                                              |  |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------|--|
| EU-Type Examination Certificate   |                                                    |                                |                                 |                                              |  |
| Type of Protection                | <input type="checkbox"/> Zone 1                    |                                | <input type="checkbox"/> Zone 2 |                                              |  |
|                                   |                                                    | 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       |  |
| Ambient temperature [°C]          |                                                    | Heat-up time [h]               |                                 |                                              |  |
| Rated voltage [Volt]              |                                                    |                                |                                 |                                              |  |
| Mains                             | <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> ]             |                                |                                 |                                              |  |
|                                   | specific heat [kJ/kg K]                            |                                |                                 |                                              |  |
|                                   | heat of fusion [kJ/kg]                             |                                |                                 |                                              |  |
| Pipes/vessels                     | specific gravity [kg/dm <sup>3</sup> ]             |                                |                                 |                                              |  |
|                                   | specific heat [kJ/kg K]                            |                                |                                 |                                              |  |
| <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]                 |                                                    |                                |                                 |                                              |  |



Design



## Electric Trace Heating Systems

|                                 |  |  |  |  |  |
|---------------------------------|--|--|--|--|--|
| <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"/> 4–20 mA | <input type="checkbox"/> 0–20 mA |

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 \_\_\_\_\_

**A Ermittlung von Wärmeverlusten****A.1 Rohrbegleitheizungen zur Temperaturstabilisierung**

Die zur Einhaltung einer bestimmten Temperatur eines isolierten Rohres erforderliche Heizleistung (Watt) in Abhängigkeit der Länge lässt sich anhand der vereinfachten Gleichung (1) ermitteln.

Gleichung (1)

|                                               |                                                                                                |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $Q_1$                                         | Heizleistung [Watt]                                                                            |
| $L$                                           | Rohrlänge [m]                                                                                  |
| $\vartheta_R$                                 | Rohrtemperatur [°C]                                                                            |
| $\vartheta_A$                                 | Aussen- bzw. Umgebungstemperatur [°C]                                                          |
| $\vartheta_R - \vartheta_A = \Delta\vartheta$ | Temperaturdifferenz [K]                                                                        |
| $\lambda_{IS}$                                | Wärmeleitzahl der Isolation [W/mK]                                                             |
| $D_{IS}$                                      | Isolationsaussendurchmesser [m]                                                                |
| $D_R$                                         | Rohraussendurchmesser [m]                                                                      |
| $\alpha_A$                                    | äussere Wärmeübergangszahl [W/m²K]                                                             |
| 1,43                                          | Zuschlagsfaktor z entsprechend einem 30%igen Wärmeverlust auf dem theoretisch errechneten Wert |

In Tabelle 1 ist die Heizleistung pro Längeneinheit [Watt/Meter] gemäss Gleichung (1) in Abhängigkeit der Isolationsdicke, des Rohrdurchmessers und der Temperaturdifferenz dargestellt.

Diese Tabelle ist für Ausseninstallationen (Windgeschwindigkeit 2,0 m/s) und eine Wärmeleitzahl  $\lambda = 0,035$  W/mK gültig. Auf Grund von anderen Betriebsbedingungen in Inneninstallationen kann die der Tabelle 1 entnommene Heizleistung um 10% vermindert (Multiplikation mit Faktor 0,9) werden. Der Zuschlagsfaktor z für 30% zusätzliche, nicht errechenbare Wärmeverluste ist bereits berücksichtigt.

**A.1.1 Wärmeleitzahl der Isolation**

Bei der Auswahl der für ein Projekt in Frage kommenden Wärmeisolation ist grösste Sorgfalt geboten. Das Isolationsmaterial muss auf die zu erwartenden Betriebstemperaturen abgestimmt sein. Die Wärmeisolation soll einen Witterschutz erhalten, damit keine Feuchtigkeit eindringen kann, welche die Leistungsfähigkeit der Isolation und damit der Heizeinrichtung beeinträchtigt.

**A Dépistage des pertes calorifiques****A.1 Chauffage d'accompagnement de conduites pour la stabilisation de la température**

La puissance calorifique (watts) nécessaire au maintien d'une température définie d'un tube isolé en rapport avec sa longueur peut être déterminée à l'aide d'une simple équation (1).

Equation (1)

|                                               |                                                                                                       |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $Q_1$                                         | puissance calorifique [watts]                                                                         |
| $L$                                           | longueur du tube [m]                                                                                  |
| $\vartheta_R$                                 | température du tube [°C]                                                                              |
| $\vartheta_A$                                 | température externe, soit température ambiante [°C]                                                   |
| $\vartheta_R - \vartheta_A = \Delta\vartheta$ | différence de température [K]                                                                         |
| $\lambda_{IS}$                                | diffusivité thermique de l'isolation [W/mK]                                                           |
| $D_{IS}$                                      | diamètre extérieur de l'isolation [m]                                                                 |
| $D_R$                                         | diamètre extérieur du tube [m]                                                                        |
| $\alpha_A$                                    | coefficient de transmission thermique externe [W/m²K]                                                 |
| 1,43                                          | facteur de majoration m correspondant à une perte calorifique de 30 % sur la valeur théorique obtenue |

Dans le tableau 1, la puissance calorifique par unité de longueur [watts/mètre] est présentée selon l'équation (1) en relation avec l'épaisseur de l'isolation, le diamètre du tube et la différence de température.

Ce tableau est valable pour les installations à l'extérieur (vitesse du vent 2.0 m/s) et une diffusivité thermique  $\lambda = 0.035$  W/mK. Dans d'autres conditions de service de l'installation interne, la puissance calorifique indiquée dans le tableau 1 pourra être réduite de 10 % (multiplication par facteur 0,9). Le facteur de majoration m pour 30% de pertes calorifiques non définissables a déjà été pris en considération.

**A.1.1 Diffusivité thermique de l'isolation**

Il y a lieu d'apporter un soin tout particulier au choix de l'isolation thermique. Le matériel isolant doit être adapté aux températures de service envisagées. L'isolation doit être munie d'une protection contre les intempéries, ceci afin qu'aucune humidité susceptible d'altérer son efficacité ne puisse la pénétrer, exerçant ainsi une influence néfaste sur l'installation de chauffage.

## A Determination of heat losses

### A.1 Pipe trace heating systems for temperature stabilization

The heating capacity (in watts) required to maintain an insulated pipe of a given length at a certain temperature can be calculated with the simplified Equation (1).

Equation (1)

- $Q_1$  heating capacity [W]  
 $L$  pipe length [m]  
 $\vartheta_R$  pipe temperature [°C]  
 $\vartheta_A$  ambient or outdoor temperature [°C]  
 $\vartheta_R - \vartheta_A = \Delta\vartheta$  temperature difference [K]  
 $\lambda_{IS}$  thermal conductivity of insulation [W/mK]  
 $D_{IS}$  outside diameter of insulation [m]  
 $D_R$  outside diameter of pipe [m]  
 $\alpha_A$  external heat transmission coefficient [W/m²K]  
 1.43 allowance factor z corresponding to 30% heat loss on top of the value calculated theoretically

Table 1 lists the heating capacity per unit length [watts/meter] according to Equation 1 as a function of insulation thickness, pipe diameter, and temperature difference.

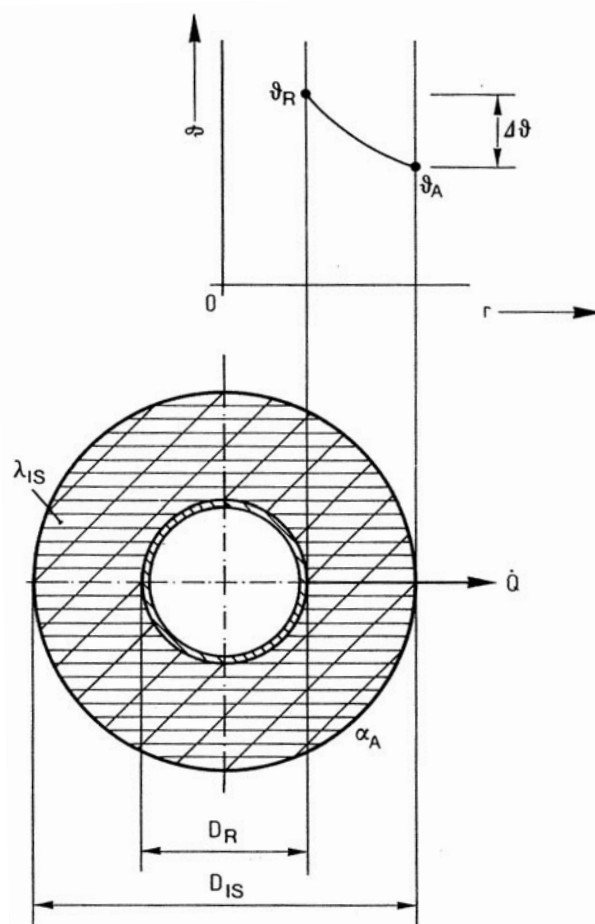
This table applies for outdoor installations (wind velocity 2.0 m/s) and thermal conductivity  $\lambda = 0.035$  W/mK. For other operating conditions indoors, the heating capacity indicated by Table 1 can be reduced by 10% (multiplication factor 0.9). The figures in the table already include the 30% allowance for additional heat losses that do not lend themselves to calculation.

