

**Richtlinien
für Wärmedämmungen
von technischen Anlagen
im Temperaturbereich
von 100 °C bis 650°C**

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

INHALTSVERZEICHNIS

1. Vorwort

1.1 Ziel

2. Zweck und Geltungsbereich

2.1 Zweck

2.2 Geltungsbereich

2.3 Mitgeltende Bestimmungen

3. Verständigung und Begriffe

3.1 Verständigung

3.2 Dämmtechnische Begriffe

3.2.1 Auslegungstemperatur

3.2.2 Dämmsystem

3.2.3 Wärmebrücken

3.3 Wärmeschutz

3.3.1 Dämmstoff

3.4 Konstruktionsbegriffe

3.4.1 Befestigungsmittel

3.4.2 Stützkonstruktion

3.4.3 Tragkonstruktion

3.5 Umhüllung

3.6 Kappen

3.7 Hauben

3.8 Matratzen

3.9 Brandschutz

3.10 Schallschutz

4. Planung

4.1 Allgemeiner Planungshinweis

4.2 Planungshinweis für Architekten und Ingenieure

4.2.1 Objekt, Anlageteile, Abstände, Spezielle Hinweise

4.2.2 Montagevoraussetzungen für Installations-Isolierfirmen

4.4 Spezielle Hinweise für Dampferzeuger

4.5 Erfassen sämtlicher Daten auf Datenblatt

5. Berechnungs- und Dimensionierungsmethoden, spezielle Probleme

5.1 Einleitung

5.2 Berechnungsmethoden

5.2.1 Wärmetransmission

5.2.2 Temperaturänderung des Mediums

5.2.3 Wärmebrücken

5.3 Dimensionierungsmethoden

- 5.3.1 Berührungsschutz
- 5.3.2 Wärmeschutz
- 5.3.3 Wirtschaftlichkeit
- 5.4 Spezielle Probleme
 - 5.4.1 Leitungen mit intermittierendem Betrieb
 - 5.4.2 Rauchgaskanäle
 - 5.4.3 Leitungen im Erdreich
 - 5.4.4 Anlagen im Freien
 - 5.4.5 Begleitheizungen
 - 5.4.6 Mehrschichtige Wärmedämmungen
 - 5.4.7 Dampferzeuger
 - 5.4.8 Tauwasserbildung
 - 5.4.9 Brandschutz
- 5.5 Berechnungsbeispiele
 - 5.5.1 Leitungen
 - 5.5.2 Kanäle
 - 5.5.3 Behälter, Apparate, Speicher, Kessel, etc.
 - 5.5.4 Armaturen
 - 5.5.5 Wärmebrücken
- 5.6 Bezeichnungen, Begriffe, Einheiten

6. Ausführung

- 6.1 Dämmung
- 6.2 Halterungen
- 6.3 Stützkonstruktion
- 6.4 Tragkonstruktion
- 6.5 Umhüllung
- 6.6 Funktion/Dimensionierung/Ausführung
 - 6.6.1 Stützkonstruktion
 - 6.6.2 Tragkonstruktion
- 6.7 Applikation, Montage-Technik
 - 6.7.1 Dämmstoffe
 - 6.7.2 Konstruktion
 - 6.7.3 Umhüllungen
 - 6.7.4 Kappen
 - 6.7.5 Matratzen

7. Materialkennwerte

7.1 Dämmstoffe

- Rohdichte
- Temperaturbeständigkeit
- Brandkennziffer
- Wärmeleitfähigkeit

7.2 Trag- und Stützkonstruktion

- Hilfswerkstoffe
- Zwischenlagen
- Befestigungen

7.3 Umhüllungen

Befestigungen

7.4. Dämmstoff-Befestigungen

Hilfswerkstoffe

Ausführung

8. Leistung und Lieferung

(siehe auch Kapitel 4)

8.1 Ausschreibungsunterlagen

8.2 Leistungen des Planers

8.3 Leistungen des Unternehmers

8.3.1 Inbegriffene Leistungen

9. Anhang

9.1 Wärmeleitung

9.2 Wärmeübergang

9.3 Daten von festen Stoffen (Rohr- und Behälterwerkstoffe)

9.4 Daten von flüssigen Stoffen (Rohr- und Behälterinhalte)

9.5 Daten von gasförmigen Stoffen (Rohr- und Behälterinhalte)

9.6 Oberflächen und Volumen von Behältern

9.7 Gewichte von Dämmsystemen für Rohre

9.8 Sattdampftabelle

9.9 Verschiedenes

9.9.1 Nutzungszeiten von technischen Wärmedämmungen

9.9.2 Kommerzielle Berechnungen

9.9.3 Längenausdehnungen

9.9.4 Energie (Begriffe, Einheiten, Preise)

9.9.5 Chloridgehalt von Mineralwolle-Dämmstoffen

9.9.6 Energie- und Schadstoffbilanzen, Ökologische Betrachtungen

9.9.7 Arithmetisches Näherungsverfahren

9.9.8 Sachwörter-Verzeichnis

9.9.9 Diverses (Literatur, Institutionen)

1. Vorwort

Die vorliegende VSI-Richtlinie für betriebstechnische Anlagen enthält Grundlagen für die Planung und Ausführung der erforderlichen Dämmungen zur Erfüllung der gestellten Anforderungen. Betriebstechnische Anlagen sind Wärmeerzeugungs-, Produktions- und Verteilanlagen, z.B. Dampferzeuger, Apparaturen, Kolonnen, Tanks sowie Rohrnetze.

Die Dämmung, resp. das Dämmsystem wird vorrangig nach betriebstechnischen und wirtschaftlichen Kriterien ausgewählt. Ebenso wichtig sind die Einkaltung der zugelassenen Oberflächentemperaturen und zulässigen Temperaturänderungen des Mediums.

Ziel

Die Wärmedämmungen begrenzen eine verfahrenstechnisch unerwünschte Wärmeabgabe oder Aufnahme des Mediums und verringern die dadurch verursachten Kosten unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Kriterien.

Wärmedämmungen können weiterhin die Aufgaben haben, vor Verbrennungen zu schützen.

Schalldämmungen sollen Geräuschemissionen auf das geforderte Mass verringern.

Brandschutzdämmungen sollen im Brandfall gefährliche Betriebszustände in der Anlage verhindern, die Funktion tragender Maschinenteile bis zum Eintreffen der Feuerwehr schützen und das Fortleiten und Ausdehnen von Bränden begrenzen.

2. Zweck und Geltungsbereich

Zweck

Erfassen sämtlicher Daten, die notwendig sind für die Erfüllung der gestellten Anforderungen.

Betriebstechnische Kriterien

- Art des ruhenden oder strömenden Mediums
- Betriebstemperatur des Mediums
- zulässiger Wärmestrom
- zulässige Temperaturänderung

- Klima, z.B. Umgebungstemperatur, relative Luftfeuchtigkeit
 - Betriebsweise, z.B. intermittierend
 - Standort
 - Abmessungen des Objekts
-
- Abstände zwischen den gedämmten Objekten und zwischen dem gedämmten Objekt und anderen Bauteilen.
 - Oberflächentemperatur der Ummantelung, Schutz vor Verbrennung (Berührungsschutz).
 - Mechanische, chemische und thermische Beanspruchungen.

Wirtschaftliche Kriterien

- Wärmepreis
- Kapitalaufwand
- Reparatur- und Ueberwachungskosten
- Nutzungsdauer
- Herstellung und Entsorgungskosten der Dämmsysteme

Diese Richtlinie fasst den heutigen Stand der Technik zusammen.

Die vorgeschlagenen Forderungen sind mit Rücksicht auf die physikalischen Bedingungen und ein zu garantierendes, ausreichendes Sicherheitsniveau festgelegt.

Mit dieser Massgabe machen die hier vorgestellten Richtlinien nicht nur die Qualitätsforderungen und die damit verbundenen Kosten verschiedener Ausführungsmöglichkeiten deutlich, sondern sie können darüber hinaus beim Entwurf eines Isoliersystems Lösungsmöglichkeiten für technische Probleme aufzeigen.

2.2 Geltungsbereich

Diese Richtlinie hat Geltung für die Planung, Berechnung und Ausführung von Dämmsystemen an betriebstechnischen Anlagen im Temperaturbereich von 100°C bis 650°C.

Behandelt werden in diesen Richtlinien:

Praktische Anwendung

- Apparate, Behälter, Kessel, Speicher, Dampferzeuger
- Kanäle
- Rohrnetze
- Armaturen

Spezielle Probleme

- Leitungen mit intermittierendem Betrieb
- Rauchgaskanäle - Taupunkt
- Mehrschichtige Dämmungen
- Leitungen im Erdreich
- Anlagen im Freien

Nicht behandelt werden

- Begleitheizsystem mit Wärmeträgern

2.3 Mitgeltende Bestimmungen

Normen und Empfehlungen des SIA im allgemeinen

Im speziellen

- Empfehlung SIA 380/3
Wärmedämmung von Leitungen, Kanälen und Behältern
- Empfehlung SIA 181
Schalldämmung im Hochbau
- Eidgenössische und kantonale Energiegesetze
Rechtserlasse
Verordnungen
Vorschriften
- Betriebsinterne Normen
Richtlinien
Anweisungen
Empfehlungen
- Wegleitung der Feuerpolizeivorschriften der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen VKF
- Brandschutzdossier
Brand-Verhütungsdienst für Industrie und Gewerbe BVD
- Brandschutzregister VKF
Verzeichnis der technischen Auskünfte

3. Verständigung, Begriffe

3.1 Verständigung

Die in diesen VSI-Richtlinien empfohlenen Dämmungen, abgestimmt auf die Auslegungstemperatur, Zweckmässigkeit und Wirtschaftlichkeit, sind fachtechnisch eingeteilt in:

- Wärmeschutz
- Brandschutz
- Schallschutz

bestehend aus diversen Dämmsystem-Komponenten, wie

- Dämmstoff
- Stützkonstruktion
- Tragkonstruktion
- Ummantelung
- Kappen und Hauben
- Matratzen

unter Vermeidung von Wärme- oder Schallbrücken, bei

- Wanddurchbrüchen
- Bodendurchbrüchen
- Rohrhalterung- Abstützung
- Auflagen, Füsse

3.2 Dämmtechnische Begriffe

3.2.1 Auslegungstemperatur

Die der Berechnung zugrunde gelegten max. Temperaturen für Betrieb und Umgebung.

3.2.2 Dämmsystem

Kombination von chemisch und physikalisch aufeinander abgestimmten Komponenten der Dämmung inkl. Trag- und Stützkonstruktion und Umhüllung.

3.2.3 Wärmebrücken

Sind Bereiche im System, in denen die Wärmestromdichte im Vergleich zur angrenzenden Dämmung grösser ist, z.B. Trag- und Stützkonstruktionen, Rohraufhängungen und Abstützungen.

3.3 Wärmeschutz

Schalen, Matten oder Platten von verschiedener Rohdichte abgestimmt auf die Betriebstemperaturen, einschliesslich mech. Befestigung.

3.3.1 Dämmstoff

Schicht aus wärmedämmenden Stoffen, mit einer Wärmeleitfähigkeit von (W/mk) bei einer bestimmten Betriebstemperatur.

3.4 Konstruktionsbegriffe

3.4.1 Befestigungsmittel

Materialien zum Befestigen der Dämmsysteme.

3.4.2 Stützkonstruktion

Stützkonstruktionen halten die Ummantelung im Abstand der Dämmdichte vom Objekt.

3.4.3 Tragkonstruktion

Tragkonstruktionen übertragen die Lasten aus der Dämmung und die auf Dämmstoff einwirkenden Kräfte über Halterungen oder direkt auf das Objekt.

3.5 Umhüllung

Umhüllungen, auch Mäntel genannt, schützen die Dämmstoffe gegen mechanische Beschädigungen und Witterungseinflüsse. Sie können darüber hinaus auch noch andere Funktionen übernehmen.

3.6 Kappen

Kappen sind leicht abnehmbare, mit Hebelverschlüssen gehaltene Teile der Umhüllung. Sie bestehen aus mindestens zwei Teilen.

3.7 Hauben

Hauben sind Teile der Umhüllung, z.B. Armaturen, Flanschen, Mannlöcher. Sie sind mit der übrigen Umhüllung verschraubt.

3.8 Matratzen

Matratzen für Armaturen, Flanschen und spez. Formstücke bestehend aus:

- innere Abdeckung Glasgewebe roh, resp. Glasgewebe mit eingewirkten V4A-Stahldraht resp. V2A-Stahlgewebe.
- Aeussere Abdeckung Glasgewebe mit aufgedampfter Aluschicht oder aufgeklebter Alufolie.

Die Matratzen sind zwei bis vierteilig. Die Matratzen werden mit anorganischen Fasermatten, Wolle oder Schalen aufgefüllt und allseitig mit Glasfäden sauber vernäht. Die Befestigung der Matratze erfolgt mittels Haken und Federn, resp. Spannbändern und Verschlüssen.

3.9 Brandschutz

Platten oder Matten von vorgeschriebener Raumdichte, mit oder ohne Beschichtung oder zusätzliche Umhüllung, appliziert gemäss Vorschrift, Anforderung und Empfehlung der Hersteller. Die Stoffe müssen den Anforderungen der VKF entsprechen und sowie die Vorschriften und Verordnungen erfüllen.

Art und Umfang des Brandschutzes sind vom Planer gemeinsam mit Behörden, Feuerwehr, Sicherheitsbeauftragten und Betreiber festzulegen.

- Klassierung

Brennbarkeitgrad und Qualmgrad

Brandkennziffer BKZ (Brandkennziffer)

- Klassierung

Techn. Auskunft, TA-Nr.

Brandschutzregister VKF (Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen)

3.10 Schallschutz

Kombination von verschiedenen Platten und Matten mit unterschiedlicher Rohdichte, inkl. Umhüllung oder Armierung. Die Anforderungen an den Schutz gegen Geräusche von betriebstechnischen Anlagen sind erfüllt, wenn der betreffende Zahlenwert im Nutzungsbereich erreicht oder unterschritten wird.

4. Planung

4.1 Allgemeine Planungshinweise

Die Dämmungen haben in Bezug auf die Qualität dem jeweiligen Stand der Technik zu entsprechen. Die Dämmstoffe sind dem Temperaturniveau des Mediums entsprechend auszuwählen. Es sind solche Dämmstoffe zu verwenden, die ihre Dämmwirkung (Wärmeleitung, Formstabilität) bei vorgegebenen Betriebsbedingungen unverändert beibehalten. Die zur Anwendung gelangenden Stoffe müssen mit den angrenzenden Materialien verträglich sein. Dämmstoffe dürfen keine Bestandteile enthalten, die bei der vorgesehenen Betriebsart schädlich auf die zu dämmende Installation einwirken können. Art und Werkstoff der zu dämmenden Systeme müssen bekannt sein. Es sind nur solche Werkstoffe zu verwenden, die den Anforderungen bezüglich Gesundheit und Umweltschutz entsprechen. Insbesondere gilt dies für Klebstoffe und Anstriche.

Organische Medien, z.B. Wärmeträgeröle können sich auf faserigen Dämmstoffen selbst entzünden (Flammpunkt). Es ist deshalb zu prüfen, ob zusätzliche Massnahmen, z.B. geschlossenzellige Dämmstoffe verwendet werden müssen.

4.2 Planungshinweise für Architekten und Ingenieure

Anlagen, die gedämmt werden sollen, müssen so geplant und konstruiert werden, dass alle Forderungen, die zur Erfüllung der optimalen Anbringung der Dämmung notwendig sind, erfüllt werden.

Erfassen der Betriebsbedingungen, wie Mediumtemperatur, Umgebungstemperatur, relativer Feuchtigkeit, Betriebsarten, Umwelteinflüssen (siehe Datenblatt).

Festhalten des Standortes der Anlage oder Anlageteile.

Beachten der brandschutztechnischen Vorschriften, Brandabschnitte, Durchbrüche.

Bestimmen der gewünschten Lebensdauer der Anlage und des Dämmsystems.

Wählen des Dämmsystems nach Anwendungsbereich.

Konzipieren der Anlage, unter Berücksichtigung, dass das Dämmsystem gewartet werden muss.

Zur Vermeidung von Wärme- und Schallbrücken dürfen die Anlageteile und ihre Halterungen bzw. Befestigungen keine direkten Verbindungen aufweisen.

4.2.1 Betriebstechnische Anlagen müssen so geplant sein, dass um die Dämmung ein ausreichender Abstand vorhanden ist.

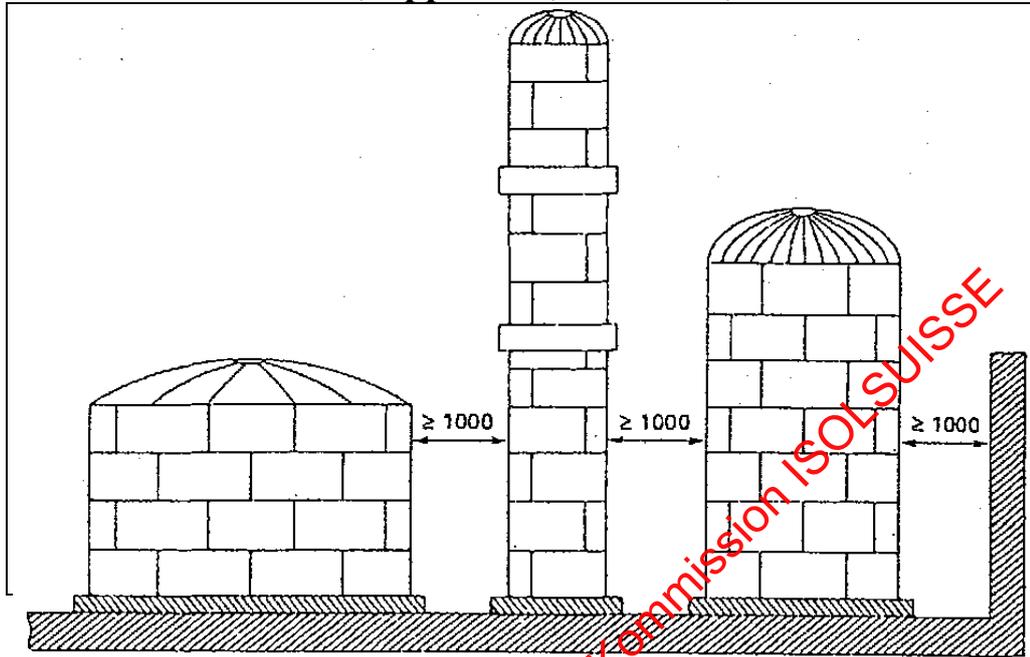
Rohrleitungen 100 mm

Behälter, Apparate, Tank, etc. 1000 mm

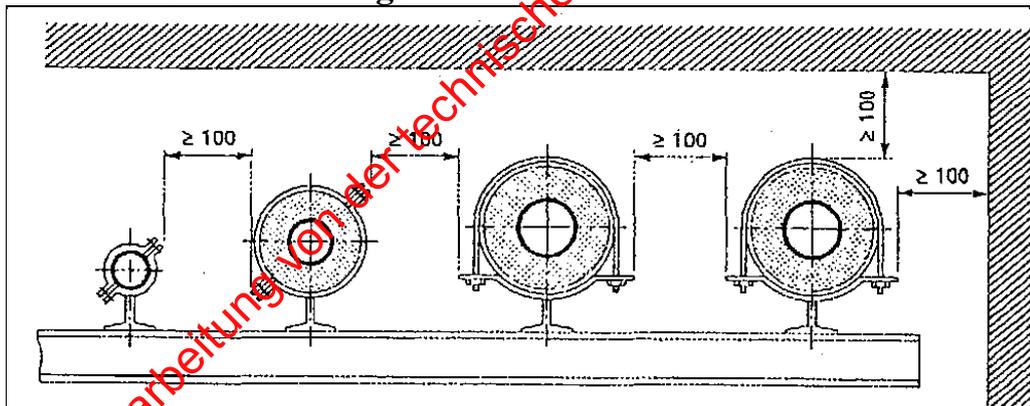
Rrohrhalterungen müssen in Form, Konstruktion und Abmessungen so ausgeführt werden, dass das Anbringen der Dämmung so wenig wie möglich behindert wird. Thermometerstutzen, Fühler, etc. müssen mindestens 20 mm über das Dämmsystem herausragen. Die gedämmten Anlageteile dürfen nicht für die Befestigung von anderen Installationen vorgesehen werden. Wand- und Deckendurchbrüche müssen die Einhaltung der Dämmdicke sowie die Ausführung des vorgesehenen Dämmsystems gewährleisten. Abmessungen der Anlagen müssen im Detail aufgeführt werden. Schweissarbeiten am Objekt gehören nicht zum Leistungsumfang der Dämmfirma. Die nachfolgend aufgeführten Montagevoraussetzungen für Installations- und Isolierfirmen müssen bauseitig erfüllt werden.

4.2.1 Erforderliche Mindestabstände

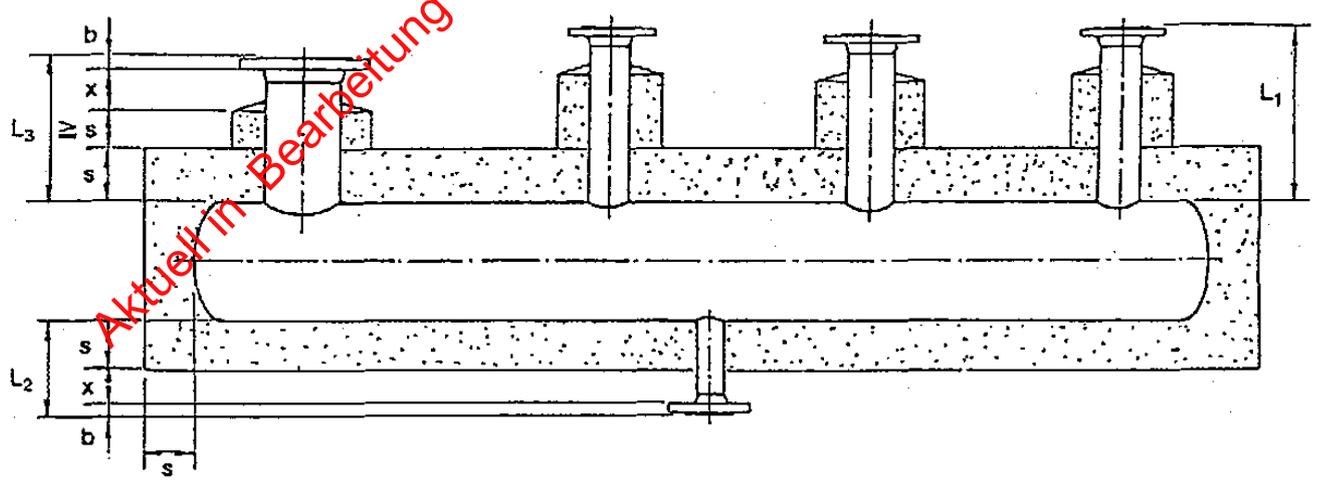
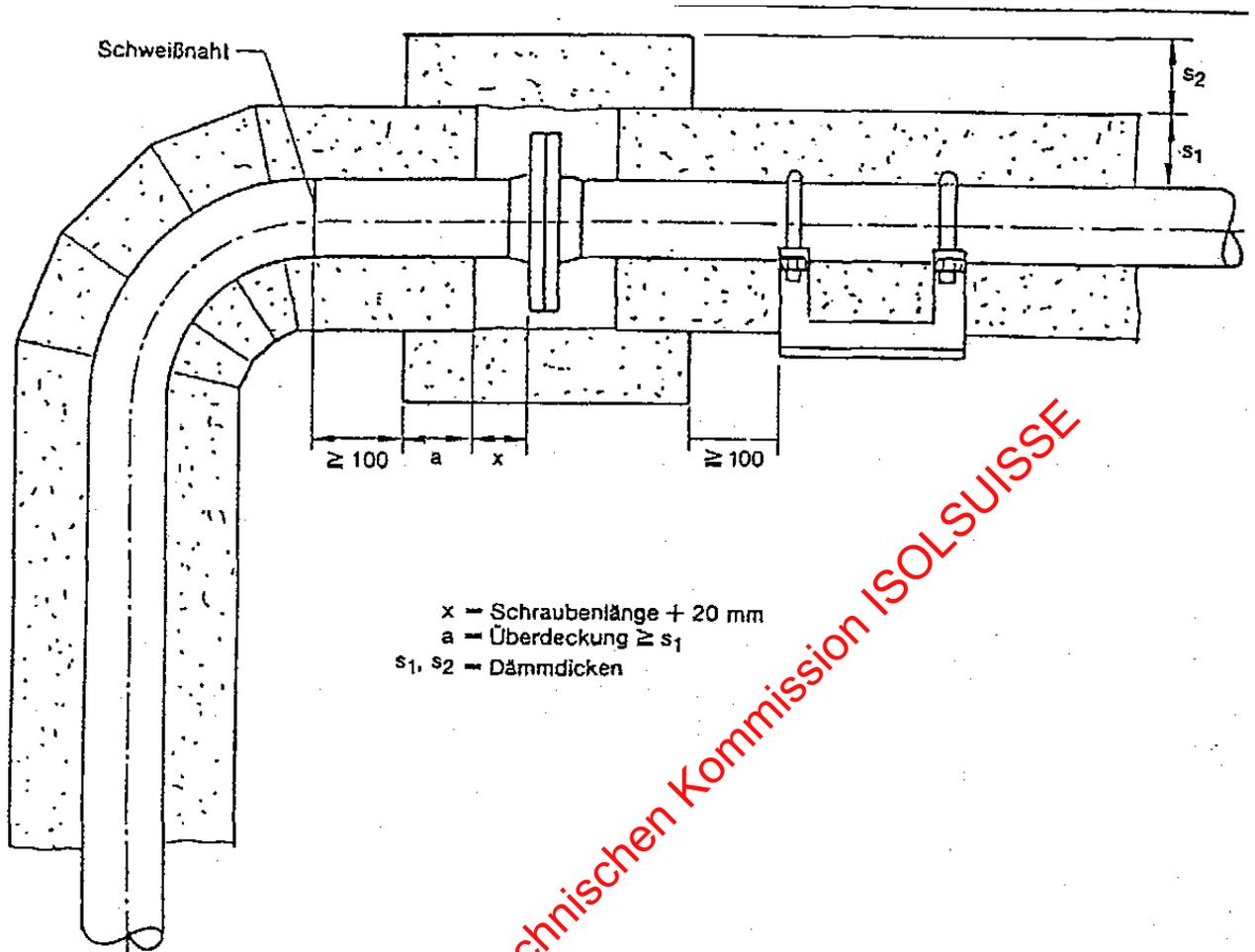
Bei Behältern, Apparaten, Kolonnen, Tanks:



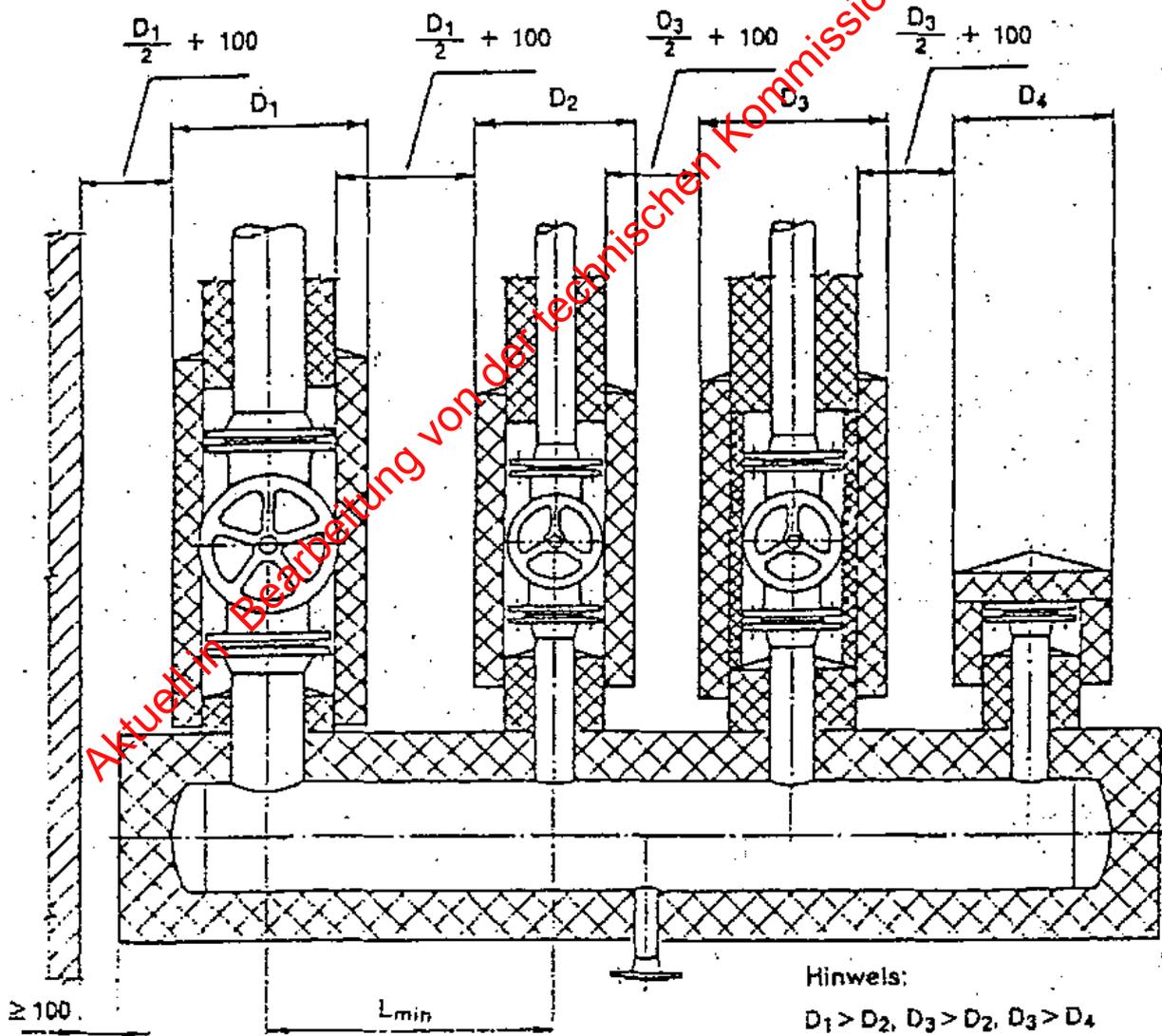
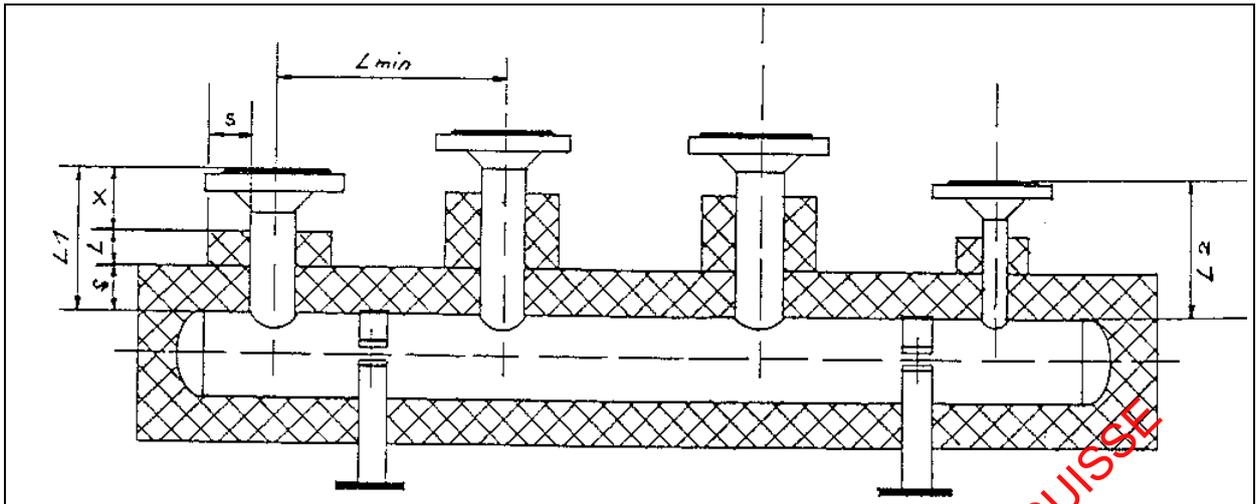
Bei Rohrleitungen:

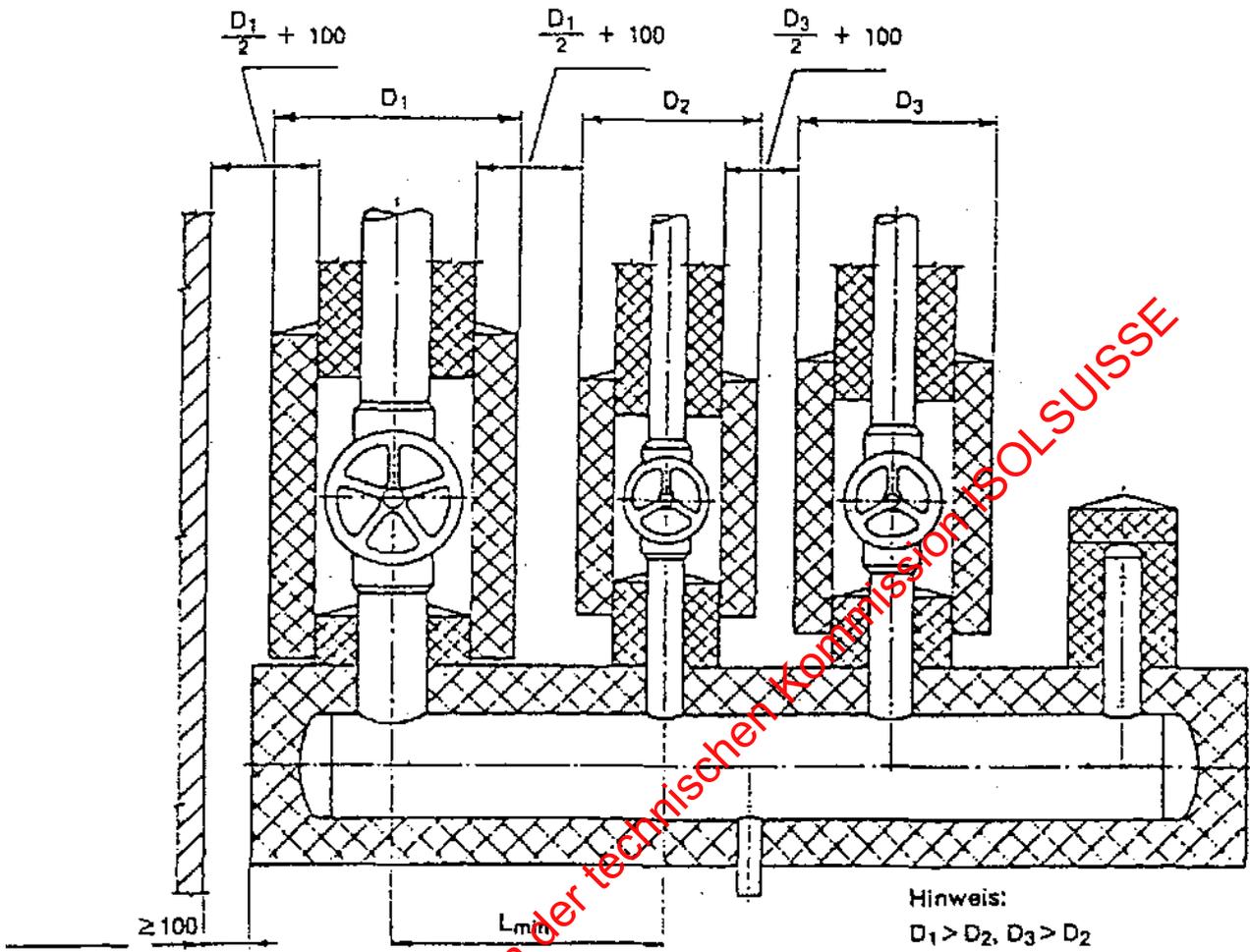


Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE



- L_1, L_2, L_3 = Stützenlänge
- s = Dämmdicke
- x = Schraubenlänge + 20 mm
- b = Flanschdicke





Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

4.3 Montagevoraussetzungen für Installations- und Isolierfirmen

Das bauseits vorgesehene Dämmsystem ist auf Grund der angegebenen technischen Daten zu überprüfen. Die zu dämmenden Anlageteile sind auf Eignung der gestellten Anforderungen zu prüfen (Ort, Zugänglichkeit). Die zu dämmenden Anlageteile müssen schmutz-, rost- und fettfrei sein. Betriebstechnische Anlagen müssen so montiert sein, dass um das vorgesehene Dämmsystem ein ausreichender Abstand vorhanden ist; sie müssen allseitig zugänglich sein. Die korrosionsgefährdeten Anlageteile sind gemäss den Richtlinien für Korrosionsschutz zu behandeln. Zur Vermeidung von Wärme- und Schallbrücken dürfen die Anlageteile und ihre Halterungen bzw. Befestigungen keine direkten Verbindungen aufweisen.

Das Dämmsystem muss auch im Bereich der Boden, Wand- und Deckendurchführungen die Anforderungen erfüllen. Bezeichnungsschilder und elektrische Anschlussleitungen dürfen nicht direkt auf die zu dämmenden Anlageteile montiert werden. Thermometerstutzen, Fühler usw. müssen mindestens 20 mm über das Dämmsystem herausragen. Arbeiten dürfen ausserdem nicht bei Schnee oder Regen ausgeführt werden. Können diese Forderungen nicht eingehalten werden, sind besondere Massnahmen, z.B. Wetterschutz zu vereinbaren. Diese Montagevoraussetzungen für Installations- und Isolierfirmen müssen bauseitig erfüllt werden. Montage- und Anwendungsvorschriften von Produzenten und Lieferanten müssen befolgt werden.

4.4 Dampferzeuger

Dämmarbeiten an Dampferzeugern sind nach Arbeitsblatt Q 101, Teil 1, der Arbeitsgemeinschaft Industriebau e.V., D-Köln, auszuführen.

Besonders zu beachten sind folgende Punkte:

- Schweißarbeiten an Druckteilen sind vom Dampferzeuger-Hersteller auszuführen
- Die Werkstoffe sind der Temperatur entsprechend vom Hersteller auszuwählen
- Druckfeste Dämmstoffe, wie Fibersilikat und Calciumsilikat
- Gleitende Unterkonstruktionen
- Objektunabhängige Konstruktionen
- Warm- oder kaltliegende Bandagen
- Isolations-Befestigungen
- Abschottungen, zur Herabsetzung der Konvektion

- Toträume
- Luftschichten
- Metall-Folien als Strömungsbremse
- Dehnungsnähte in der Umhüllung
- Kompensatoren aus Weichstoffen und Metall
- Einsteigtüren und Schauluken

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

4.5 Datenblatt

Firma _____ Ort _____
Adresse _____ Tel. _____
Branche _____

Anlage _____
Ort _____
Ziele der Dämmung _____

1. Das Dämmsystem ist wie folgt zu spezifizieren:

Mindest-Dämmdicke gemäss Energieverordnung _____ ja/nein
Berührungsschutz _____ ja /nein
Wärmeschutz _____ ja/nein
Wirtschaftlichkeit _____ ° C/Std
Tauwasservermeidung _____ ja/nein

2. Technische Daten

Medium _____
– Temperatur _____ ° C
– Taupunkt _____ %

Umgebung _____
– Temperatur _____ ° C
– Rel. Luftfeuchtigkeit _____ %
– Windanfall _____ m/sec.

Betriebsart
– Dauerbetrieb _____ ja/nein*
– intermittierender Betrieb _____ ja/nein*
– Stillstandszeit pro Unterbruch _____ Std.
Gewünschte Lebensdauer _____ Jahre
Montageort _____

3. Umwelteinflüsse

Wasser (z.B. Spritzwasser, etc.) _____
Mech. Einflüsse _____
Dämpfe und Säuren _____

*Nichtzutreffendes streichen

4. Anlagespezifikation

Material	Stahlqualität*	_____
	Chromstahl*	_____
	Kupfer*	_____
	Kunststoff*	_____

5. Korrosionsschutz _____

6. Schallschutz _____

7. Brandschutz ¹BKZ _____ ²F _____

¹Brandkennziffer BKZ
²Feuerwiderstandsklasse*
F30/F60/F90

8. Dimensionen und Masse

aus Plan Nr. _____
Vorausmass vom _____ durch _____

9. Angabe zur Montage

Die Kanäle / Gebäude, in denen die Arbeiten ausgeführt werden sollen, sind begehbar*/befahrbar*/bekriechbar

10. Allfällige Vorbehalte _____

Aufgrund der vorliegenden Angaben wird das Dämmsystem bestimmt.

Ort und Datum: _____

Für die Richtigkeit: _____

*Nichtzutreffendes streichen

5. Berechnungs- und Dimensionierungsmethoden, spezielle Probleme

5.1. Einleitung

5.2. Berechnungsmethoden

- 5.2.1. Wärmetransmission
- 5.2.2. Temperaturänderung des Mediums
- 5.2.3. Wärmebrücken

5.3. Dimensionierungsmethoden

- 5.3.1. Berührungsschutz
- 5.3.2. Wärmeschutz
- 5.3.3. Wirtschaftlichkeit

5.4. Spezielle Probleme

- 5.4.1. Leitungen mit intermittierendem Betrieb
- 5.4.2. Rauchgaskanäle
- 5.4.3. Leitungen im Erdreich
- 5.4.4. Anlagen im Freien
- 5.4.5. Begleitheizungen
- 5.4.6. Mehrschichtige Wärmedämmungen
- 5.4.7. Dampferzeuger
- 5.4.8. Tauwasserbildung
- 5.4.9. Brandschutz

5.5. Berechnungsbeispiele

- 5.5.1. Leitungen
- 5.5.2. Kanäle
- 5.5.3. Behälter, Apparate, Speicher, Kessel usw.
- 5.5.4. Armaturen
- 5.5.5. Wärmebrücken

5.6. Bezeichnungen, Begriffe, Einheiten

Aktuelle Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

5.1. Einleitung

Wärmedämmtechnische Berechnungen müssen insbesondere zur Lösung folgender drei Aufgaben durchgeführt werden:

1. Wärmestrom

Berechnet werden u.a.:

- der Wärmestrom, der durch die Wärmedämmung fließt (Wärmeverlust);
- die Oberflächentemperatur.

2. Temperaturänderung des Mediums

Die drei wichtigsten Fälle sind

- die Temperaturänderung des strömenden Mediums in der Leitung;
- die Temperaturänderung des ruhenden Mediums in der Leitung
- die Temperaturänderung des ruhenden Mediums im Behälter.

3. Wirtschaftliche Dämmdicke

Welche Dämmdicke ist zu wählen, damit die Gesamtkosten, bestehend aus Kapitalkosten und Energiekosten, minimal sind?

Die genaue rechnerische Bestimmung von Wärmetransmissionen bei technischen Anlagen ist ebenso schwierig wie ihr effektiver Nachweis mittels geeigneten Messinstrumenten.

Schwierigkeiten, auf die man bei der rechnerischen Bestimmung von Wärmeverlusten stösst, sind insbesondere

- die genaue Bestimmung des äusseren Wärmeübergangs;
- die genaue Bestimmung der wirksamen Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs;
- die genaue Berücksichtigung der Wärmebrücken.

Grundsätzlich halte man sich an bewährte normierte Methoden, z.B. an die Richtlinien des Vereins Deutscher Ingenieure:

VDI 2055 (Juli 1994); Wärme- und Kälteschutz für betriebs- und haustechnische Anlagen.

Die nachfolgenden vereinfachten Berechnungsmethoden berücksichtigen den aktuellen Wissenstand. Sie sind so dargestellt, dass deren Anwendung auch eher praxisorientierten Fachleuten möglich sein sollte.

5.2. Berechnungsmethoden

5.2.1. Wärmestrom

Ebene:
$$\dot{Q}_E = \frac{\vartheta_M - \vartheta_U}{R_E} \quad R_E \text{ gemäss Kapitel 5.6}$$
 [1.1]

Hohlzylinder (Rohr):
$$\dot{Q}_R = \frac{\vartheta_M - \vartheta_U}{R_R} \quad R_R \text{ gemäss Kapitel 5.6} \quad [1.2]$$

Hohlkugel (Behälter):
$$\dot{Q}_B = \frac{\vartheta_M - \vartheta_U}{R_B} \quad R_B \text{ gemäss Kapitel 5.6} \quad [1.3]$$

5.2.2. Temperaturänderung des Mediums

Strömendes Medium in Rohr:
$$\vartheta_{Me} = \vartheta_U + e^{-\frac{L}{1000 \cdot c_M \cdot \dot{m}_M \cdot R_R}} \cdot (\vartheta_{Ma} - \vartheta_U) \quad [2.1]$$

Näherungsgleichung:
$$\Delta \vartheta_M = \frac{\dot{Q}_R \cdot L}{1000 \cdot c_M \cdot \dot{m}_M} \quad [2.2]$$

Ruhendes Medium in Rohr:
$$\vartheta_{Me} = \vartheta_U + e^{-\frac{3.6 \cdot z}{c_R \cdot m_R + c_M \cdot m_M} \cdot \frac{\dot{Q}_R}{\vartheta_R}} \cdot (\vartheta_{Ma} - \vartheta_U) \quad [2.3]$$

Näherungsgleichung:
$$\Delta \vartheta_M = \frac{3.6 \cdot \dot{Q}_R \cdot z}{c_R \cdot m_R + c_M \cdot m_M} \quad [2.4]$$

Ruhendes Medium in Behälter:
$$\vartheta_{Me} = \vartheta_U + e^{-\frac{3.6 \cdot z}{c_B \cdot m_B + c_M \cdot m_M} \cdot \frac{\dot{Q}_B}{\vartheta_B}} \cdot (\vartheta_{Ma} - \vartheta_U) \quad [2.5]$$

Näherungsgleichung:
$$\Delta \vartheta_M = \frac{3.6 \cdot \dot{Q}_B \cdot z}{c_B \cdot m_B + c_M \cdot m_M} \quad [2.6]$$

5.2.3. Wärmebrücken

5.2.3.1. Wärmebrücken durch Unterkonstruktionen

Als Unterkonstruktionen werden die Gesamtheit aller Konstruktionsteile zur Befestigung von Wärmedämmung und Ummantelung am zu dämmenden Objekt bezeichnet.