#### A.1.1 Thermal conductivity of the insulation

Great care should be taken in selecting the right thermal insulation for a given project. The insulation material should be suitable for the operating temperatures expected. Outer weatherproofing material should be applied to prevent moisture penetration, because this could impair the effectiveness of the insulation and of the heating system itself.

$$\dot{Q}_1 = \frac{L \cdot \pi (\vartheta_R - \vartheta_A) \cdot 1,43}{\frac{1}{2 \lambda_{IS}} \cdot \ln \left[ \frac{D_{IS}}{D_R} \right] + \frac{1}{\alpha_A \cdot D_{IS}}}$$

Gleichung / Equation 1



- $Q_1$  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]  
 $\lambda_{IS}$  Wärmeleitzahl 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/m²K]  
 coefficient de transmission thermique externe [W/m²K]  
 external heat transmission coefficient [W/m²K]  
 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

Tabelle A.1

Heizleistung pro Längeneinheit (Watt/m)  
(in Abhängigkeit der Isolationsdicke, des Rohrdurchmessers und der Temperaturdifferenz dargestellt).

Bei Verwendung von Isoliermaterialien mit abweichenden  $\lambda$ -Werten muss zur Ermittlung der Heizleistung mit dem Faktor  $f$  (Abschnitt 2.1.1 Wärmeleitfähigkeit von Isoliermaterialien) multipliziert werden.

Isolationsdicke  
Épaisseur d'isolation  
Insulation thickness  
Temperaturdifferenz  
Différence de température  
Temperature difference  
Rohrdurchmesser  
Nenndurchmesser DN  
Rohraussendurchmesser mm ISO  
Rohrdurchmesser in Zoll

| $[\lambda=0,035$<br>W/mK] | 6<br>1/8 | 8<br>1/4 | 10<br>3/8 | 15<br>1/2 | 20<br>3/4 | 25<br>1 | 32<br>1 1/4 | 40<br>1 1/2 | 50<br>2 | 65<br>2 1/2 | 80<br>3 | 100<br>4 | 125<br>5 | 150<br>6 | 200<br>8 | 250<br>10 | 300<br>12 |
|---------------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|---------|-------------|-------------|---------|-------------|---------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| 20                        | 5        | 6        | 8         | 9         | 10        | 12      | 15          | 17          | 20      | 24          | 28      | 35       | 42       | 50       | 65       | 80        | 94        |
| 30                        | 8        | 10       | 11        | 13        | 16        | 19      | 22          | 25          | 30      | 37          | 42      | 53       | 64       | 76       | 97       | 120       |           |
| 40                        | 11       | 13       | 15        | 17        | 21        | 25      | 30          | 33          | 40      | 49          | 56      | 70       | 85       | 101      | 129      |           |           |
| 50                        | 14       | 16       | 19        | 22        | 26        | 31      | 37          | 41          | 50      | 61          | 70      | 88       | 106      | 126      |          |           |           |
| 60                        | 16       | 19       | 23        | 26        | 31        | 37      | 45          | 50          | 60      | 73          | 84      | 106      | 127      |          |          |           |           |
| 80                        | 22       | 26       | 30        | 35        | 42        | 49      | 59          | 66          | 80      | 98          | 112     | 141      |          |          |          |           |           |

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 20  | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 12 | 14 | 16  | 20  | 24  | 28  | 36  | 44  | 51  |
| 30  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 12 | 14 | 15 | 18 | 21 | 24  | 30  | 36  | 42  | 53  | 65  | 77  |
| 40  | 8  | 9  | 10 | 11 | 13 | 15 | 18 | 20 | 24 | 28 | 32  | 40  | 47  | 56  | 71  | 87  | 102 |
| 50  | 10 | 11 | 13 | 14 | 17 | 19 | 23 | 25 | 30 | 36 | 40  | 50  | 59  | 70  | 89  | 109 | 128 |
| 60  | 12 | 13 | 15 | 17 | 20 | 23 | 27 | 30 | 35 | 43 | 48  | 60  | 71  | 84  | 107 | 131 | 154 |
| 80  | 15 | 18 | 20 | 23 | 27 | 31 | 36 | 40 | 47 | 57 | 65  | 80  | 95  | 112 | 142 | 174 | 205 |
| 100 | 19 | 22 | 25 | 29 | 33 | 39 | 45 | 50 | 59 | 71 | 81  | 100 | 119 | 140 | 178 | 218 | 256 |
| 120 | 23 | 27 | 30 | 34 | 40 | 46 | 55 | 60 | 71 | 85 | 97  | 119 | 142 | 168 | 214 | 262 | 307 |
| 140 | 27 | 31 | 35 | 40 | 47 | 53 | 64 | 70 | 83 | 99 | 113 | 140 | 166 | 196 | 249 | 305 | 358 |

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 20  | 3  | 4  | 4  | 5  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 11 | 12 | 14  | 17  | 20  | 25  | 31  | 36  |
| 30  | 5  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 13 | 16 | 18 | 22  | 26  | 30  | 38  | 46  | 54  |
| 40  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 12 | 14 | 15 | 18 | 21 | 24 | 29  | 34  | 40  | 50  | 61  | 71  |
| 50  | 8  | 9  | 10 | 12 | 13 | 15 | 17 | 19 | 22 | 26 | 30 | 36  | 43  | 50  | 63  | 77  | 89  |
| 60  | 10 | 11 | 12 | 14 | 16 | 18 | 21 | 23 | 27 | 32 | 35 | 43  | 51  | 60  | 75  | 92  | 107 |
| 80  | 13 | 15 | 16 | 18 | 21 | 24 | 28 | 30 | 35 | 42 | 47 | 58  | 68  | 80  | 100 | 122 | 143 |
| 100 | 16 | 18 | 21 | 23 | 26 | 30 | 35 | 38 | 44 | 53 | 59 | 72  | 85  | 100 | 126 | 153 | 179 |
| 120 | 19 | 22 | 25 | 28 | 31 | 36 | 42 | 46 | 53 | 63 | 71 | 86  | 102 | 120 | 151 | 184 | 215 |
| 140 | 22 | 25 | 29 | 32 | 37 | 41 | 49 | 53 | 62 | 74 | 83 | 101 | 119 | 140 | 176 | 214 | 250 |

Tableau A.1

Puissance de chauffage par unité de longueur (watts/m)  
(en fonction de l'épaisseur d'isolation, du diamètre du tube et de la différence de température).

Lors d'utilisation d'autre matériaux d'isolation avec des valeurs  $\lambda$  différentes, il faut, pour le calcul de la puissance de chauffage, multiplier par le facteur  $f$  (voir 2.1.1 coefficient de conductibilité de matériaux d'isolation).

Diamètre des tubes

Diamètre nominal DN

Diamètre des tubes mm ISO

Diamètre des tubes en pouces

Nominal diameter

Nominal diameter

Diameter of tube in mm (ISO)

Diameter of tube in inches

Table A.1

Heat output per unit length (watts/m)  
(given as function of thickness of insulation, pipe diameter and temperature difference).

When using insulating material with different  $\lambda$ -values it is necessary to multiply by the factor  $f$  (Para. 2.1.1 Heat conductivity of insulating materials) to calculate heat output.

|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| 20  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 5  | 6  | 6  | 7  | 9  | 10 | 12 | 14 | 16  | 20  | 24  | 28  |
| 30  | 4  | 5  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 9  | 11 | 13 | 14 | 17 | 20 | 24  | 30  | 36  | 42  |
| 40  | 6  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 12 | 13 | 15 | 17 | 19 | 23 | 27 | 32  | 39  | 48  | 56  |
| 50  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 13 | 15 | 16 | 18 | 21 | 24 | 29 | 34 | 40  | 49  | 60  | 69  |
| 60  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 17 | 19 | 22 | 26 | 29 | 35 | 41 | 47  | 59  | 72  | 83  |
| 80  | 11 | 13 | 14 | 16 | 18 | 20 | 23 | 25 | 29 | 34 | 38 | 46 | 54 | 63  | 79  | 95  | 111 |
| 100 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 25 | 29 | 32 | 37 | 43 | 48 | 58 | 68 | 79  | 99  | 119 | 139 |
| 120 | 17 | 19 | 22 | 24 | 27 | 31 | 35 | 38 | 44 | 52 | 58 | 69 | 81 | 95  | 118 | 143 | 167 |
| 140 | 20 | 22 | 25 | 28 | 31 | 35 | 41 | 44 | 51 | 60 | 67 | 81 | 95 | 111 | 138 | 167 | 194 |
| 20  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 5  | 5  | 6  | 6  | 7  | 8  | 10 | 11 | 13  | 16  | 20  | 23  |
| 30  | 4  | 4  | 5  | 5  | 6  | 7  | 8  | 8  | 10 | 11 | 12 | 15 | 17 | 20  | 25  | 30  | 34  |
| 40  | 5  | 6  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 13 | 15 | 16 | 20 | 23 | 26  | 33  | 39  | 46  |
| 50  | 7  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 13 | 14 | 16 | 18 | 21 | 25 | 29 | 33  | 41  | 49  | 57  |
| 60  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 14 | 15 | 17 | 19 | 22 | 25 | 29 | 34 | 40  | 49  | 59  | 69  |
| 80  | 10 | 12 | 13 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 25 | 30 | 33 | 39 | 46 | 53  | 66  | 79  | 92  |
| 100 | 13 | 15 | 16 | 18 | 20 | 23 | 26 | 28 | 32 | 37 | 41 | 49 | 57 | 66  | 82  | 99  | 115 |
| 120 | 16 | 18 | 19 | 21 | 24 | 27 | 31 | 33 | 38 | 44 | 49 | 58 | 69 | 80  | 99  | 119 | 138 |
| 140 | 18 | 20 | 23 | 25 | 28 | 31 | 36 | 39 | 44 | 52 | 57 | 69 | 80 | 93  | 115 | 138 | 160 |
| 20  | 2  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 5  | 5  | 6  | 7  | 7  | 9  | 10 | 12  | 14  | 17  | 20  |
| 30  | 4  | 4  | 5  | 5  | 6  | 6  | 7  | 7  | 9  | 10 | 11 | 13 | 15 | 17  | 21  | 25  | 29  |
| 40  | 5  | 5  | 6  | 7  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 13 | 15 | 17 | 20 | 23  | 28  | 34  | 39  |
| 50  | 6  | 7  | 8  | 8  | 9  | 10 | 12 | 12 | 14 | 16 | 18 | 22 | 25 | 29  | 35  | 43  | 49  |
| 60  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 14 | 15 | 17 | 20 | 22 | 26 | 30 | 35  | 43  | 51  | 59  |
| 80  | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | 19 | 20 | 23 | 26 | 29 | 35 | 40 | 46  | 57  | 68  | 78  |
| 100 | 12 | 14 | 15 | 16 | 18 | 21 | 23 | 25 | 28 | 33 | 36 | 43 | 50 | 58  | 71  | 85  | 98  |
| 120 | 15 | 16 | 18 | 20 | 22 | 25 | 28 | 30 | 34 | 39 | 44 | 51 | 60 | 69  | 85  | 102 | 118 |
| 140 | 17 | 19 | 21 | 23 | 26 | 28 | 32 | 35 | 40 | 46 | 51 | 60 | 70 | 81  | 99  | 119 | 137 |
| 20  | 2  | 2  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 5  | 6  | 6  | 7  | 8  | 9   | 11  | 13  | 15  |
| 30  | 3  | 4  | 4  | 4  | 5  | 5  | 6  | 6  | 7  | 8  | 9  | 11 | 12 | 14  | 17  | 20  | 23  |
| 40  | 4  | 5  | 5  | 6  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 14 | 16 | 19  | 23  | 27  | 31  |
| 50  | 6  | 6  | 7  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 14 | 15 | 18 | 20 | 23  | 28  | 34  | 39  |
| 60  | 7  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 17 | 18 | 21 | 24 | 28  | 34  | 40  | 46  |
| 80  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 17 | 19 | 22 | 24 | 28 | 33 | 37  | 45  | 54  | 62  |
| 100 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | 18 | 20 | 21 | 24 | 28 | 30 | 36 | 41 | 47  | 57  | 67  | 77  |
| 120 | 13 | 15 | 16 | 18 | 19 | 21 | 24 | 26 | 29 | 33 | 36 | 42 | 49 | 56  | 68  | 81  | 93  |
| 140 | 16 | 17 | 19 | 20 | 23 | 25 | 28 | 30 | 34 | 39 | 42 | 50 | 57 | 65  | 79  | 94  | 108 |

Faktor f = tatsächlicher λ-Wert dividiert durch 0,035

Beispiel:

tatsächlicher λ-Wert = 0,047 W/mK

f = 0,047 : 0,035 = 1,34

Korrekturfaktor S: Standort

S = 1,0 Freiluftanlagen

S = 0,9 Innenraumanlagen

Faktor f = valeur λ effective divisée par 0,035

Exemple:

valeur λ effective = 0,047 W/mK

f = 0,047 : 0,035 = 1,34

Facteur de correction S: lieu de stationnement

S = 1,0 pour installations extérieures

S = 0,9 pour installations dans des locaux fermés

f factor = actual λ-value divided by 0.035

Example:

Actual λ-value = 0.047 W/mK

f = 0.047 : 0.035 = 1.34

Correction factor S: site

S = 1.0 outdoor installations

S = 0.9 indoor installations

Die Werte für die Wärmeleitzahl und den Faktor  $f$  sind aus Tabelle 2 ersichtlich. Der Faktor  $f$  wird angewandt, wenn die Heizleistung der Tabelle 1 entnommen wird und Isoliermaterialien mit abweichenden  $\lambda$ -Werten (abweichend von  $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$ ) angewandt werden. Die der Tafel 1 entnommene Heizleistung wird mit dem Faktor  $f$  multipliziert.

#### A.1.2 Äussere Wärmeübergangszahl $\alpha_A$

Die äussere Wärmeübergangszahl  $\alpha_A$  kann mit  $23,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  nach DIN 4108 angenommen werden, wobei eine mittlere Windgeschwindigkeit von  $2,0 \text{ m/s}$  berücksichtigt ist.

Aus Abbildung 1 kann  $\alpha_A$  für verschiedene Windgeschwindigkeiten und Aussendurchmesser der Isolation  $D_{IS}$  abgelesen werden. Der Wert für  $\alpha_A$  aus Kurve 1 muss für extreme Anwendungsfälle in die Gleichung (1) eingesetzt werden. Für diese Anwendungen kann der Wärmeverlust nicht der Tabelle 1 entnommen werden.

| Richtwerte                                                      |                                        |                      | Faktor $f$ |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------|------------|
| Aeroflex                                                        | ( $\vartheta_m = 20^\circ\text{C}$ )   | $0,039 \text{ W/mK}$ | 1.12       |
| Isolierschalen                                                  | ( $\vartheta_m = 50^\circ\text{C}$ )   | $0,035 \text{ W/mK}$ | 1.00       |
|                                                                 | ( $\vartheta_m = 100^\circ\text{C}$ )  | $0,045 \text{ W/mK}$ | 1.29       |
|                                                                 | ( $\vartheta_m = 150^\circ\text{C}$ )  | $0,057 \text{ W/mK}$ | 1.63       |
|                                                                 | ( $\vartheta_m = 200^\circ\text{C}$ )  | $0,071 \text{ W/mK}$ | 2.03       |
|                                                                 | ( $\vartheta_m = 250^\circ\text{C}$ )  | $0,085 \text{ W/mK}$ | 2.43       |
| Mineralwolle<br>25 kg/m <sup>3</sup>                            | ( $\vartheta_m = 50^\circ\text{C}$ )   | $0,045 \text{ W/mK}$ | 1.29       |
|                                                                 | ( $\vartheta_m = 100^\circ\text{C}$ )  | $0,054 \text{ W/mK}$ | 1.55       |
|                                                                 | ( $\vartheta_m = 150^\circ\text{C}$ )  | $0,068 \text{ W/mK}$ | 1.95       |
| Mineralwolle<br>weiss zum Stopf-<br>fen<br>70 kg/m <sup>3</sup> | ( $\vartheta_m = 50^\circ\text{C}$ )   | $0,035 \text{ W/mK}$ | 1.00       |
|                                                                 | ( $\vartheta_m = 100^\circ\text{C}$ )  | $0,041 \text{ W/mK}$ | 1.17       |
|                                                                 | ( $\vartheta_m = 150^\circ\text{C}$ )  | $0,046 \text{ W/mK}$ | 1.31       |
| Flumroc<br>FLB 700 Stopf-<br>wolle<br>120 kg/m <sup>3</sup>     | ( $\vartheta_m = 50^\circ\text{C}$ )   | $0,035 \text{ W/mK}$ | 1.00       |
|                                                                 | ( $\vartheta_m = 100^\circ\text{C}$ )  | $0,045 \text{ W/mK}$ | 1.29       |
|                                                                 | ( $\vartheta_m = 300^\circ\text{C}$ )  | $0,080 \text{ W/mK}$ | 2.29       |
|                                                                 | ( $\vartheta_m = 600^\circ\text{C}$ )  | $0,191 \text{ W/mK}$ | 5.46       |
| Lamellmatten<br>FML 250<br>32 kg/m <sup>3</sup>                 | ( $\vartheta_m = 50^\circ\text{C}$ )   | $0,049 \text{ W/mK}$ | 1.4        |
|                                                                 | ( $\vartheta_m = 100^\circ\text{C}$ )  | $0,063 \text{ W/mK}$ | 1.8        |
| Rockwool<br>Schalen 850<br>125 kg/m <sup>3</sup>                | ( $\vartheta_m = 100^\circ\text{C}$ )  | $0,043 \text{ W/mK}$ | 1.23       |
|                                                                 | ( $\vartheta_m = 300^\circ\text{C}$ )  | $0,083 \text{ W/mK}$ | 2.37       |
|                                                                 | ( $\vartheta_m = 400^\circ\text{C}$ )  | $0,115 \text{ W/mK}$ | 3.29       |
| Keramikfaser-<br>matten<br>48 – 160 kg/m <sup>3</sup>           | ( $\vartheta_m = 400^\circ\text{C}$ )  | $0,090 \text{ W/mK}$ | 2.57       |
|                                                                 | ( $\vartheta_m = 800^\circ\text{C}$ )  | $0,170 \text{ W/mK}$ | 4.86       |
|                                                                 | ( $\vartheta_m = 1200^\circ\text{C}$ ) | $0,360 \text{ W/mK}$ | 10.29      |

Vergleich molekulare Wärmeleitfähigkeit von ruhender Luft

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

Tabelle A.2 Wärmeleitfähigkeit  
(in Abhängigkeit des Isoliermaterials und der Betriebstemperatur  $\vartheta_m$ )

La diffusivité thermique et le facteur  $f$  figurent sur le tableau 2. Le facteur  $f$  est appliqué lorsque la puissance calorifique est celle du tableau 1 mais qu'il est fait usage d'un matériel isolant présentant d'autres valeurs  $\lambda$  (variant de  $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$ ). La puissance calorifique figurant au tableau 1 sera multipliée par le facteur  $f$ .

#### A.1.2 Coefficient de transmission thermique externe $\alpha_A$

Selon la norme DIN 4108, un coefficient de transmission thermique externe  $\alpha_A$  de  $23,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  peut être admis, ceci en tenant compte d'une vitesse du vent de  $2.0 \text{ m/s}$ .