Art der Unterkonstruktion	Zuschlag
Stützen aus Stahl, Auflagen ungedämmt	0.020 W/(m K)
Stützen aus Stahl, Auflagen ca. 3 mm dick gedämmt	0.006 W/(m K)
Stützen aus dämmendem Werkstoff (z.B.Keramik)	0.003 W/(m K)

Bild 1: Wärmeverlust durch die Unterkonstruktion; Zuschläge zur Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs.

5.2.3.2. Wärmebrücken durch Befestigungen

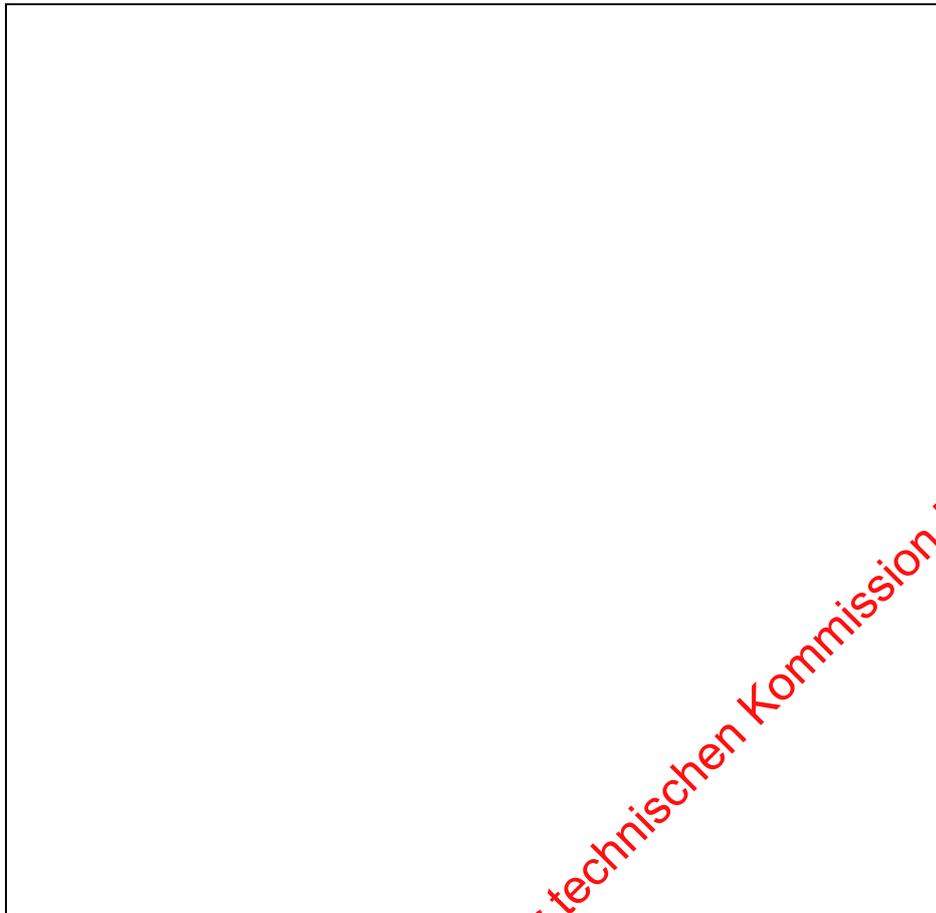
Wärmebrücken sind in der Regel vorhanden

- bei Rohraufhängungen und Rohrabstützungen;
- bei Stützen, Auflagern und Füßen von Behältern;

also überall dort, wo Konstruktionen das Wärmedämmsystem mit der Aufgabe durchdringen, die Lasten des gedämmten Objekts zu übertragen.

5.2.3.3. Uebrige Wärmebrücken

Diese können anlage-, produktions- wie auch dämmtechnisch bedingt sein. Beispiele: verminderte Dämmdicke, nichtgedämmte Flächen, Einbauten wie Kontrollinstrumente, Kontrollöffnungen.



Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

Bild 2 Spez. Wärmeverluste infolge Wärmebrücken für Ebenen, Rohre und Behälter infolge „Befestigungen“ und „Uebrige Wärmebrücken“.
Der spez. Wärmeverlust bezieht sich auf die Oberfläche des zu dämmenden Objekts (Rohr, Behälter) bei einer Umgebungstemperatur von 25 °C.

5.3. Dimensionierungsmethoden

5.3.1. Berührungsschutz

Heisse Anlageteile müssen so gedämmt sein,

- dass Personen bei Berührung derselben keine Verbrennungen erleiden. Objekte mit Oberflächentemperaturen über 60 °C sind darum zu dämmen oder mit speziellem Berührungsschutz (Schutzschild, Schutzkorb) zu versehen;

- dass deren Oberflächentemperatur bei Brand- und Explosionsgefahren wesentlich unter der Zündtemperatur der in Betracht kommenden zündfähigen Stoffe und Gasgemische liegt. Diese Forderung gilt auch für den Bereich konstruktionsbedingter Wärmebrücken.

Die Oberflächentemperatur ist kein „Mass“ für die Güte einer Wärmedämmung, weil sie nicht allein von der Wärmetransmission, sondern ebenso sehr von nur schwierig erfassbaren andern Einflüssen abhängt (Wind, wärmeabstrahlende Umgebung, konvektionsbehindernde Installationen, Emissionsgrad der Umhüllung).

Wegen dieser vielen teils unbekannt, teils nicht vorhersehbarer Grössen kann die Oberflächentemperatur unter genau festgelegten Bedingungen als garantierte Grösse festgelegt werden.

Bei Mediumtemperaturen über 350 °C wären für den Berührungsschutz dickere Dämmungen nötig als aus Gründen der Wirtschaftlichkeit. Wir empfehlen, in derartigen Fällen die wirtschaftliche Dämmdicke zu wählen, jedoch ein Dämmsystem mit Hinterlüftung vorzuschreiben.

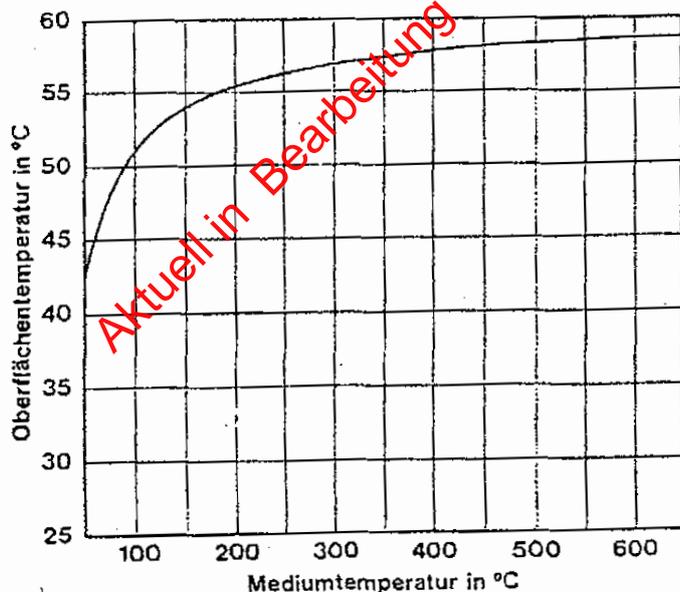


Bild 3:
Zulässige Oberflächentemperatur in Abhängigkeit der Mediumtemperatur bei einer Umgebungstemperatur von 25 °C.

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

5.3.1.1. Berührungsschutz für Ebenen

Die nötige Dämmdicke wird nach folgender Formel bestimmt:

$$s = \frac{\vartheta_M - \vartheta_a}{\vartheta_a - \vartheta_U} \cdot \frac{\lambda}{\alpha_a} \quad [3]$$

Bezeichnungen, Begriffe und Einheiten gemäss Kapitel 5.6.
Werte für λ und α_a gemäss Kapitel 9.1 und 9.2.

Wie aus obiger Formel [3] die für den Berührungsschutz einer Ebene minimal nötige Dämmdicke berechnet werden kann, ist aus nachfolgendem Zahlenbeispiel ersichtlich.

Daten: Mediumtemperatur 400 °C; Umgebungstemperatur 25 °C; Dämmstoff Mineralwolle-drahtnetzmatte 80 kg/m³ (WKZ 33.360).

Nach Bild 3 wird die zulässige Oberflächentemperatur mit 58 °C festgelegt.

Gemäss Abschnitt 9.1 ergibt sich für die wirksame Wärmeleitfähigkeit 0.080 W/(m K).

Für die Unterkonstruktion wird nach Bild 1 ein Zuschlag von 0.006 W/(m K) berücksichtigt.

Nach Abschnitt 9.2.1. wird für den Wärmeübergangskoeffizienten 4.0 W/(m² K) eingesetzt.

Somit ergibt sich gemäss [3] für den Berührungsschutz einer ebenen Fläche folgende minimale Dämmdicke:

$$s = \frac{400 - 58}{58 - 25} \cdot \frac{0.080 + 0.006}{4} = 0.223 \text{ m; aufgerundet: } 230 \text{ mm}$$

Dämmdicken für Berührungsschutz in mm für grosse ebene Flächen bei Verwendung von Mineralwolle-Lamellmatten 40 kg/m³.

Mediumtemperatur in °C	Emissionsgrad der Oberfläche					
	0.05	0.15	0.25	0.45	0.60	0.70
100	50	40	30	30	20	20
150	90	70	60	50	40	40
200	140	110	90	70	60	50
250	200	160	130	100	80	80

Bild 4: Berührungsschutz.

Dämmdicken in mm für grosse ebene Flächen bei Verwendung von Mineralwolle-Lamellmatten 40 kg/m³ (WKZ 38.455) in Abhängigkeit von Mediumtemperatur und Emissionsgrad der Oberfläche.

Betr. Emissionsgrad von Oberflächen: siehe Kapitel 9.2, Wärmeübergang.

Dämmdicken für Berührungsschutz in mm für grosse ebene Flächen bei Verwendung von Mineralwolle-Platten 100 kg/m³.

Mediumtemperatur in °C	Emissionsgrad der Oberfläche					
	0.05	0.15	0.25	0.45	0.60	0.70
100	40	30	30	20	20	20
150	70	50	50	40	30	30
200	100	80	70	50	40	40
250	140	110	90	70	60	50
300	180	140	120	90	80	70
400	290	230	190	140	120	110
500	430	340	280	210	180	160
600	620	490	400	300	250	230
650	730	580	480	360	300	270

Bild 5: Berührungsschutz .

Dämmdicken in mm für grosse ebene Flächen bei Verwendung von Mineralwolle-Platten 100 kg/m³ (WKZ 32.300) in Abhängigkeit von Mediumtemperatur und Emissionsgrad der Oberfläche.

Betr. Emissionsgrad von Oberflächen: siehe Kapitel 9.2, Wärmeübergang.

Bei Temperaturen über 300 °C empfiehlt sich eine zweilagige Ausführung, wobei auf der wärmeren Seite ein hochwärmefester Dämmstoff (z.B. Keramikfaser-Matten) zu verlegen ist.

5.3.1.2. Berührungsschutz für Hohlzylinder (Rohre)

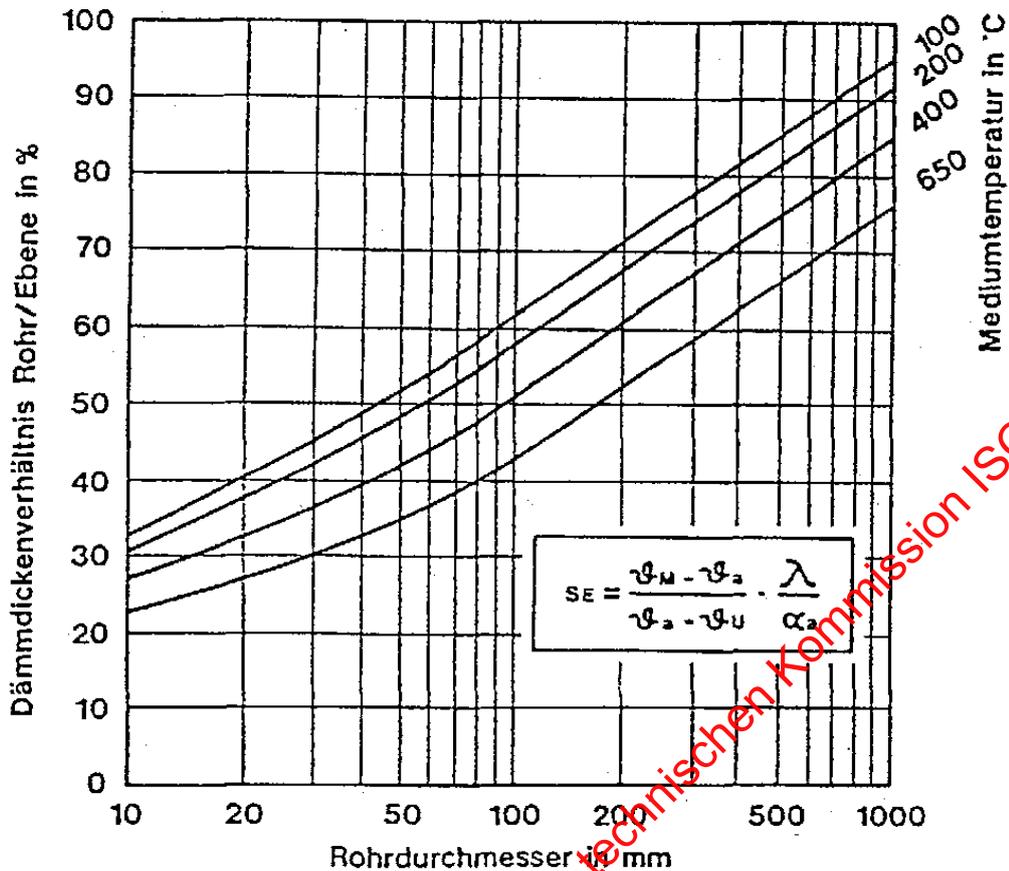


Bild 6: Berührungsschutz für Hohlzylinder (Rohre)

Obiges Diagramm ermöglicht die rasche Bestimmung der Dämmdicke für Berührungsschutz in Abhängigkeit von Rohrdurchmesser und Mediumtemperatur.

Voraussetzung ist die vorherige Bestimmung eines Referenzwertes für die Ebene nach Bild 4 oder nach Bild 5 oder gemäss der in Bild 6 aufgeführten Formel.