La figure 1 indique le coefficient  $\alpha_A$  pour diverses vitesses du vent et différents diamètres extérieurs  $D_{IS}$  de l'isolation. Cette valeur  $\alpha_A$  est utilisée dans l'équation (1) pour les cas extrêmes. La perte de chaleur propre à cette utilisation ne peut être reprise du tableau 1.

| Valeur de reference                                        |                                        |                      | Facteur $f$ |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------|-------------|
| Aeroflex                                                   | ( $\vartheta_m = 20^\circ\text{C}$ )   | $0,039 \text{ W/mK}$ | 1.12        |
| Enveloppe<br>calorifuge                                    | ( $\vartheta_m = 50^\circ\text{C}$ )   | $0,035 \text{ W/mK}$ | 1.00        |
|                                                            | ( $\vartheta_m = 100^\circ\text{C}$ )  | $0,045 \text{ W/mK}$ | 1.29        |
|                                                            | ( $\vartheta_m = 150^\circ\text{C}$ )  | $0,057 \text{ W/mK}$ | 1.63        |
|                                                            | ( $\vartheta_m = 200^\circ\text{C}$ )  | $0,071 \text{ W/mK}$ | 2.03        |
| Pierrelaine<br>25 kg/m <sup>3</sup>                        | ( $\vartheta_m = 50^\circ\text{C}$ )   | $0,045 \text{ W/mK}$ | 1.29        |
|                                                            | ( $\vartheta_m = 100^\circ\text{C}$ )  | $0,054 \text{ W/mK}$ | 1.55        |
|                                                            | ( $\vartheta_m = 150^\circ\text{C}$ )  | $0,068 \text{ W/mK}$ | 1.95        |
| Pierrelaine<br>blanche<br>à tampon<br>70 kg/m <sup>3</sup> | ( $\vartheta_m = 50^\circ\text{C}$ )   | $0,035 \text{ W/mK}$ | 1.00        |
|                                                            | ( $\vartheta_m = 100^\circ\text{C}$ )  | $0,041 \text{ W/mK}$ | 1.17        |
|                                                            | ( $\vartheta_m = 150^\circ\text{C}$ )  | $0,046 \text{ W/mK}$ | 1.31        |
| Flumroc<br>FLB 700<br>étoupe<br>120 kg/m <sup>3</sup>      | ( $\vartheta_m = 50^\circ\text{C}$ )   | $0,035 \text{ W/mK}$ | 1.00        |
|                                                            | ( $\vartheta_m = 100^\circ\text{C}$ )  | $0,045 \text{ W/mK}$ | 1.29        |
|                                                            | ( $\vartheta_m = 300^\circ\text{C}$ )  | $0,080 \text{ W/mK}$ | 2.29        |
|                                                            | ( $\vartheta_m = 600^\circ\text{C}$ )  | $0,191 \text{ W/mK}$ | 5.46        |
| Nattes lamellée<br>FML 250<br>32 kg/m <sup>3</sup>         | ( $\vartheta_m = 50^\circ\text{C}$ )   | $0,049 \text{ W/mK}$ | 1.4         |
|                                                            | ( $\vartheta_m = 100^\circ\text{C}$ )  | $0,063 \text{ W/mK}$ | 1.8         |
| Rockwool<br>Enveloppes 850<br>125 kg/m <sup>3</sup>        | ( $\vartheta_m = 100^\circ\text{C}$ )  | $0,043 \text{ W/mK}$ | 1.23        |
|                                                            | ( $\vartheta_m = 300^\circ\text{C}$ )  | $0,083 \text{ W/mK}$ | 2.37        |
|                                                            | ( $\vartheta_m = 400^\circ\text{C}$ )  | $0,115 \text{ W/mK}$ | 3.29        |
| Fibre céramique<br>lamellées<br>48 – 160 kg/m <sup>3</sup> | ( $\vartheta_m = 400^\circ\text{C}$ )  | $0,090 \text{ W/mK}$ | 2.57        |
|                                                            | ( $\vartheta_m = 800^\circ\text{C}$ )  | $0,170 \text{ W/mK}$ | 4.86        |
|                                                            | ( $\vartheta_m = 1200^\circ\text{C}$ ) | $0,360 \text{ W/mK}$ | 10.29       |

Comparaison conductibilité thermique moléculaire de l'air stagnant

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

Tableau A.2 Conductibilité thermique  
(en fonction du matériel isolant et de la température de service  $\vartheta_m$ )

The values for thermal conductivity and the factor  $f$  are given in table 2. The factor  $f$  is applied in cases where the heating capacity is taken from table 1 and insulating materials are used with thermal conductivities other than  $\lambda = 0.035$  W/mK. Multiply the heating capacity taken from Table 1 by the factor  $f$ .

#### A.1.2 External heat transmission coefficient $\alpha_A$

The external heat transmission coefficient  $\alpha_A$  can be assumed to be 23.3 W/m<sup>2</sup>K according to DIN 4108. Figure 1 is based on an average wind velocity of 2.0 m/s. Graph 1 gives values of  $\alpha_A$  for various wind velocities and insulation outside diameters  $D_{IS}$ . For extreme applications, it is necessary to insert the value for  $\alpha_A$  taken from Graph 1 into Equation (1). The heat loss cannot be read from Table 1 for such applications.

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

For comparison: molecular thermal conductivity of stationary air

|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| ( $\vartheta_m = 50^\circ\text{C}$ )  | 0.030 W/mK |
| ( $\vartheta_m = 100^\circ\text{C}$ ) | 0.033 W/mK |

Table A.2 Thermal conductivity  
(as a function of the insulating material and the operating temperature  $\vartheta_m$ )

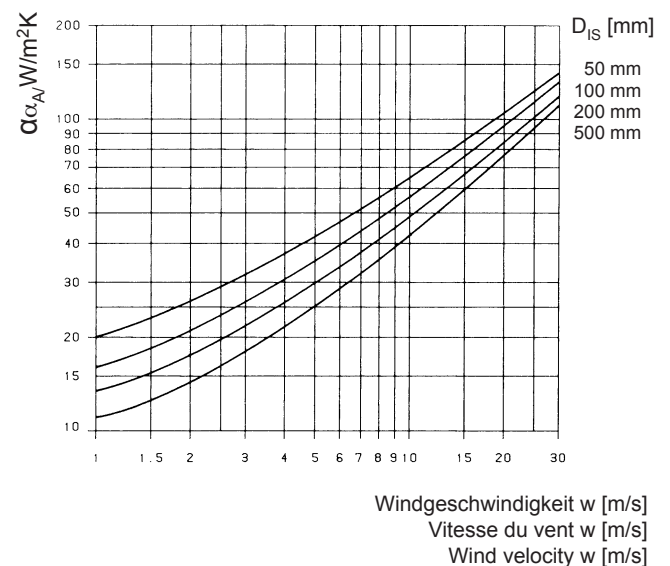


Abbildung 1 Äussere Wärmeübergangszahl in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit und des Aussendurchmessers der Isolation  $D_{IS}$

Figure 1 Coefficient de transmission de chaleur extérieure en fonction de la vitesse du vent et du diamètre extérieur de l'isolation  $D_{IS}$

Figure1 Exterior coefficient of heat transmission as a function of wind speed and of outer diameter of insulating  $D_{IS}$

### A.1.3 Zuschlag für nicht mit Sicherheit berechenbare Wärmeverluste

Beim Anbringen der Isolation entstehen immer Abweichungen durch Luftspalten, in der Dicke und bei der Wärmeleitzahl  $\lambda$ . Ebenso entstehen durch Flansche, Ventile, Armaturen und Aufhängungen zusätzliche Wärmeverluste, die nicht exakt berechenbar sind. Um diese zusätzlichen Verluste zu decken, wird mit Hilfe eines Zuschlagsfaktors  $z = 1,43$  die errechnete Heizleistung um 30% erhöht.

In diesen Zuschlägen sind allfällige nicht isolierte Flansche und Armaturen nicht enthalten.

| Wärmeverlust (%) | 0 | 10   | 15   | 20   | 25   | 30   | 35   | 40   |
|------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|
| Faktor z         | 1 | 1,11 | 1,18 | 1,25 | 1,33 | 1,43 | 1,54 | 1,67 |

### A.2 Behälterbeheizungen zur Temperaturstabilisierung

Ähnlich der vereinfachten Gleichung (1) für Rohrbegleitheizungen ergibt sich Gleichung (2) für Behälter als Heizleistung in Abhängigkeit von der Behälteroberfläche, der Temperaturdifferenz, dem Isolationsmaterial und der Isolationsdicke.

Gemäss Abbildung 2 gilt für die Oberfläche zylindrischer Behälter:

$$A = \pi \cdot D \cdot (D/2 + H)$$

und nach Abbildung 3 für kubische Behälter:

$$A = 2 \cdot [(B \cdot L) + (L \cdot H) + (B \cdot H)]$$

Gleichung (2)

|                                               |                                                                                                |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $Q_2$                                         | Heizleistung [Watt]                                                                            |
| $A$                                           | Oberfläche [m <sup>2</sup> ]                                                                   |
| $\vartheta_B$                                 | Behälterinnentemperatur [°C]                                                                   |
| $\vartheta_A$                                 | Aussen- bzw. Umgebungstemperatur [°C]                                                          |
| $\vartheta_B - \vartheta_A = \Delta\vartheta$ | Temperaturdifferenz [K]                                                                        |
| $\vartheta_{IS}$                              | Schichtdicke der Isolation [m]                                                                 |
| $\lambda_{IS}$                                | Wärmeleitzahl der Isolation [W/mK]                                                             |
| $D_{IS}$                                      | Isolationsaussendurchmesser [m]                                                                |
| $\alpha_A$                                    | äussere Wärmeübergangszahl [W/m <sup>2</sup> K]                                                |
| 1,43                                          | Zuschlagsfaktor z entsprechend einem 30%igen Wärmeverlust auf dem theoretisch errechneten Wert |

Für die äussere Wärmeübergangszahl  $\alpha_A$  und die zusätzlichen Parameter gelten die gleichen Bedingungen wie unter Punkt 2.1.

### A.1.3 Majoration pour perte de chaleur calculée avec marge de sécurité

Des différences surviennent pratiquement toujours lors de la pose de l'isolation, du fait de la discontinuité du matériel, que ce soit dans son épaisseur ou dans sa diffusivité thermique  $\lambda$ . De plus, les flasques, soupapes, armatures et suspensions entraînent elles aussi des fuites thermiques impossibles à calculer exactement. Afin de compenser ces pertes, on applique un facteur de majoration  $m = 1,43$  augmentant ainsi de 30% la puissance calorifique calculée.

Cette majoration ne tient pas compte des éventuelles flasques et armatures non isolées.

| Perte calorifique (%) | 0 | 10   | 15   | 20   | 25   | 30   | 35   | 40   |
|-----------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|
| Facteur z             | 1 | 1,11 | 1,18 | 1,25 | 1,33 | 1,43 | 1,54 | 1,67 |

### A.2 Chauffages de conteneurs pour la stabilisation de la température

L'équation pour le chauffage des conteneurs (2) en rapport avec la surface externe, la différence de température, le matériel isolant et l'épaisseur de ce dernier est similaire à celle des conduites (1).

Conformément à la figure 2, la surface externe du conteneur cylindrique se détermine comme suit:

$$A = \pi \cdot D \cdot (D/2 + H)$$

et pour l'illustration 3, conteneur cubique:

$$A = 2 \cdot [(L \cdot P) + (L \cdot H) + (B \cdot H)]$$

Equation (2)

|                                               |                                                                                                       |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $Q_2$                                         | puissance calorifique [watts]                                                                         |
| $A$                                           | surface totale [m <sup>2</sup> ]                                                                      |
| $\vartheta_B$                                 | température du conteneur [°C]                                                                         |
| $\vartheta_A$                                 | température externe, soit température ambiante [°C]                                                   |
| $\vartheta_B - \vartheta_A = \Delta\vartheta$ | différence de température [K]                                                                         |
| $\vartheta_{IS}$                              | épaisseur de la couche isolante [m]                                                                   |
| $\lambda_{IS}$                                | diffusivité thermique de l'isolation [W/mK]                                                           |
| $D_{IS}$                                      | diamètre extérieur de l'isolation [m]                                                                 |
| $\alpha_A$                                    | coefficient de transmission thermique externe [W/m <sup>2</sup> K]                                    |
| 1,43                                          | facteur de majoration m correspondant à une perte calorifique de 30 % sur la valeur théorique obtenue |

Les mêmes conditions qu'exposées sous pos. 2.1 s'appliquent au coefficient de transmission thermique externe  $\alpha_A$  et aux paramètres complémentaires.

### A.1.3 Allowance for heat losses that cannot be calculated with certainty

Whenever insulation is applied, variances always occur as a result of gaps and variations in thickness and heat conductivity  $\lambda$ . Also, it is impossible to calculate the heat losses created by flanges, valves, piping accessories and hangers precisely. To cover these additional losses, an allowance factor  $z = 1.43$  is applied to increase the calculated heat loss by 30%.

The following allowances do not take any uninsulated flanges or piping accessories into account.

| Heat loss (%) | 0 | 10   | 15   | 20   | 25   | 30   | 35   | 40   |
|---------------|---|------|------|------|------|------|------|------|
| Factor z      | 1 | 1.11 | 1.18 | 1.25 | 1.33 | 1.43 | 1.54 | 1.67 |

### A.2 Tank heating systems for temperature stabilization

Like the simplified Equation (1) for pipe trace heating systems, Equation (2) yields the heating capacity required for tanks as a function of tank surface area, temperature difference, insulation material and insulation thickness.

As depicted in Figure 2, the surface area of cylindrical tanks is calculated with:

$$A = \pi \cdot D \cdot (D/2 + H)$$

As shown in Figure 3, the area of cubic tanks is obtained from:

$$A = 2 \cdot [(B \cdot L) + (L \cdot H) + (B \cdot H)]$$

Equation (2)

- $Q_2$  heating capacity [W]
- $L$  pipe length [m]
- $\vartheta_B$  pipe temperature [°C]
- $\vartheta_A$  ambient or outdoor temperature [°C]
- $\vartheta_B - \vartheta_A = \Delta\vartheta$  temperature difference [K]
- $\lambda_{IS}$  thermal conductivity of insulation [W/mK]
- $D_{IS}$  outside diameter of insulation [m]
- $\alpha_A$  external heat transmission coefficient [W/m²K]
- 1.43 allowance factor z corresponding to 30% heat loss on top of the value calculated theoretically

For the external heat transmission coefficient  $\alpha_A$  and the other variables, the conditions described in point 2.1 apply.

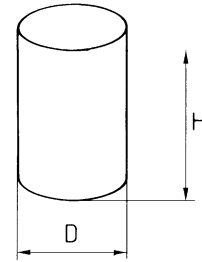


Abbildung / Figure 2

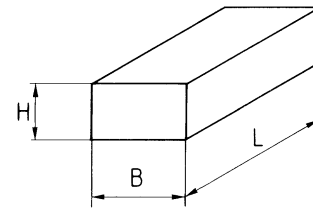


Abbildung / Figure 3

$$\dot{Q}_2 = \frac{A \cdot (\vartheta_B - \vartheta_A) \cdot 1.43}{\frac{\delta_{IS}}{\lambda_{IS}} + \frac{1}{\alpha_A}}$$

Gleichung / Equation 2

### A.3 Ermittlung der Heizleistung (Temperaturerhöhung)

In bestimmten Anwendungsfällen müssen Medien in Rohrleitungen oder in Behältern erwärmt werden können. Verschiedene Medien sind nur oberhalb bestimmter Temperaturen pumpfähig (Viskositätsprobleme) oder kristallisieren unterhalb einer entsprechenden Temperatur. Um in jedem Fall die Betriebssicherheit zu gewährleisten, wird nach Gleichung (3) die zu einer Temperaturerhöhung nötige Heizleistung ermittelt:

Gleichung (3)

- $Q_3$  Heizleistung für gewünschte Temperaturerhöhung [Watt] bei einer Aufheizzeit von einer Stunde  
 $t$  Aufheizzeit in Stunden [h]  
 $M_1$  zu erwärmende Menge des Mediums [kg]  
 $M_2$  zu erwärmende Masse des Rohres oder des Behälters [kg]  
 $c_{p1}$  spezifische Wärme des Mediums [kJ/kgK]  
 $c_{p2}$  spezifische Wärme des Rohres oder des Behälters [kJ/kgK]  
 $\Delta\vartheta$  Temperaturdifferenz, um die das Medium bzw. die Rohre oder Behälter erwärmt werden müssen [K]  
 $0,278 \cdot \text{kJ} = \text{Wh}$

Muss ein Medium zusätzlich aufgeschmolzen werden, muss zusätzlich die Schmelzwärme des Mediums berücksichtigt werden (Änderung des Aggregatzustandes).

### A.4. Totale Heizleistung (Temperaturstabilisierung und -erhöhung)

#### A.4.1 Rohrbegleitheizungen

Die totale Heizleistung  $Q_{\text{tot}}$  ergibt sich durch das Addieren der Heizleistungen aus Gleichung (1) und (3):

$$Q_{\text{tot}} = Q_1 + Q_3$$

#### A.4.2 Behälterbeheizungen

Die totale Heizleistung  $Q_{\text{tot}}$  ergibt sich durch das Addieren der Heizleistungen aus Gleichung (2) und (3):

$$Q_{\text{tot}} = Q_2 + Q_3$$

### A.3 Définition de la puissance calorifique (augmentation de température)

Dans certains cas d'application, le fluide circulant dans les conduites ou stocké dans les conteneurs doit être préchauffé ou chauffé. Certains fluides ne peuvent être pompés qu'à une certaine température (viscosité) et se cristallisent au-dessous de celle-ci. Afin de garantir le fonctionnement en toute circonstance, une majoration de la température sera apportée à la puissance calorifique nécessaire:

Equation (3)

- $Q_3$  puissance calorifique [watts] pour l'augmentation de température nécessaire avec une durée d'échauffement d'une heure  
 $t$  durée d'échauffement en heures [h]  
 $M_1$  quantité de fluide à chauffer [kg]  
 $M_2$  masse des tubes ou du conteneur à chauffer [kg]  
 $c_{p1}$  température spécifique du fluide [kJ/kgK]  
 $c_{p2}$  température spécifique des tubes ou du conteneur [kJ/kgK]  
 $\Delta\vartheta$  différence de température à laquelle le fluide, les tubes et le conteneur doivent être chauffés [K]  
 $0,278 \cdot \text{kJ} = \text{Wh}$

Si en plus le fluide doit être liquéfié, il y aura lieu d'ajouter la chaleur nécessaire à cette opération (modification de l'état de l'agrégat).