Zahlenbeispiel:

Für eine Mediumtemperatur von 400 °C und einen Emissionsgrad von 0.15 wurde für die Ebene aus Tabelle 5 eine Dämmdicke von 230 mm bestimmt. Dann beträgt für eine Rohrleitung NW 200 (Durchmesser 219 mm) bei gleicher Mediumtemperatur gemäss obigem Bild die Dämmdicke ca. 62 % der Dämmdicke für die Ebene, das sind aufgerundet 150 mm.

5.3.1.3. Berührungsschutz für Hohlkugel (Behälter)

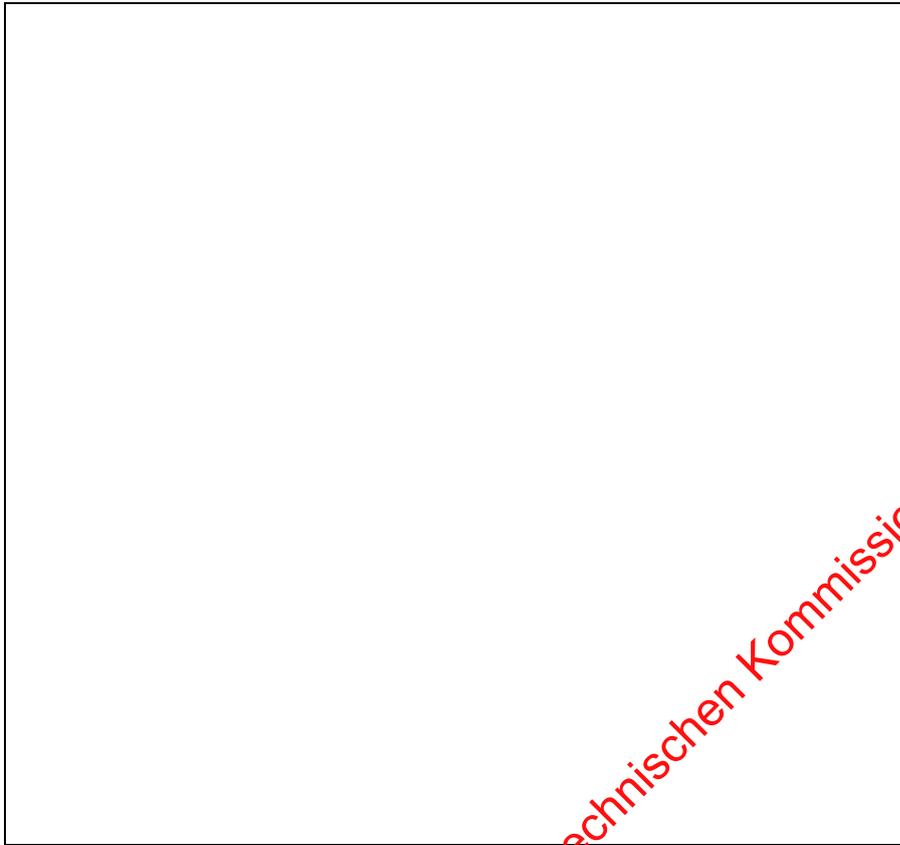


Bild 7: Berührungsschutz für Hohlkugel (Behälter)

Obiges Diagramm ermöglicht die rasche Bestimmung der Dämmdicke für Berührungsschutz in Abhängigkeit von Behälteroberfläche und Mediumtemperatur.

Voraussetzung ist die vorherige Bestimmung eines Referenzwertes für die Ebene nach Bild 4 oder nach Bild 5 oder gemäss der in Bild 7 aufgeführten Formel.

Zahlenbeispiel:

Für eine Mediumtemperatur von 250 °C und einen Emissionsgrad von 0.15 wurde für die Ebene aus den Bildern 4 und 5 eine Dämmdicke von 160 mm bzw. 110 mm bestimmt. Dann beträgt für einen Behälter von 10 m² Oberfläche bei gleicher Mediumtemperatur gemäss obigem Bild die Dämmdicke ca. 68 % der Dämmdicke für die Ebene, das sind gerundet

- 110 mm bei Verwendung von Mineralwolle-Lamellmatten 40 kg/m³;
- 80 mm bei Verwendung von Mineralwolle-Platten 100 kg/m³.

Bei Verwendung von Mineralwolle-Drahtnetzmaten 80 kg/m³ können diese ebenfalls 80 mm dick gewählt werden.

5.3.2. Wärmeschutz

In Anlehnung an Berechnungen, wie sie für den Wärmeschutz von Gebäuden durchgeführt werden, kann auch für Rohre und Behälter ein maximal zulässiger Wärmedurchgangskoeffizient vorgeschrieben werden. Dieser gibt an, wieviel beim zu dämmenden Anlagenteil die maximal zulässige Wärmetransmission pro 1 m^2 Oberfläche bei einem Temperaturgefälle von 1 K betragen darf. Es handelt sich also um den Wärmedurchgangskoeffizienten bezüglich der Oberfläche der zu dämmenden Anlage bzw. um den Wärmedurchgangskoeffizienten der inneren Oberfläche der Wärmedämmschicht; abgekürzt: ki-Wert.



Bild 8: Dimensionierung der Wärmedämmung für Hohlzylinder (Rohre)
Empfehlungen für ki-Werte in Funktion von Mediumtemperatur und Rohr-NW.

Zahlenbeispiel:

Für eine Mediumtemperatur von $250 \text{ }^\circ\text{C}$ und ein Rohr NW 200 bzw. $\varnothing 219 \text{ mm}$ kann ein ki-Wert von $0.82 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ empfohlen werden. Bei Verwendung von Mineralwollschalen ergeben die Wärmetransmissionsberechnungen nach [1.2] eine Dämmdicke von (aufgerundet) 100 mm .



Bild 9: Dimensionierung der Wärmedämmung für Hohlkugel (Behälter)
Empfehlungen für k_i -Werte in Funktion von Mediumtemperatur und Behälteroberfläche.

Zahlenbeispiel:

Für eine Mediumtemperatur von 250 °C und einen Behälter von 100 m² Oberfläche kann ein k_i -Wert von 0.44 W/(m² K) empfohlen werden.

Bei Verwendung von Drahtnetzmatte ergeben die Wärmetransmissionsberechnungen nach [1.3] eine Dämmdicke von (gerundet) 140 mm.

5.3.3. Wirtschaftlichkeit

Dimensionierung auf Wirtschaftlichkeit bedeutet:

So dick dämmen, dass die Gesamtkosten einer gedämmten Anlage während deren Nutzungszeit minimal sind.

Die **Gesamtkosten** setzen sich zusammen aus den Wärmeschutzkosten (Kapitalkosten), Wärmeverlustkosten (Energiekosten), Instandhaltungskosten und Entsorgungskosten.

Die **Nutzungszeit** beginnt mit der Inbetriebnahme der Anlage und endet, wenn die Instandhaltungskosten einen so hohen Kostenaufwand erfordern, dass dieser in keinem vertretbaren Verhältnis zu einer Neuanschaffung steht.

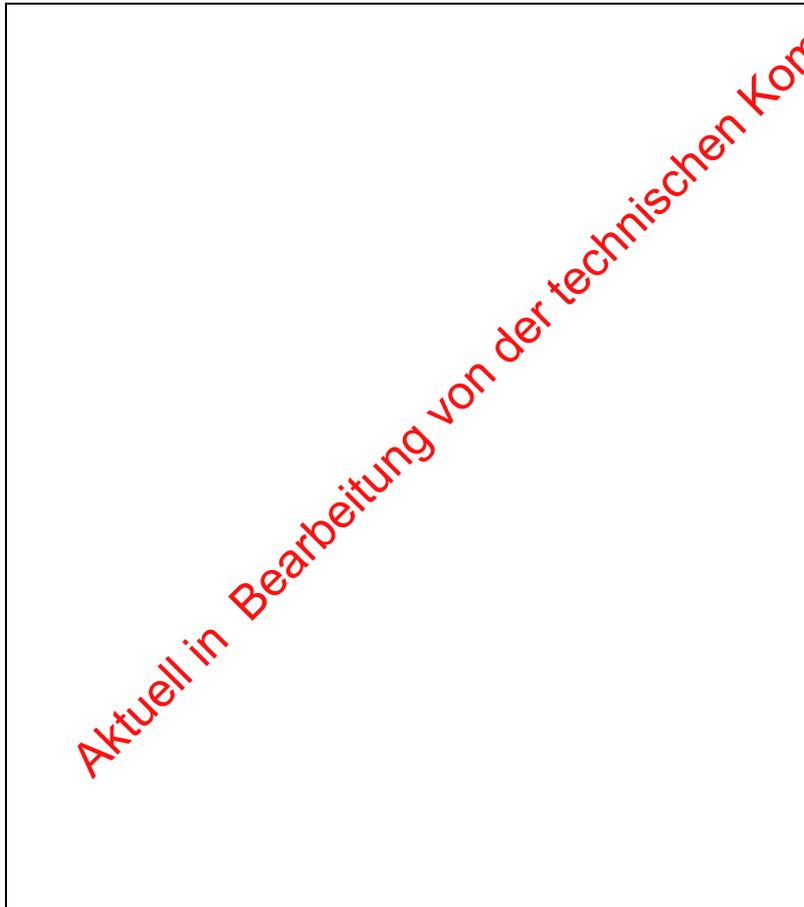


Bild 10: Graphische Bestimmung der wirtschaftlichen Dämmdicke
Die wirtschaftlichste Dämmdicke s_w ergibt die geringsten Gesamtkosten K_{min} .

5.3.3.1. Wirtschaftliche Dämmdicken für ebene Flächen

Wirtschaftliche k-Werte für grosse ebene Flächen in W/(m² K)

Medium- temperatur in °C	Nutzungszeit in h		
	50'000	100'000	150'000
100	0.60	0.42	0.35
150	0.48	0.34	0.28
200	0.42	0.30	0.25
250	0.39	0.28	0.23
300	0.37	0.26	0.21
400	0.34	0.25	0.20
500	0.34	0.24	0.20
600	0.34	0.24	0.20
650	0.34	0.24	0.20

Bild 11:

Wirtschaftliche k-Werte in W/(m² K) für grosse ebene Flächen in Abhängigkeit von Mediumtemperatur und Nutzungszeit.

Die Festlegung obiger k-Werte erfolgte aufgrund von Wirtschaftlichkeits-Berechnungen gemäss Kapitel 5.3.3. Diese Berechnungsunterlagen sind bei SDT unter TS94173 archiviert.

Wirtschaftliche Dämmdicken für grosse ebenen Flächen

Aus einem gegebenen k-Wert kann aufgrund der nachfolgenden Formel die Dämmdicke für grosse ebene Flächen wie folgt berechnet werden:

$$s = \frac{H}{k} - \frac{1}{\alpha_a} k \lambda$$

[4]

Bezeichnungen, Begriffe und Einheiten gemäss Kapitel 5.6.
Werte für λ und α_a gemäss Kapitel 9.1 und 9.2.

Wirtschaftliche Dämmdicken in mm für grosse ebene Flächen bei Verwendung von Mineralwolle-Lamellmatten 40 kg/m³.

Medium- temperatur in °C	Nutzungszeit in h		
	50'000	100'000	150'000
100	80	120	140
150	120	160	200
200	140	200	240
250	180	240	300

Bild 12:

Wirtschaftliche Dämmdicken in mm für grosse ebene Flächen bei Verwendung von Mineralwolle-Lamellmatten 40 kg/m³ (WKZ 38.455) in Abhängigkeit von Mediumtemperatur und Nutzungszeit.

Wirtschaftliche Dämmdicken in mm für grosse ebene Flächen bei Verwendung von Mineralwolle-Platten 100 kg/m³.

Medium- temperatur in °C	Nutzungszeit in h		
	50'000	100'000	150'000
100	80	100	140
150	100	140	180
200	120	180	220
250	160	220	260
300	180	240	300
400	220	320	380
500	340	380	460
600	380	460	560
650	480	520	620

Bild 13:

Wirtschaftliche Dämmdicken in mm für grosse ebene Flächen bei Verwendung von Mineralwolle-Platten 100 kg/m³ (WKZ 32.300) in Abhängigkeit von Mediumtemperatur und Nutzungszeit.

Bei Temperaturen über 500 °C empfiehlt sich eine zweilagige Ausführung, wobei auf der wärmern Seite ein hochwärmefester Dämmstoff (z.B. Keramikfaser-Matten) zu verlegen ist.

5.3.2.2. Wirtschaftliche Dämmdicken für Hohlzylinder (Rohre)

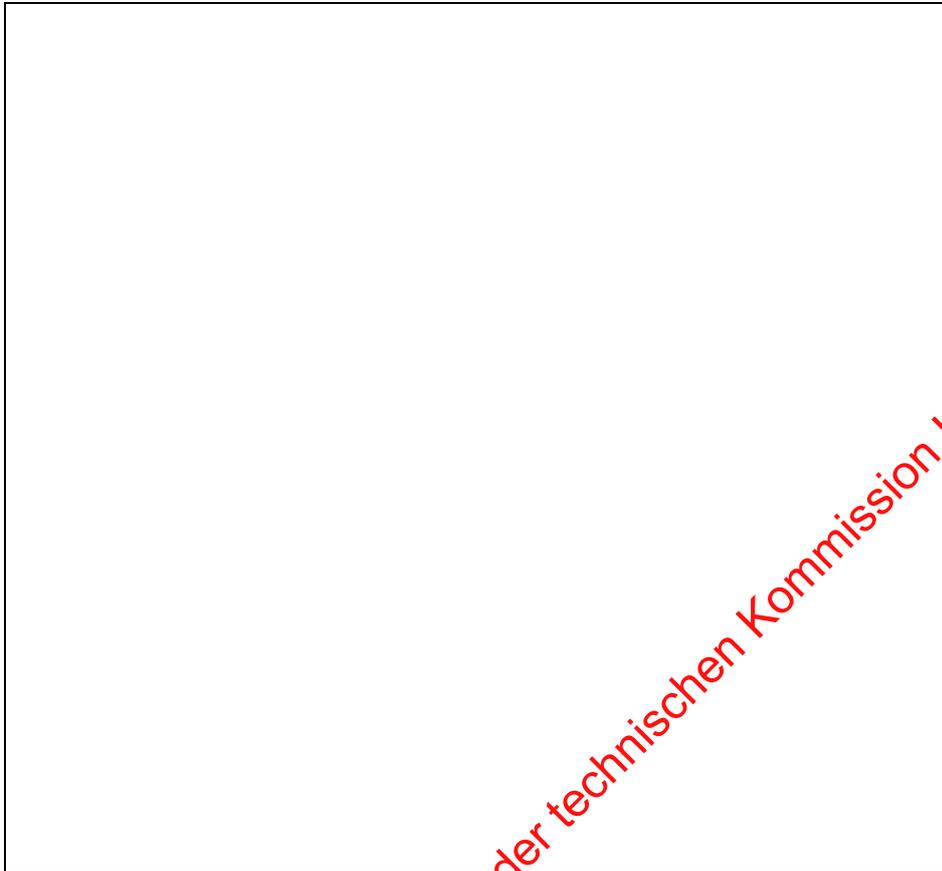


Bild 14: wirtschaftliche Dämmdicken für Rohrleitungen

Obiges Diagramm ermöglicht die rasche Bestimmung der wirtschaftlichen Dämmdicke in Abhängigkeit von Rohrdurchmesser und Mediumtemperatur. Voraussetzung ist die vorherige Bestimmung eines Referenzwertes für die Ebene nach Bild 12 oder nach Bild 13.