### A.4. Puissance calorifique totale (stabilisation et augmentation de la température)

#### A.4.1 Chauffage d'accompagnement de conduites

La puissance calorifique totale  $Q_{\text{tot}}$  est établie par l'addition des puissances calorifiques des équations (1) et (3):

$$Q_{\text{tot}} = Q_1 + Q_3$$

#### A.4.2 Chauffage de conteneurs

La puissance calorifique totale  $Q_{\text{tot}}$  est établie par l'addition des puissances calorifiques des équations (2) et (3):

$$Q_{\text{tot}} = Q_2 + Q_3$$

### A.3 Determination of heating capacity (temperature increase)

In some applications, it is necessary to be able to heat media in pipes or tanks. Some media are pumpable only above a certain temperature (viscosity problems), and some tend to crystal-lize below a certain temperature. To ensure trouble-free operation nevertheless, Equation (3) is employed to calculate the heating capacity required for a given temperature increase:

Equation (3)

$Q_3$  heating capacity [W] required to heat to the desired temperature in one hour  
 $t$  heating time in hours [h]  
 $M_1$  quantity of medium to be heated [kg]  
 $M_2$  mass of pipe or tank to be heated [kg]  
 $c_{p1}$  specific heat of medium [kJ/kgK]  
 $c_{p2}$  specific heat of pipe or tank [kJ/kgK]  
 $\Delta\vartheta$  temperature difference by which the medium and the pipe or tank have to be heated [K]  
 $0.278 \cdot \text{kJ} = \text{Wh}$

If a medium also has to be melted, it is also necessary to take its heat of fusion into consideration (change of state).

### A.4. Total heating capacity (temperature stabilization and increase)

#### A.4.1 Pipe trace heating systems

The total heating capacity  $Q_{\text{tot}}$  is obtained by adding the heating capacities calculated with Equations (1) and (3):

$$Q_{\text{tot}} = Q_1 + Q_3$$

#### A.4.2 Tank heating systems

The total heating capacity  $Q_{\text{tot}}$  is obtained by adding the heating capacities calculated with Equations (2) and (3):

$$Q_{\text{tot}} = Q_2 + Q_3$$

$$\dot{Q}_3 = \Delta\vartheta \cdot 0.278 \cdot (M_1 \cdot c_{p1} + M_2 \cdot c_{p2}) / t$$

Gleichung / Equation 3

$$\dot{Q}_1 = \frac{L \cdot \pi (\vartheta_R - \vartheta_A) \cdot 1,43}{\frac{1}{2 \lambda_{IS}} \cdot \ln \left[ \frac{D_{IS}}{D_R} \right] + \frac{1}{\alpha_A \cdot D_{IS}}}$$

Gleichung / Equation 1

$$\dot{Q}_2 = \frac{A \cdot (\vartheta_B - \vartheta_A) \cdot 1,43}{\frac{\delta_{IS}}{\lambda_{IS}} + \frac{1}{\alpha_A}}$$

Gleichung / Equation 2

$$\dot{Q}_3 = \Delta\vartheta \cdot 0.278 \cdot (M_1 \cdot c_{p1} + M_2 \cdot c_{p2}) / t$$

Gleichung / Equation 3

Eine Rohrleitung DN 50 transferiert ein Medium, das auf einer Temperatur von 120°C warm gehalten werden muss. Um den unterschiedlichen Leistungsbedarf aufzuzeigen, werden sowohl die notwendige Heizleistung für das Vorwärmen der Rohre in 4 Stunden als auch eine Temperaturerhöhung um 140 Kelvin in 12 Stunden ausgewiesen.

### B.1 Heizleistung zur Temperaturstabilisierung

|                     |                            |
|---------------------|----------------------------|
| Rohrdurchmesser     | DN 50                      |
| Isolation           | Mineralfaser<br>0,047 W/mK |
| Isolationsdicke     | 80 mm                      |
| Umgebungstemperatur | –20 °C                     |
| Rohrtemperatur      | 120 °C                     |
| Rohrlänge           | 40 m                       |
| Heizleistung $Q_1$  | 1820 Watt                  |

### B.2 Heizleistung zur Temperaturstabilisierung und zum Vorwärmen der Rohre

|                              |                            |
|------------------------------|----------------------------|
| Rohrdurchmesser              | DN 50                      |
| Isolation                    | Mineralfaser<br>0,047 W/mK |
| Isolationsdicke              | 80 mm                      |
| Umgebungstemperatur          | –20 °C                     |
| Rohrtemperatur               | 120 °C                     |
| Rohrlänge                    | 40 m                       |
| Heizleistung $Q_1$           | 1820 Watt                  |
| Vorwärmzeit der Rohre        | 4 Stunden                  |
| Masse $M_2$ der Rohre        | 180 kg                     |
| spezif. Wärme $c_{p2}$       | 0,447 kJ/kgK)              |
| Heizleistung $Q_3$           | 800 Watt                   |
| total Heizleistung $Q_{tot}$ | 2620 Watt                  |

### B.3 Heizleistung zur Temperaturstabilisierung, zum Vorwärmen der Rohre und zum Aufheizen des Mediums

|                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| Rohrdurchmesser        | DN 50                      |
| Isolation              | Mineralfaser<br>0,047 W/mK |
| Isolationsdicke        | 80 mm                      |
| Umgebungstemperatur    | –20 °C                     |
| Rohrtemperatur         | 120 °C                     |
| Rohrlänge              | 40 m                       |
| Heizleistung $Q_1$     | 1820 Watt                  |
| Aufheizzeit der Rohre  | 12 Stunden                 |
| Masse $M_2$ der Rohre  | 180 kg                     |
| spezif. Wärme $c_{p2}$ | 0,447 kJ/kgK               |

Une conduite DN 50 transporte un fluide devant être maintenu à une température de 120°C. Pour déterminer les diverses puissances nécessaires, on définira la puissance calorifique nécessaire pour l'échauffement des tubes en 4 heures de même qu'une augmentation de température de 140 kelvins en 12 heures.

### B.1 Puissance calorifique pour la stabilisation de la température

|                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| Diamètre tube               | DN 50                     |
| Isolation                   | Pierrelaine<br>0,047 W/mK |
| Épaisseur isolation         | 80 mm                     |
| Température ambiante        | –20° C                    |
| Température conduite        | 120° C                    |
| Longueur conduite           | 40 m                      |
| Puissance calorifique $Q_1$ | 1820 watts                |

### B.2 Puissance calorifique pour la stabilisation de la température et l'échauffement de la conduite

|                                 |                           |
|---------------------------------|---------------------------|
| Diamètre tube                   | DN 50                     |
| Isolation                       | Pierrelaine<br>0,047 W/mK |
| Épaisseur isolation             | 80 mm                     |
| Température ambiante            | –20° C                    |
| Température conduite            | 120° C                    |
| Longueur conduite               | 40 m                      |
| Puissance calorifique $Q_1$     | 1820 watts                |
| Temps d'échauffement des tubes  | 4 heures                  |
| Masse $M_2$ des tubes           | 180 kg                    |
| Chaleur spéc. $c_{p2}$          | 0,447 kJ/kgK              |
| Puissance calorifique $Q_3$     | 800 watts                 |
| Puissance calorifique $Q_{tot}$ | 2620 watts                |

### B.3 Puissance calorifique pour la stabilisation de la température et l'échauffement de la conduite et pour le chauffage du fluide

|                                |                           |
|--------------------------------|---------------------------|
| Diamètre tube                  | DN 50                     |
| Isolation                      | Pierrelaine<br>0,047 W/mK |
| Épaisseur isolation            | 80 mm                     |
| Température ambiante           | –20° C                    |
| Température conduite           | 120° C                    |
| Longueur conduite              | 40 m                      |
| Puissance calorifique $Q_1$    | 1820 watts                |
| Temps d'échauffement des tubes | 12 heures                 |
| Masse $M_2$ des tubes          | 180 kg                    |

A pipe of diameter DN 50 carries a medium that has to be maintained at a temperature of 120°C. To demonstrate the different power levels required, the heating capacities needed to preheat the pipe in 4 hours and to raise the medium's temperature by 140 Kelvin in 12 hours are shown.

## B.1 Heating capacity for temperature stabilization

|                        |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Pipe diameter          | DN 50                       |
| Insulation             | mineral fibre<br>0.047 W/mK |
| Insulation thickness   | 80 mm                       |
| Ambient temperature    | –20 °C                      |
| Pipe temperature       | 120 °C                      |
| Pipe length            | 40 m                        |
| Heating capacity $Q_1$ | 1820 W                      |

## B.2 Heating capacity for temperature stabilization and preheating the pipe

|                                  |                             |
|----------------------------------|-----------------------------|
| Pipe diameter                    | DN 50                       |
| Insulation                       | mineral fibre<br>0.047 W/mK |
| Insulation thickness             | 80 mm                       |
| Ambient temperature              | –20 °C                      |
| Pipe temperature                 | 120 °C                      |
| Pipe length                      | 40 m                        |
| Heating capacity $Q_1$           | 1820 W                      |
| Pipe preheating time             | 4 hours                     |
| Pipe mass $M_2$                  | 180 kg                      |
| Specific heat $c_{p2}$           | 0.447 kJ/kgK                |
| Heating capacity $Q_3$           | 800 W                       |
| Total heating capacity $Q_{tot}$ | 2620 W                      |