Zahlenbeispiel:

Für eine Mediumtemperatur von 400 °C und eine Nutzungszeit von 100'000 Stunden wurde für die Ebene aus Bild 13 eine Dämmdicke von 320 mm bestimmt. Dann beträgt für eine Rohrleitung NW 200 (Durchmesser 219 mm) bei gleicher Mediumtemperatur gemäss obigem Bild die Dämmdicke ca. 56 % der Dämmdicke für die Ebene, das sind gerundet 180 mm.

5.3.3.3. Wirtschaftliche Dämmdicken für Hohlkugel (Behälter)

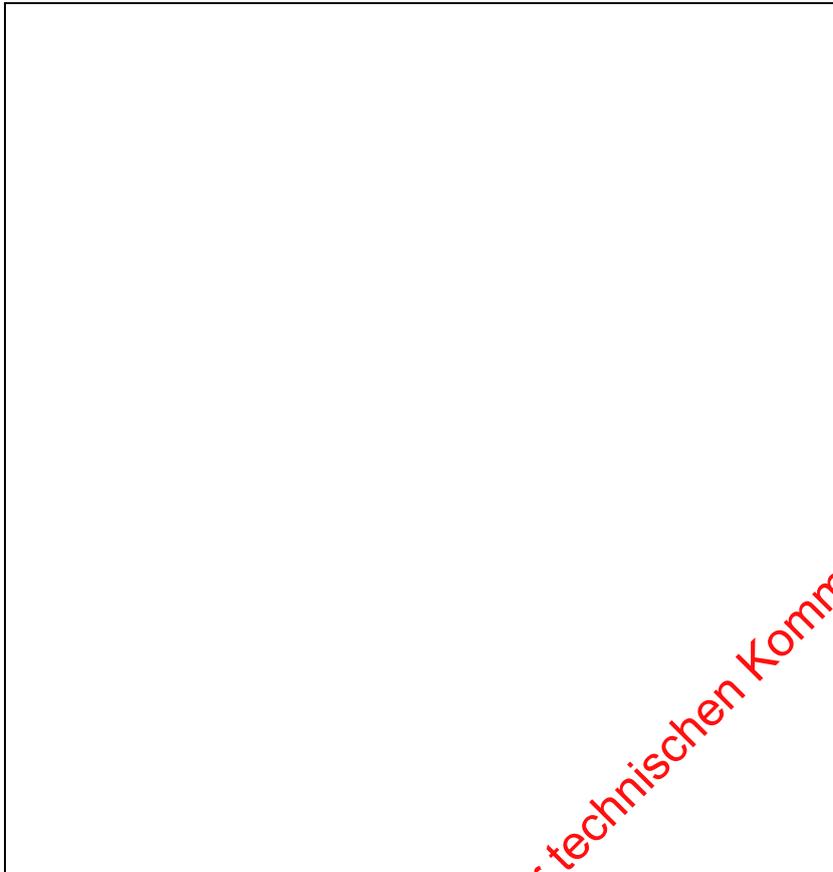


Bild 15: wirtschaftliche Dämmdicken für Behälter

Obiges Diagramm ermöglicht die rasche Bestimmung der wirtschaftlichen Dämmdicke in Abhängigkeit von Behälteroberfläche und Mediumtemperatur. Voraussetzung ist die vorherige Bestimmung eines Referenzwertes für die Ebene nach Bild 12 oder nach Bild 13.

Zahlenbeispiel:

Für eine Mediumtemperatur von 250 °C und eine Nutzungszeit von 100'000 h wurde für die Ebene aus den Bildern 12 und 13 eine Dämmdicke von 240 mm bzw. 220 mm bestimmt.

Dann beträgt für einen Behälter von 10 m² Oberfläche bei gleicher Mediumtemperatur gemäss obigem Bild die Dämmdicke ca. 83 % der Dämmdicke für die Ebene, das sind gerundet

- 200 mm bei Verwendung von Mineralwolle-Lamellmatten 40 kg/m³;

- 180 mm bei Verwendung von Mineralwolle-Platten 100 kg/m³.

Bei Verwendung von Mineralwolle-Drahtnetzmatte 80 kg/m³ können diese ebenfalls 180 mm dick gewählt werden.

5.4. Spezielle Probleme

5.4.1. Intermittierender Betrieb von Leitungen

5.4.1.1. Allgemeines

Im Gegensatz zu einer kontinuierlichen Betriebsweise mit konstanten Temperaturverhältnissen (d.h. Mediumtemperatur und Umgebungstemperatur konstant und folglich Temperaturgefälle ebenfalls konstant) versteht man unter intermittierendem Betrieb eine „unterbrochene“ bzw. unregelmässige Betriebsweise, bei der infolge wechselnden Leistungsaufnahmen/ -abgaben auch die Temperaturen ändern.

Für Anlagen mit intermittierendem Betrieb und für Anlagen im Freien müssen grundsätzlich Wärmedämmsysteme für Wechseltemperaturen konzipiert werden.

Die Erfahrung zeigt, dass dieses Kapitel auch für wärme gedämmte Anlagen gilt, die zum Beispiel in Maschinenhallen hinter grossflächigen Verglasungen installiert sind und die in klaren Nächten durch diese ins Freie abstrahlen können.

5.4.1.2. Wirkungen von Wechseltemperaturen

Bei Anlagen mit intermittierendem Betrieb verursacht z.B. eine Ausserbetriebsetzung und die damit verbundene Abkühlung einen Unterdruck in der Wärmedämmung. Bei Anlagen im Freien kann ein solcher Unterdruck auch durch Regen und nächtliche Abstrahlung verursacht werden. Durch das dadurch entstehende Druckgefälle wird mit der eindringenden Aussenluft auch Luftfeuchtigkeit (Wasserdampf) in das Dämmsystem transportiert, die bei erneuter Abkühlung kondensieren kann.

Wechseltemperaturen bewirken:

- Längenänderungen (Dehnungen, Kontraktionen);
- Wärmestromänderungen;
- Feuchtestromänderungen;
- Luftdruckänderungen im Dämmsystem.

Wechseltemperaturen können verursachen:

- zusätzliche Spannungen wegen Längenänderungen;
- Tauwasserbildung;
- Korrosionen wegen Tauwasser.

Wechseltemperaturen können zusätzliche Problemlösungen verlangen, wenn sie den Gefrierpunkt durchschreiten.

5.4.1.3. Begriffe

Temperaturänderung (K):

die Differenz zwischen der ursprünglichen und der der neuen Temperatur.

Temperaturänderungszeit (z.B. min):

die Zeit, während welcher die Temperaturänderung stattfindet.

Temperaturgradient (z.B. K/min):

der Temperaturänderung pro Temperaturänderungszeit; auch „Temperaturänderungsgeschwindigkeit“ genannt.

5.4.1.4. Dämmsysteme für Wechseltemperaturen

Zur Vermeidung von Feuchteschäden am Wärmedämmstoff oder am Objekt ist bei Anlagen mit intermittierendem Betrieb bzw. instationären Verhältnissen ein Dämmsystem zu installieren, das neben der eigentlichen wärmedämmenden Wirkung folgende Komponenten aufweisen soll:

- belüfteter Hohlraum zwischen Umhüllung und Feuchteschutz zum raschen Temperatur- und Feuchteausgleich (sog. Hinterlüftung). Für begehbare Anlagenteile sind sog. Noppenfolien empfehlenswert;
- Feuchteschutz, der das Eindringen von Kondensat in den Wärmedämmstoff verhindert (zum Beispiel Dachpappe um Wärmedämmung, überlappt, mit Draht gebunden);
- Entwässerungslöcher bzw. Kondensatabläufe in der Umhüllung für das Abfließen von allfälligem Kondensat;
- Korrosionsschutz.

In bestimmten Fällen kann die Verlegung einer speziellen Dilatationslage zwischen Objekt und Wärmedämmung erforderlich sein.

Zahlenbeispiel:

Ein Tank wird mit Heissdampf gereinigt. Dabei wird das Luftvolumen in 5 Minuten von 20 °C auf 120 °C erwärmt. Der Temperaturgradient beträgt folglich $100 \text{ K} / 5 \text{ min} = 20 \text{ K/min}$.

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

5.4.2. Rauchgaskanäle

5.4.2.1. Allgemeines

Bei der Wärmedämmung von Rauchgaskanälen (Stahlschornsteinen, Stahlfutterrohren in Massivschornsteinen sowie sonstigen Stahlteilen technischer Anlagen), die Rauchgase aus Verbrennungsprozessen oder chemische Abgase fortleiten, ist zu beachten:

- die innere Oberflächentemperatur des Rauchgaskanals soll die Taupunkttemperaturen der im Rauchgas enthaltenen korrosionsfördernden Stoffe nicht unterschreiten (bei intermittierendem Betrieb und Betriebsunterbrüchen lässt sich diese Forderung nicht konsequent durchsetzen).

5.4.2.2. Dämmdicke

Die Dämmdicke von Rauchgaskanälen ist so zu bemessen, dass auf der vom Rauchgas berührten Oberfläche des Rauchgaskanals

- bei schwefelhaltigen Gasen die Säure- und die Wasserdampftaupunkttemperatur
- bei schwefelfreien Gasen die Wasserdampftaupunkttemperatur nicht unterschritten werden.

Bei Objekten, die chemische Abgase fortleiten, ist die von der chemischen Zusammensetzung der Abgase zulässige Taupunkttemperatur für die Dimensionierung der Wärmedämmung massgebend.

Zu beachten ist ebenfalls die fachgerechte Dimensionierung der Wärmedämmung bezüglich

- äusserer Oberflächentemperatur;
- Temperaturabfall des Mediums;
- Wirtschaftlichkeit.

5.4.2.3. Verschiedenes

Zu beachten sind sodann:

- schalltechnische Anforderungen wie die Einhaltung zulässiger Schallpegel;
- statische Anforderungen wie die Aufnahme von Eigengewicht, Winddruck, Schneelasten und insbesondere Wärmedehnungen;
- sonstige Anforderungen wie witterungsgerechte Konstruktion, wirtschaftliche Ausführung und architektonische Aspekte;

- behördliche Vorschriften wie Höhe der Rauchgaskanalmündung über Dach, Abstände von brennbarem Material.

5.4.3. Erdverlegte Leitungen

5.4.3.1. Allgemeines

Erdverlegte Leitungen sollen in einem werkgedämmten System ausgeführt werden.

5.4.3.2. Berechnungen der Wärmeverluste

Diese erfolgen nach den Unterlagen der System-Vertreiber.

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

5.4.4. Anlagen im Freien

5.4.4.1. Schutz gegen Einfrieren

Für Leitungen mit strömendem Medium besteht keine Einfriergefahr. Selbst bei geringen Strömungsgeschwindigkeiten genügen übliche Dämmdicken, um einen Temperaturabfall unter den Gefrierpunkt zu verhindern.

Bei Leitungen mit ruhendem Medium kann eine Wärmedämmung wohl die Zeit bis zum Beginn der Eisbildung verlängern, sie kann jedoch nicht auf unbeschränkte Zeit das Einfrieren verhindern.

Massnahmen, um das Einfrieren und damit zerberstende Leitungen zu verhindern:

- Leitung entleeren;
- Leitung im Erdreich unter die Frostzone verlegen;
- Leitung in Betrieb halten;
- Begleitheizung.

Beachtet werden muss die erhöhte Einfriergefahr bei Ventilen, Rohraufhängungen usw.

In einer Wasserleitung beginnt die Eisbildung nach dem Temperaturabfall auf den Gefrierpunkt. Verschiedene Autoren erlauben einen maximal zulässigen Eisansatz bis 25 Volumenprozent.

$$z_{zul} = \frac{E \cdot m}{3.6 \cdot Q_R} \quad [5]$$

E	Erstarrungswärme (Schmelzenthalpie) beim Gefrieren des Mediums Eis	335 kJ/kg
	Uebrige Bezeichnungen, Begriffe und Einheiten	gemäss Kapitel 5.6
	Daten von Rohr- und Behälterinhalten	gemäss Kapitel 9.4 und 9.5

Hat sich der gesamte Leitungsinhalt in den festen Zustand verwandelt, so kann der weitere Temperaturabfall wieder gemäss Abschnitt 5.2.2., Temperaturänderung des Mediums, berechnet werden. Dabei ist die spezifische Wärmekapazität des Mediums für den neuen Zustand zu berücksichtigen.

5.4.5. Begleitheizungen

5.4.5.1. Allgemeines

Wird aus technischen Gründen am Ende einer Leitung eine bestimmte Temperatur gefordert, kann diese Forderung u.a. durch den Einbau einer Begleitheizung (oder Begleitzühlung) gelöst werden.

Die Begleitheizung wird in Abstimmung mit der Wärmedämmung ausgelegt. Grundsätzlich sollen Begleitheizungen die Wärmeverluste ausgleichen, die sich im Betriebszustand trotz der Wärmedämmung ergeben.

Begleitheizungen können bei der Inbetriebnahme von Anlageteilen für Aufheizevorgänge benutzt werden.

5.4.5.2. Heiz- und Kühlsysteme

Als Energieträger werden hauptsächlich verwendet:

- Beheizung durch elektrischen Strom;
- Beheizung durch Wärmeträger, zum Beispiel Dampf, Wasser, Wärmeträgeröl, Produkte;
- Kühlung durch Kälte-träger, zum Beispiel Wasser, Ammoniak, Stickstoff, Produkte.

Als Ausführungsarten sind vor allem bekannt:

- elektrische Heizleiter;
- Heizleitungen: Führung des Heizmediums in Mantelrohr, Innenrohr, Halbrohr oder Begleitrohr;
- Heizplatten;
- Heitzaschen.

Kühlung kann nötig sein

- zur Vermeidung unzulässiger Temperaturänderungen;
- zur Temperaturkonstanthaltung;
- zur Temperaturabsenkung.

5.4.5.4. Planung der Wärmedämmung

Die Wärmedämmung ist nach technischen Forderungen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten auszulegen.

Die sich daraus ergebende Wärmetransmission ist eine der Grundlagen für die Auslegung der Begleitheizung bzw. Begleitkühlung.

5.4.5.5. Ausführung der Wärmedämmung

Gemäss Kapitel 7.

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

5.4.6. Mehrschichtige Wärmedämmungen

5.4.6.1. Allgemeines

Insbesondere bei hohen Mediumtemperaturen kann es wirtschaftlich sein, verschiedene Dämmstoffe zu verwenden. Grundsätzlich sollte in einem bestimmten Temperaturbereich jeweils jener Dämmstoff verwendet werden, der in diesem die beste Dämmwirkung aufweist.

5.4.6.2. Berechnungsbeispiel

Zu dämmen sei eine 650 °C Heissgas führende Rohrleitung NW 500 (Durchmesser 508 mm).

Dämmstoffe: Keramikfasermatte 120 kg/m³, WKZ 47.182 und/oder Steinwolle-Drahtnetzmatte 80 kg/m³, WKZ 33.358.

Zulässige Oberflächentemperatur: 50 °C.

Die Berechnungen mit verschiedenen Kombinationen ergaben folgende Resultate:

			Varianten				
			1	2	3	4	5
Dämmdicke 1	(a)	mm	0	80	150	220	300
Dämmdicke 2	(b)	mm	400	250	140	60	0
Dämmdicke total		mm	400	330	290	280	300
Aussendurchmesser		mm	1'308	1'168	1'088	1'068	1'108
Oberflächentemperatur		°C	50	50	50	50	50
Wärmestrom	(c)	W/m	756	686	677	674	660

Legende:

- (a) Dämmstoff: Keramikfasermatte 120 kg/m³, WKZ 47.182
 (b) Dämmstoff: Steinwolle-Drahtnetzmatte 80 kg/m³, WKZ 33.358
 (c) inkl. Zuschläge für Wärmebrücken

Obige Berechnungsergebnisse zeigen, mit welchen Kombinationsmöglichkeiten die gestellte Bedingung (zulässige Oberflächentemperatur 50 °C) erfüllt werden kann. Je nach der gewählten Kombination ergibt sich also eine totale Dämmdicke von 280 bis 400 mm.

Günstige wärmedämmtechnische Bedingungen werden im obigen Fall erzielt, wenn mindestens die Hälfte der gesamten Dämmdicke aus Keramikfasermatten besteht.

5.4.7. Dampferzeuger

Grundsätzlich lassen sich mit den in diesen Richtlinien vorgestellten Berechnungsmethoden alle einschlägigen Berechnungen bezüglich Wärmetransmissionen bei Dampferzeugern durchführen.

Zu beachten sind vor allem

- die Art des Dämmsystems (am Objekt anliegend; mit Luftschichten; objektunabhängige Konstruktionen);
- konvektionsmindernde Abschottungen;
- übliche Wärmebrücken;
- spezielle Wärmebrücken wie Kompensatoren, Einsteigöffnungen, Schornruken, Temperaturmessstellen und ähnlicher Zubehör.

5.4.8. Tauwasserbildung

5.4.8.1. Tauwasserbildung zwischen Umhüllung und Wärmedämmung

Tauwasserbildung zwischen Umhüllung und Wärmedämmung ist möglich in klaren Nächten durch Abstrahlung in den „kalten Weltraum“. Speziell gefährdet sind also

- Fernwärmeleitungen im Freien;
- technische Anlagen hinter grossen Verglasungen.

Unter solchen und ähnlichen Bedingungen kann die sich im Dämmsystem unmittelbar hinter der Umhüllung befindliche Luft unter ihren Taupunkt abgekühlt werden.

Vorsorgliche mögliche Massnahmen:

- Lufthohlräume zwischen Ummantelung und Dämmung sind zu hinterlüften;
- Wärmedämmungen sind mit geeigneten Abdeckungen (Folien, Dachpappe) vor Tauwasser zu schützen;
- Einbau von Tauwasserabläufen.

5.4.8.2. Tauwasserbildung in Kaminen

Bei zu grosser Abkühlung der Abgase wird deren Wassertaupunkt unterschritten, was zu Kondensatausscheidungen und Kaminverrottungen führt. Ebenfalls zu beachten ist der Säuretaupunkt von Schwefelsäuredämpfen (in Abhängigkeit vom Schwefelgehalt des Brennstoffs).

5.4.9. Brandschutz

5.4.9.1. Zuständige Amtsstellen und Institutionen

Für die Belange des Brandschutzes sind die **Kantone** zuständig. Die kantonalen Feuerpolizeigesetze und -verordnungen bilden die Grundlage für den Brandschutz.

Die **Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF)** unterstützt die Kantone bei Neufassungen und Revisionen ihrer Feuerpolizeigesetze und -verordnungen und strebt so eine Harmonisierung der von Kanton zu Kanton verschiedenen Feuerpolizeivorschriften an.

Der **Brand-Verhütungs-Dienst (BVD)** ist eine auf privatwirtschaftlicher Grundlage beruhende Institution mit der Aufgabe, durch Beratung und Forschung einen aktiven Beitrag zur Bekämpfung der Gefahr von Schadenfeuern und Explosionen zu leisten.

5.4.9.2. Feuerpolizeivorschriften für Wärmetechnische Anlagen

Für die Aufstellung und den Betrieb von wärmetechnische Anlagen und Teilen davon, also Einrichtungen zur Erzeugung von Wärme mittels fester, flüssiger oder gasförmiger Brennstoffe sowie elektrischer oder Sonnenenergie, umfassend das Erzeugungsaggregat, die Transport-, Verteil-, Steuer- und Sicherheitseinrichtungen sowie gegebenenfalls die Einrichtungen zur Ableitung der Abgase, bestehen Zulassungsbedingungen, Vorschriften und Wegleitungen.

5.4.9.3. Wärmedämmsystem

Aufgrund der Feuerpolizeivorschriften und je nach Art und Betriebstemperatur der wärmetechnischen Anlage ist vom Planer gemeinsam mit Behörden und Betreiber das die Bedingungen erfüllende Wärmedämmsystem festzulegen.

5.5. Berechnungsbeispiele

5.5.1. Leitungen

Zahlenbeispiel 1: Wärmetransmission

Gegeben: Rohr NW 200 (äusserer Rohrdurchmesser 219 mm); Mediumtemperatur 250 °C; Umgebungsklima 25 °C / kein Wind; Wärmedämmung Mineralwollschalen (WKZ 32.330), 160 mm dick; Emissionsgrad der Oberfläche 0.45.

Separat vorgenommene Berechnungen ergaben: Oberflächentemperatur 34.3 °C; wirksame Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs 0.052 W/(m K), äusserer Wärmeübergangskoeffizient 5.6 W/(m² K).

Somit ergibt sich für die wärmebrückenfreie Wärmedämmung

$$\text{nach [7.2]} \quad R_R = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 0.052} \cdot \ln \frac{0.219 + 2 \cdot 0.160}{0.219} + \frac{1}{\pi \cdot 5.6 \cdot 0.219 + 2 \cdot 0.160}$$
$$R_R = 2.862 \text{ m K / W}$$

$$\text{nach [1.2]} \quad \dot{Q}_R = \frac{250 - 25}{2.862} = 79 \text{ W / m}$$

Weitere separate Berechnungen gemäss 5.2.3. bezug Zahlenbeispiel 9 ergaben sodann folgende Zuschläge: für die Unterkonstruktion 11.2 % für Befestigungen und diverse Wärmebrücken 17.7 %.

Unter Berücksichtigung dieser Zuschläge von total 28.9 % ergibt sich somit ein Wärmestrom von 1,289 x 79 W/m = 102 W/m.

Zahlenbeispiel 2: Temperaturänderung des strömenden Mediums

Durch die im Zahlenbeispiel 1 beschriebene Rohrleitung strömt 250 °C heisse Luft (spezifische Wärmekapazität 1.035 kJ/(kg K)); Masse des strömenden Mediums (Durchflussmenge) = 0.250 kg/m. Gesucht ist die Mediumtemperatur nach 50 m.

Gemäss Zahlenbeispiel 1 beträgt der Wärmestrom inkl. Zuschlägen 102 W/m. Die Leitungslänge ist 50 m; für Armaturen und weitere Einbauten erfolgt ein Zuschlag von 15 %. Die wirksame Leitungslänge beträgt somit 1.15 x 50 m = 57.5 m.

Die Näherungsgleichung [2.2] ergibt eine Temperaturänderung des Mediums von

$$\Delta \vartheta_M = \frac{102 \cdot 57.5}{1000 \cdot 1.035 \cdot 0.250} = 22.7 \text{ K}$$

Nach der Durchströmung von 50 m Leitungslänge beträgt somit die Mediumtemperatur 250 °C - 22.7 K = (gerundet) 227 °C.

Nicht berücksichtigt in der obigen Berechnung sind allfällige zusätzliche Temperaturänderungen infolge Druckverlust (sog. Joule-Thomson- oder Drosseloeffekt) oder infolge Beschleunigung des sich ausdehnenden Mediums. Diesbezügliche Berechnungsmethoden sind der Fachliteratur zu entnehmen.

Zahlenbeispiel 3: Temperaturänderung des ruhenden Mediums

Gegeben: Rohr NW 50 (äusserer Rohrdurchmesser 60 mm); Mediumtemperatur 10 °C; Umgebungsklima -15 °C / Wind 3 m/s; Wärmedämmung Mineralwollschalen WKZ 32.330, 50 mm dick; Emissionsgrad der Oberfläche 0.45.

Separat vorgenommene Berechnungen (analog Zahlenbeispiel 1) ergaben für obige Daten einen Wärmestrom von 6 W/m.

Werkstoff der Leitung: Stahl unlegiert, Dichte 7'900 kg/m³, spez. Wärmekapazität 0.49 kJ/(kg K).

Leitungsinhalt (Medium): Wasser, Füllgrad 100 %, Dichte 1'000 kg/m³, spez. Wärmekapazität 4.2 kJ/(kg K).

a) Berechnung der Leitungsmasse m_R

$m_R = \text{Werkstoffquerschnitt} \times \text{Leitungslänge} \times \text{Dichte des Werkstoffs} = 5.37 \text{ cm}^2 \times 1 \text{ m} \times 7'900 \text{ kg/m}^3 = 4.244 \text{ kg/m}$.

b) Berechnung der ruhenden Masse des Leitungsinhalts m_M

$m_M = \text{freie Querschnittfläche} \times \text{Leitungslänge} \times \text{Füllgrad} \times \text{Dichte des Mediums} = 22.90 \text{ cm}^2 \times 1 \text{ m} \times 1.00 \times 1'000 \text{ kg/m}^3 = 2.290 \text{ kg/m}$.

c) Berechnung der Temperaturänderung $\Delta\vartheta_M$ des ruhenden Mediums in der Leitung

Die Näherungsgleichung [2.6] ergibt:

$$\Delta\vartheta_M = \frac{3.6 \cdot 6.0 \cdot 5.0}{0.49 \cdot 4.244 + 4.2 \cdot 2.290} = 9.2 \text{ K}$$

Somit beträgt die Mediumtemperatur nach 5 Stunden $10 - 9.2 = 0.8 \text{ °C}$.

Zahlenbeispiel 4: Eisbildung in der Leitung

In der Wasserleitung NW 50 von Zahlenbeispiel 3 sei ein Eisansatz von 20 Volumen-% erlaubt. Masse des Leitungsinhalts 2.290 kg/m.

Separat durchgeführte Berechnungen ergaben für eine Umgebungstemperatur von -15 °C, Wind 3 m/s und Mediumtemperatur 0 °C einen Wärmestrom von 4 W/m.

Die gesamte Masse des Leitungsinhalts wäre gemäss [5] gefroren nach

$$z = \frac{335 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 2.290 \frac{\text{kg}}{\text{m}}}{3.6 \frac{\text{kJ}}{\text{Wh}} \cdot 4 \frac{\text{W}}{\text{m}}} = 53.3 \text{ h}$$

Ein Eisansatz von 20 Volumen-% ist somit erreicht nach $0.20 \times 53.3 = 10.6 \text{ h}$.

5.5.2. Kanäle

Zahlenbeispiel 5: Wärmetransmission

Der Wärmeverlust eines gedämmten Kanals ist praktisch gleich dem Wärmeverlust der umfangäquivalenten Rohrleitung.

Für die umfangäquivalente Rohrleitung gilt

$$D = \frac{U}{\pi} \quad [6]$$

D Durchmesser der umfangäquivalenten Rohrleitung
U Umfang des ungedämmten Kanals

Ein Kanal weist eine Breite von 800 mm und eine Höhe von 300 mm auf. Somit beträgt sein Umfang $2 \times (0.80 + 0.30) = 2.20$ m. Der Durchmesser der umfangäquivalenten Rohrleitung misst somit $2.20 / \pi = 0.700$ m.

Die Berechnungen bezüglich Wärmeverlust können nun mit dieser umfang- und somit auch oberflächenäquivalenten Rohrleitung und den hierfür geltenden Berechnungsformeln durchgeführt werden.

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission IFO/SUISSE

5.5.3. Behälter, Apparate, Speicher, Kessel

Der Wärmeverlust eines gedämmten Behälters von beliebiger Form entspricht praktisch dem Wärmeverlust der oberflächenäquivalenten Hohlkugel.

Zahlenbeispiel 6: Wärmetransmission

Ein zylindrischer Behälter mit gewölbten Böden (sog. „Zeppelinböden“) weist einen Durchmesser von 2'000 mm und eine Gesamtlänge von 5'000 mm auf. Er enthält 80 °C warmes Wasser. Wärmedämmung: Mineralwolle-Lamellmatten WKZ 38.456, 160 mm dick. Emissionsgrad der Oberfläche 0.45. Dieser Behälter ist im Freien aufgestellt. Wie gross ist an sehr kalten Wintertagen (-15 °C / Wind 3 m/s) der Wärmeverlust?

a) Berechnung der Behälter-Oberfläche A gemäss Kapitel 9.6.

$$A \approx \pi \cdot 2.00 \cdot 5.00 + \frac{\pi}{4} \cdot 2.00^2 = 34.56 \text{ m}^2$$

b) Berechnung des Durchmessers der oberflächenäquivalenten Hohlkugel. Aus Kapitel 9.6. kann abgeleitet werden

$$D_{\text{Hohlkugel}} = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{34.56}{\pi}} = 3.317 \text{ m}$$

c) Berechnung der Wärmetransmission

Separat vorgenommene Berechnungen ergaben: Oberflächentemperatur -13.4 °C; wirksame Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs 0.045 W/(m K); äusserer Wärmeübergangskoeffizient 16.7 W/(m² K).

Somit ergibt sich für die wärmebrückenfreie Wärmedämmung nach [7.3]

$$R_B = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 0.045} + \frac{1}{3.317} + \frac{1}{3.317 + 2 \cdot 0.160} + \frac{1}{\pi \cdot 16.7} + \frac{1}{3.317 + 2 \cdot 0.160}$$
$$R_B = 0.0953 \text{ K/W}$$

$$\text{nach [1.3]} \quad \dot{Q} = \frac{80 - (-15)}{0.0953} = 997 \text{ W}$$

Weitere separate Berechnungen gemäss 5.2.3. ergaben sodann folgende Zuschläge: für die Unterkonstruktion 13.3 %, für Befestigungen und diverse Wärmebrücken 12.6 %.

Unter Berücksichtigung dieser Zuschläge von total 25.9 % ergibt sich somit ein Wärmestrom von $1.259 \times 997 \text{ W} = 1'255 \text{ W}$.

Zahlenbeispiel 7: Temperaturänderung des ruhenden Mediums

Der im Zahlenbeispiel 6 aufgeführte Behälter sei zu 90 % gefüllt. Der Behälter hat eine durchschnittliche Wanddicke von 6 mm. Wärmetransmission gemäss Zahlenbeispiel 6. Gesucht ist die Temperatur des Behälterinhalts nach einer Stillstandzeit von 7 Tagen.

Behälter-Werkstoff: Stahl unleg., Dichte $7'900 \text{ kg/m}^3$, spez. Wärmekapazität 0.49 kJ/(kg K) .
Medium: Heisswasser $80 \text{ }^\circ\text{C}$, Dichte $1'000 \text{ kg/m}^3$, spez. Wärmekapazität 4.2 kJ/(kg K) .

a) Berechnung der Behältermasse

Mit genügender Genauigkeit kann gerechnet werden:

Behältermasse = Behälteroberfläche x Wanddicke x Dichte des Behälter-Werkstoffs
 $= 34.56 \text{ m}^2 \times 0.006 \text{ m} \times 7'900 \text{ kg/m}^3 = 1'638 \text{ kg}$.

b) Berechnung des Behälterinhalts

Unter Berücksichtigung einer Wanddicke von 6 mm ist der innere Durchmesser $2'000 - 2 \times 6 = 1'988 \text{ mm}$ und die Gesamtlänge $5'000 - 2 \times 6 = 4'988 \text{ mm}$.