## B.3 Heating capacity for temperature stabilization, preheating the pipe, and heating the medium

|                           |                             |
|---------------------------|-----------------------------|
| Pipe diameter             | DN 50                       |
| Insulation                | mineral fibre<br>0.047 W/mK |
| Insulation thickness      | 80 mm                       |
| Ambient temperature       | –20 °C                      |
| Pipe temperature          | 120 °C                      |
| Pipe length               | 40 m                        |
| Heating capacity $Q_1$    | 1820 W                      |
| Pipe heating time         | 12 hours                    |
| Pipe mass $M_2$           | 180 kg                      |
| Specific heat $c_{p2}$    | 0.447 kJ/kgK                |
| Heating capacity $Q_{3R}$ | 260 W                       |
| Medium heating time       | 12 hours                    |
| Medium mass $M_1$         | 190 kg                      |

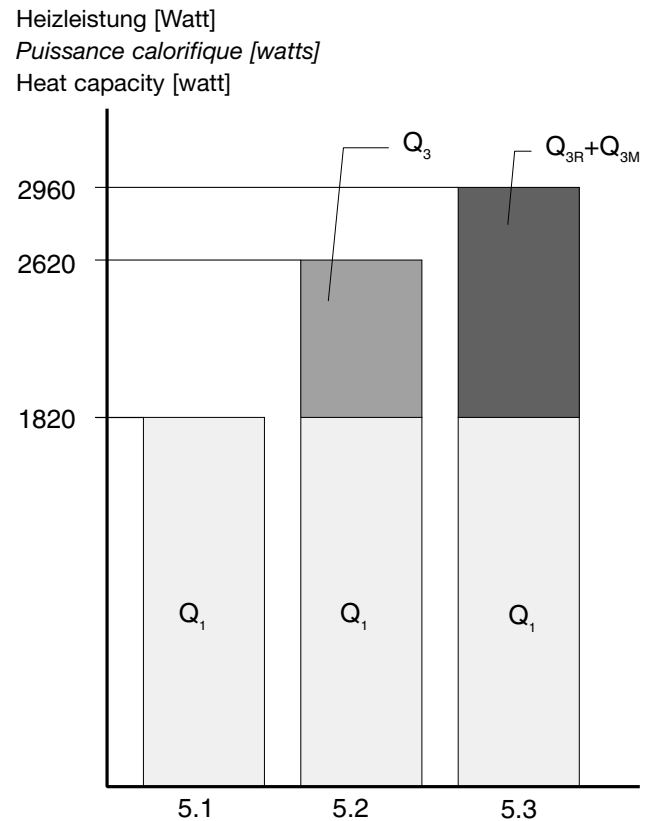


Abbildung 1  
Heizleistung in Funktion der Betriebsbedingungen

Figure 1  
Puissance calorifique en fonction des conditions de service

Figure 1  
Heating capacity as a function of the operating conditions



84

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Heizleistung $Q_{3R}$         | 260 Watt    |
| Aufheizzeit des Mediums       | 12 Stunden  |
| Masse $M_1$ des Mediums       | 190 kg      |
| spezif. Wärme $c_{p1}$        | 1,42 kJ/kgK |
| Heizleistung $Q_{3M}$         | 880 Watt    |
| totale Heizleistung $Q_{tot}$ | 2960 Watt   |

Muss ein Medium zusätzlich aufgeschmolzen werden, muss zusätzlich die Schmelzwärme des Mediums berücksichtigt werden (Änderung des Aggregatzustandes).

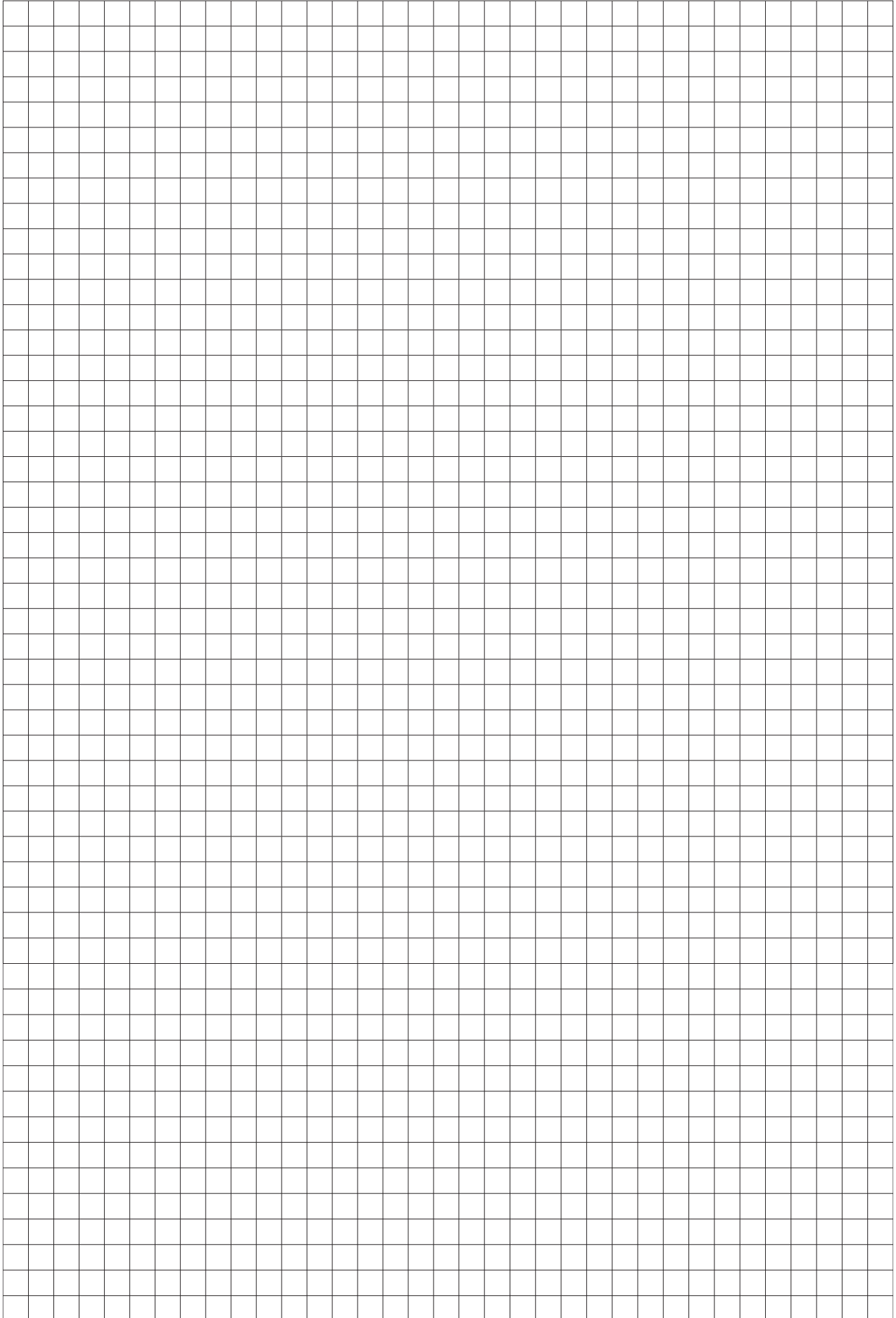
|                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| Chaleur spéc. $c_{p2}$            | 0,447 kJ/kgK |
| Puissance calorifique $Q_{3R}$    | 260 watts    |
| Temps d'échauffement<br>du fluide | 12 heures    |
| Masse $M_1$ du fluide             | 190 kg       |
| Chaleur spéc. $c_{p1}$            | 1,42 kJ/kgK  |
| Puissance calorifique $Q_{3M}$    | 880 watts    |
| Puissance calorifique $Q_{tot}$   | 2960 watts   |

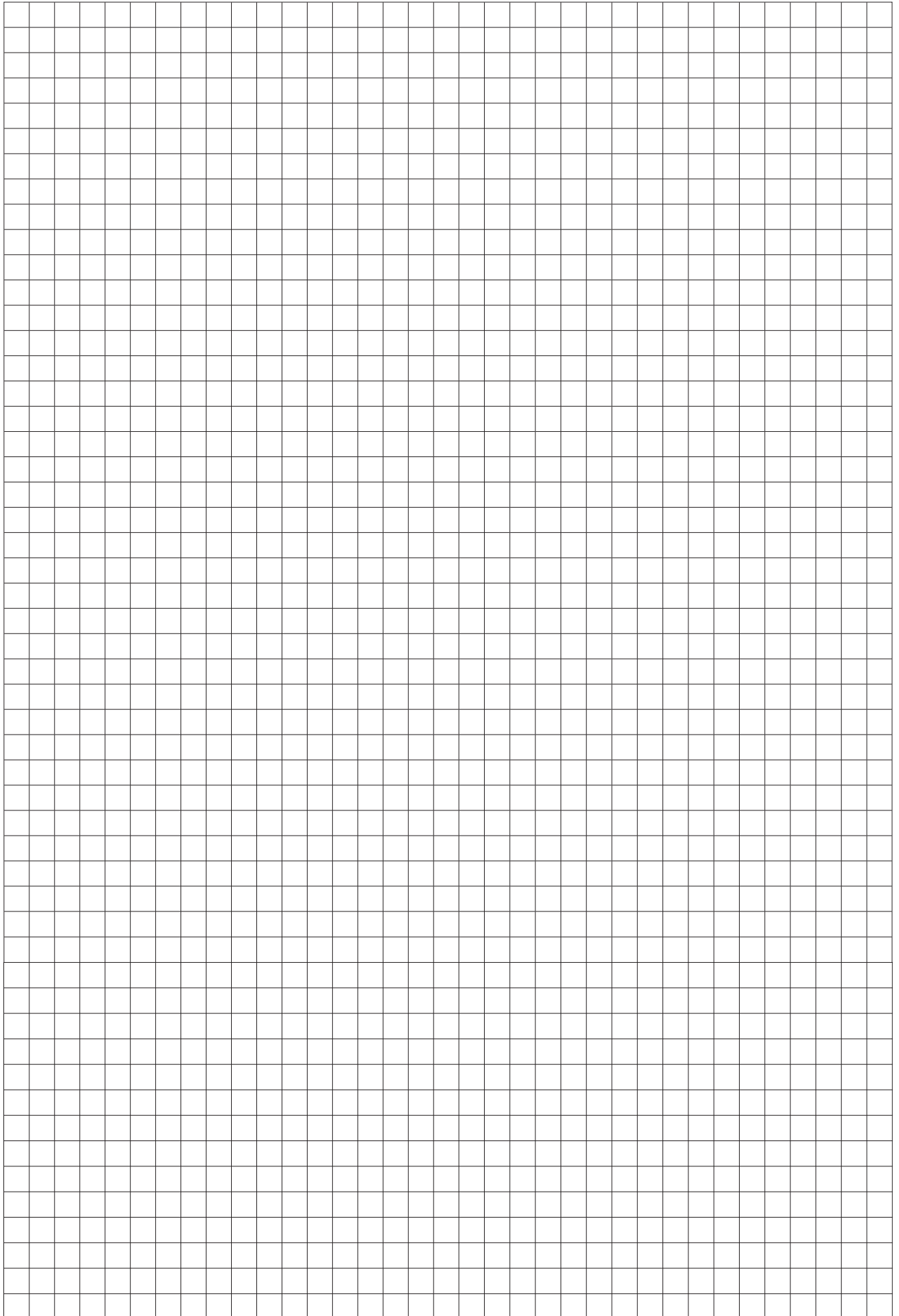
Si en plus le fluide doit être liquéfié, il y aura lieu d'ajouter la chaleur nécessaire à cette opération (modification de l'état de l'agrégat).



|                                  |             |
|----------------------------------|-------------|
| Specific heat $c_{p2}$           | 1.42 kJ/kgK |
| Heating capacity $Q_{3R}$        | 880 W       |
| Total heating capacity $Q_{tot}$ | 2960 W      |

If a medium also has to be melted, it is also necessary to take its heat of fusion into consideration (change of state).





# Ihr Partner für international zertifizierte Lösungen im Explosionsschutz

## Entwicklung und Produktion

### *Explosionssgeschützte Schaltgeräte- kombinationen*

#### Geräteschutzniveau EPL Gb\*

- Druckfeste Kapselung «db»
- Erhöhte Sicherheit «eb»
- Überdruckkapselung «pxb»

#### Geräteschutzniveau EPL Gc\*

- Erhöhte Sicherheit «ec»
- Schwadenschutz «nR»
- Überdruckkapselung «pzc»

#### Geräteschutzniveau EPL Db und EPL Dc\* für staubexplosionssgeschützte Bereiche

- Schutz durch Gehäuse «tb», «tc»
- Überdruckkapselung «pxb», «pzc»

#### Zubehör

- Digitalanzeigen
- Trennschaltverstärker
- Transmitterspeisegeräte
- Sicherheitsbarrieren
- Tastatur und Maus
- Bildschirm
- Industrie-PC

## Leuchten

### Geräteschutzniveau EPL Ga, Gb, Gc und EPL Da, Db, Dc\*

- LED-Hand- und -Rohrleuchten 6–80 Watt
- LED-Leuchten für Schaltschränke
- LED-Langfeldleuchten 18–58 Watt  
(auch mit integrierter Notbeleuchtung)
- Druckfeste LED-Rohre (Ersatz für  
FL-Röhren)
- Signalsäulen
- Strahler
- Sicherheitsbeleuchtung
- Blitzleuchten
- Kesselflanschleuchten

## Elektrische Heizeinrichtungen für Industrieanwendungen

- Luft- und Gaserwärmung (bis 100 bar)
- Flüssigkeitsbeheizungen
- Reaktorbeheizungen (HT-Anlagen)
- Beheizung von Festkörpern
- Sonderlösungen

## Rohr- und Tankbegleitheizungen

- Wärmekabel
  - Wärmekabel mit Festwiderstand
  - mineralisierte Wärmekabel
  - selbstbegrenzende Wärmekabel
- Montagen vor Ort
- Temperaturüberwachungen
  - Thermostate und  
Sicherheits temperaturbegrenzer
  - elektronische Temperaturregler und  
Sicherheitsabschalter
  - Fernbedienungen zu Temperaturregler
- Widerstandsfühler Pt-100 Geräteschutz-  
niveau EPL Ga und Gb\*

## Installationsmaterial

- Zeitweilige Ausgleichsverbindungen
- Erdungsüberwachungssysteme
- Klemmen- und Abzweigkästen
- Motorschutzschalter bis 63 A
- Sicherheitsschalter 10–180 A  
(mittelbare und unmittelbare Abschaltung)
- Steckvorrichtungen
- Reinraumsteckdosen
- Befehls- und Meldegeräte
- Signalgeber
- kundenspezifische Befehlsgeber
- Kabelrollen (max. 3 Flanschsteckdosen)
- Kabelverschraubungen
- Montagematerial

## Inspektionen

Um den ordnungsgemässen Betrieb und die Sicherheit zu gewährleisten, werden Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen besonders genau geprüft. Wir bieten fachgerechte Erstprüfungen und wiederkehrende Prüfungen an. Diese bestehen jeweils aus einer Ordnungsprüfung und einer technischen Prüfung.

## Service Facilities nach IECEx Scheme

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

\*EPL = Equipment Protection Level (Geräteschutzniveau)

# Votre partenaire pour les solutions certifiées en protection antidéflagrante

## Conception et production

### Ensembles d'appareillage antidéflagrants

Niveau de protection du matériel EPL Gb\*

- enveloppe antidéflagrante «db»
- sécurité augmentée «eb»
- enveloppe en surpression «pxb»

Niveau de protection du matériel EPL Gc\*

- sécurité augmentée «ec»
- respiration limitée «nR»
- surpression interne «pzc»

Niveau de protection du matériel EPL Db et EPL Dc\* pour zones protégées contre les explosions de poussière

- Protection par enveloppes «tb», «tc»
- surpression interne «pxb», «pzc»

### Accessoires

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

### Luminaires

Niveau de protection du matériel EPL Ga, Gb, Gc et Da, Db, Dc\*

- LED luminaires tubulaires et baladeuses 6 à 80 watts
- LED luminaires tubulaire pour ensemble d'appareillage
- luminaires linéaires 18 à 58 watts (aussi avec éclairage de secours intégré)
- tubes LED antidéflagrants (en remplacement des tubes FL)
- balise lumineuse
- 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 100 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 Niveau de protection du matériel EPL Ga et Gb

### Matériel de montage et d'installation

- Liaison temporaire
- Dispositifs de contrôle de la mise à la terre
- boîtes à bornes et de jonction
- disjoncteurs-protecteurs jusqu'à 63 A
- interrupteurs de sécurité 10 à 180 A (coupure directe ou indirecte)
- connecteurs
- prises de courant pour salles blanches
- appareils de commande
- transmetteur de signaux
- postes de commande selon spécifications client
- dévidoirs de câble (max. 3 prises encastrable)
- presse-étoupe
- matériel de montage

### Inspections

Dans le but d'assurer une exploitation correcte et la sécurité, les installations en atmosphère explosive doivent être inspectées de manière particulièrement approfondie. Nous proposons également, en plus d'un premier examen, des inspections de routine et des vérifications périodiques.

### Service clients selon le modèle IECEx

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

\*EPL = Equipment Protection Level (Niveau de protection du matériel)

# Your partner for internationally certified solutions in explosion protection

## Design and Production

### *Explosionproof switchgear assemblies*

Equipment protection level EPL Gb

- flameproof enclosure 'db'
- increased safety 'eb'
- pressurized enclosure 'pxb'

Equipment protection EPL level Gc

- increased safety 'ec'
- restricted breathing enclosure 'nR'
- pressurized enclosure 'pzc'

Equipment protection level EPL Db and Dc  
for areas at risk of dust explosions

- protection by enclosure 'tb', 'tc'
- pressurized enclosure 'pxb', 'pzc'

### Accessories

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

### *Lamps*

Equipment protection level EPL Ga, Gb, Gc  
and EPL Da, Db, Dc

- LED hand lamps and tube lights 6 to 80 W
- LED tube lights for switchgear assemblies
- LED linear luminaires 18 to 58 W  
(also with integrated emergency lighting)
- flameproof LED-tubes (Replacement for  
fluorescent tubes)
- signal towers
- reflector lamps
- safety lighting
- flashing lamps
- boiler flange lamps

### *Electric heaters for industrial applications*

- heating of air and gases (up to 100 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
- Equipment protection level EPL Ga and Gb

### *Installation material*

- temporary bonding
- earth monitoring systems
- terminals and junction boxes
- motor protecting switches up to 63 A
- safety switches 10 to 180 A  
(indirect and direct tripping)
- plug-and-socket devices
- clean room power outlets
- control and indicating devices
- signalling device
- customized control stations
- cable reels (max. 3 flange sockets)
- cable glands
- fastening material

## Inspections

Extremely strict inspections are carried out to guarantee the correct operation and safety of installations in hazardous areas. We carry out both professional initial inspections and periodic inspections. These consist of a documentation and organisation check and a technical inspection.

## Service Facilities according to IECEx Scheme

As an IECEx 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-4002 Basel  
Switzerland

**Phone +41 61 307 80 00**

[customer.center@thuba.com](mailto:customer.center@thuba.com)  
[www.thuba.com](http://www.thuba.com)