Somit beträgt bei Verwendung der im Kapitel 9.6. angegebenen Formel das Behältervolumen

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot 1.988^2 \cdot 4.988 = 14.454 \text{ m}^3$$

Da der Behälter nur zu 90 % gefüllt ist, beträgt also der Behälterinhalt $0.90 \times 14.454 = 13.009 \text{ m}^3$ und dessen Masse $13.009 \text{ m}^3 \times 1'000 \text{ kg/m}^3 = 13'009 \text{ kg}$.

c) Berechnung der Temperaturänderung des Mediums im Behälter

Die Näherungsgleichung [2.6] ergibt

$$\Delta \vartheta_M = \frac{3.6 \cdot 1'255 \cdot 168}{1'638 \cdot 0.49 + 13'009 \cdot 4.2} = 13.7 \text{ K}$$

Somit beträgt die Mediumtemperatur nach 168 Stunden (7 Tagen à 24 Stunden):

$$\vartheta_M = 80 - 13.7 = \text{ca. } 66 \text{ }^\circ\text{C}$$

Mit dieser Berechnungsmethode sind wir auf der sicheren Seite, weil wir den Wärmeverlust mit $1'255 \text{ W}$ einsetzten. Dieser Wärmestrom fliesst gemäss Zahlenbeispiel 6, wenn die Mediumtemperatur $80 \text{ }^\circ\text{C}$ beträgt, also zu Beginn der Stillstandzeit. Im Verlaufe der Stillstandzeit reduziert sich aber mit der zunehmenden Abkühlung des Mediums dieser Wärmestrom.

5.5.4. Armaturen

Der Wärmeverlust einer Armatur ist abhängig von deren Form, insbesondere deren Oberfläche und der Ausführung der Wärmedämmung (Dämmstoff, Dämmdicke, Oberfläche, Wärmebrücken und Anteil der ungedämmten Flächen wie Handrad usw.).

Nur mit grossem Aufwand können alle Einflussgrössen genau erfasst werden. Deshalb erstaunt nicht, dass die über Armaturen publizierten Wärmeverluste stark voneinander abweichen können.

Für die Berechnung der Wärmeverluste von Armaturen haben sich nachfolgende Erfahrungswerte in vielen Fällen bewährt:

5.5.4.1. Ungedämmte Armaturen

Wärmeverlust = Wärmeverlust des ungedämmten Rohrs gleicher Nennweite von 1.80 m Länge.

5.5.4.2. Gedämmte Armaturen

Wärmeverlust = Wärmeverlust des gleich dick gedämmten Rohrs gleicher Nennweite von 1.80 m Länge + Wärmeverlust des ungedämmten Rohrs gleicher Nennweite von 0.15 m Länge.

Zahlenbeispiel 8: Wärmetransmission

Ein Rohr NW 200, Mediantemperatur 250 °C, weist gemäss separat ausgeführten Berechnungen bei einer Umgebungstemperatur von 25 °C (windstill) folgende Wärmeverluste auf:

- ungedämmt 3'533 W/m;
- gedämmt 160 mm mit Mineralwollschalen WKZ 32.330 (ohne Zuschläge, also für die wärmebrückenfreie Dämmung): 79 W/m.

a) Der Wärmeverlust der ungedämmten Armatur beträgt somit
 $1.80 \text{ m} \times 3'533 \text{ m} = 6'359 \text{ W}$

b) der Wärmeverlust der gedämmten Armatur beträgt somit:
 $1.80 \times 79 + 0.15 \times 3'533 = 679 \text{ W}$

5.5.5. Wärmebrücken

Zahlenbeispiel 9: Wärmeverluste durch Wärmebrücken

Nach der im Abschnitt „5.2.3. Wärmebrücken“ aufgeführten Methode ergeben sich beispielsweise die nachfolgenden zusätzlichen Wärmeverluste für eine Rohrleitung NW 200 (äusserer Rohrdurchmesser 219 mm); Mediumtemperatur 250 °C; Umgebungsklima 25 °C / kein Wind; Wärmedämmung mit Mineralwollschalen WKZ 32.330, 160 mm dick; Emissionsgrad der Ummantelung 0.45.

Separat vorgenommene Berechnungen ergeben: Oberflächentemperatur 34.3 °C; wirksame Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs 0.052 W/(m K); äusserer Wärmeübergangskoeffizient 5.6 W/(m² K).

a) Wärmeverlust durch Unterkonstruktion

Die warmseitigen Auflagen der Unterkonstruktion seien 3 mm dick gedämmt. Somit beträgt gemäss Bild 1 der Zuschlag zur Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs 0.006 W/(m K).

Die Berechnungen der Wärmeverluste nach 5.2.1. ergeben:

- wärmebrückenfreie Wärmedämmung	78.8	W/m	
- Unterkonstruktion berücksichtigt	87.6	W/m	
- Zuschlag für Wärmebrücke a)	8.8	W/m	bezw. 11.2 %

b) Wärmeverlust durch Befestigungen und übrige Wärmebrücken

Die Berechnungen für „übliche Ausführungen“ nach Bild 2 ergeben:

- spez. Wärmeverlust	0.090	W/(m ² K)	
- Rohroberfläche (Durchmesser 219 mm)	0.688	m ² /m	
- Temperaturgefälle	225	K	

Für die Wärmebrücke b) ergibt sich somit ein

$$\text{Zuschlag von } 0.090 \text{ W/(m}^2 \text{ K)} \times 0.688 \text{ m}^2/\text{m} \times 225 \text{ K} = 13.9 \text{ W/m bezw. 17.7 \%}$$

c) Wärmeverlust durch Wärmebrücken total	22.7	W/m	bezw. 28.9 %
------------------------------------------	------	-----	--------------

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISO-SUISSE

5.6. Bezeichnungen, Begriffe, Einheiten

A	Oberfläche	
A _R	des Rohrs	m ² /m
A _B	des Behälters	m ²
D	Durchmesser	m
D _a	äusserer Durchmesser der Wärmedämmung	m
D _i	innerer Durchmesser der Wärmedämmung	m
E	Erstarrungswärme beim Gefrieren des Mediums	kJ/kg
\dot{Q}	Wärmestrom	
\dot{Q}_E	senkrecht durch Ebene	W/m ²
\dot{Q}_R	radial durch Hohlzylinder (Rohr)	W/m
\dot{Q}_B	zentrisch durch Hohlkugel (Behälter)	W
R	Wärmedurchgangswiderstand	
R _E	senkrecht durch die Ebene	m ² K/W
	$R_E = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_a}$	[7.1]
R _R	radial durch den Hohlzylinder (Rohr)	m K/W
	$R_R = \frac{1}{\pi \cdot \alpha_i \cdot D_i} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda} \cdot \ln \frac{D_a}{D_i} + \frac{1}{\pi \cdot \alpha_a \cdot D_a}$	[7.2]
R _B	zentrisch durch die Hohlkugel (Behälter)	K/W
	$R_B = \frac{1}{\pi \cdot \alpha_i \cdot D_i^2} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda} \cdot \left(\frac{1}{D_i} - \frac{1}{D_a} \right) + \frac{1}{\pi \cdot \alpha_a \cdot D_a^2}$	[7.3]
c	spezifische Wärmekapazität	
c _B	des Behälters	kJ/(kg K)
c _M	des Mediums	kJ/(kg K)
c _R	der Rohrleitung	kJ/(kg K)

k	k-Wert der Ebene		
	$k = \frac{\dot{Q}_E}{\Delta\vartheta}$		W/(m ² K)
k _i	k-Wert bezüglich der Rohr- oder Behälteroberfläche		
	$k_i = \frac{\dot{Q}_R}{\Delta\vartheta \cdot A_R} = \frac{\dot{Q}_B}{\Delta\vartheta \cdot A_B}$		W/(m ² K)
m	Masse		
m _B	des Behälters		kg
m _R	der Rohrleitung		kg/m
	des ruhenden Mediums		
m _{MB}	im Behälter		kg
m _{MR}	in der Rohrleitung		kg/m
\dot{m}_M	des strömenden Mediums		kg/s
s	Dämmdicke		m
z _{zul}	zulässige Stillstandzeit		h
ϑ	Temperatur		°C
ϑ _u	der Umgebung		
ϑ _a	der Oberfläche		
ϑ _M	des Mediums		
ϑ _{Ma}	am Anfang der Leistung bzw. am Anfang der Stillstandzeit		
ϑ _{Me}	am Ende der Leistung, am Ende der Stillstandzeit		
Δϑ	Temperaturgefälle;	$\Delta\vartheta = \vartheta_M - \vartheta_U $	K
Δϑ _M	Temperaturänderung des Mediums		K
α	Wärmeübergangskoeffizienten		W/(m ² K)
α _i	innen		
α _a	ausser		
λ	Wärmeleitfähigkeit		W/(m K)
e	Basis der natürlichen Logarithmen; e = 2.718'281'...		
ln	natürlicher Logarithmus		
1000	Umrechnungsfaktor: 1 kJ = 1000 J = 1000 Ws		
3.6	Umrechnungsfaktor: 1 Wh = 3.6 kJ		

6. Ausführung

Begriffe / Funktion

Allgemeines

Die zu dämmenden Anlagenteile sind vom Auftragnehmer bezüglich Platzverhältnissen und Oberflächenbeschaffenheit zu prüfen. Bestehen Bedenken, dass die vorgesehene Ausführungsart respektiv Leistung nicht ordnungsgemäss erbracht werden kann, sind diese dem Auftraggeber schriftlich mitzuteilen. Die unter Kap. 4 Planung aufgeführten Hinweise sind besonders zu beachten.

6.0 Begriffe

Begleitheizungen

werden eingesetzt

- als Frostschutz (gegen Einfrieren)
- bei ruhenden Medien (Stillstand)
- für Temperaturerhöhung
- für Temperatur-Konstanthaltung

Betriebstechn.-Anlagen

sind Wärmeerzeugungs-, Verteil- und Produktionsanlagen, z.B. Dampferzeuger, Lüftungs- und Warmwassererzeugungsanlagen, Tanks Apparate, Kolonnen sowie Rohrleitungsnetze

6.1 Dämmung

Als Dämmung ist das ganze System, also Trag- und Stützkonstruktion, Dämmstoff und Ummantelung zu verstehen.

6.2 Halterungen

Sind direkt am Objekt angebrachte Teile, die die Lasten der Dämmung auf das Objekt übertragen. Das Anschweissen der Halterungen gehört nicht zum Lieferumfang der Dämmfirma.

6.3 Stützkonstruktionen

Halten die Ummantelung im Abstand der Dämmdicke vom Objekt.

6.4 Tragkonstruktionen

übertragen die auf die Dämmung einwirkenden Kräfte und deren Lasten über Halterungen oder direkt auf das Objekt.

6.5 Umhüllung

Die Umhüllung ist der Schutz des Dämmstoffes gegen mechanische und Witterungseinflüsse.

6.6 Funktion/ Dimensionierung/Ausführung

6.6.1 Stützkonstruktionen

Funktion

Stützkonstruktionen halten die Umhüllung im Abstand der Dämmdicke vom Objekt, wenn der Dämmstoff diese Aufgabe nicht übernehmen kann.

Dimensionierung

Form und Art der Stützkonstruktion sind vom Objekt, der Dämmstärke und dem Dämmstoff sowie den Betriebsbedingungen abhängig. Die Art der Stützkonstruktion kann aus metallischen Bändern in Ringform, Profilschienen oder Blechbandagen bestehen. Für die Abstützung am Objekt sind metallische Stege, keramische Stifte oder druckfeste mineralische Platten/Matten anzuwenden. Stützkonstruktionen sind im allgemeinen in Abständen von 950 mm anzuordnen. Bei grösseren Rohrleitungsbögen, Formstücken, etc. sollten die Abstände nicht grösser als ca. 700 mm ausserhalb der Dämmung betragen.

Ausführung

Die Stützringe sind bei Anlageteilen bis 1000 mm Umfang aus Bandstahl von mindestens 30 x 2 mm, über 1000 mm Umfang von mindestens 30 x 3 mm oder aus profiliertem Stahlblech entsprechender Steifigkeit anzufertigen. Die Enden sind mit Gewindeschrauben und Muttern oder selbstschneidenden Metallschrauben zu verbinden. Je nach Temperatur sind keramische Stege \varnothing 16 mm, metallische Abstandhalter oder druckfeste Mineralfaserplatten zu verwenden. Die Konstruktion soll aus ausgebildet sein, dass keine metallische Verbindung zwischen Objekt und Umhüllung besteht. Bei metallischen Stegen kann zwischen Ring und Steg eine wärmedämmende Trennschicht eingebaut werden.

Bei Rohren über Nennweite 700 und bei nichteckigen Querschnitten darf der Abstand der Stege, am äusseren Ring gemessen, höchstens 300 mm betragen. Die Stützkonstruktionen sind entweder vor oder nach dem Aufbringen der Dämmstoffe zu montieren. Metalle unterschiedlichen elektrischen Potentials dürfen nicht in Verbindung gebracht werden. Gegebenenfalls ist eine

Trennschicht auf der Stützkonstruktion aufzubringen. Stützkonstruktionen aus Dämmstoffen, zum Beispiel Formstücke, können durch Kleben, Aufbinden oder Einspannen befestigt werden.

6.6.2 Tragkonstruktionen

Funktion

Tragkonstruktionen müssen das Gewicht der Dämmung und die auf die Dämmung einwirkenden Kräfte über Halterungen oder direkt auf das zu dämmende Objekt übertragen. Sie sind nicht vermeidbare Wärmebrücken im Dämmsystem. Die Dämmwirkung ist dadurch geringer als die der übrigen Dämmung. Stoffe und Konstruktionen müssen die statischen und dynamischen Anforderungen erfüllen und den Wärmestrom so klein wie möglich halten. Sollten sie an diesen Stellen verbessert werden, müssen z.B. wärmedämmende Trennschichten oder Zwischenstege eingebaut werden.

Dimensionierung

Form und Art der Tragkonstruktionen ist von Objekt, Dämmdicke, Dämmstoff und den Betriebsbedingungen abhängig. Bei der Dimensionierung müssen neben den statischen und dynamischen Kräften auch die temperaturbedingten Formänderungen des Objekts und der Tragkonstruktion berücksichtigt werden.

Ausführung

Tragkonstruktionen bestehen aus metallischen Tragringen oder Profilschienen und Stegen. Die Befestigung erfolgt an Halterungen oder werden unmittelbar direkt an das Objekt geschweisst. Die Abstände der Stege am äusseren Rand sollten nicht über 300 mm betragen. Die Abstände der Befestigung am Objekt richten sich bei einfachen Tragkonstruktionen nach den Erfordernissen oder nach der Anordnung der Halterungen. Bei unterschiedlichen Längenänderungen zwischen Objekt und der Umhüllung sind Federelemente oder Schiebkonstruktionen anzuwenden.

6.7 Applikation/Montage-Technik

6.7.1 Dämmstoffe

Die bei Dämmungen verwendeten Stoffe müssen den zu erwartenden Beanspruchungen genügen, die Betriebsbedingungen und besonderen Anforderungen z.B. Temperaturen, Luftfeuchtigkeit (evtl. geforderte Feuerwiderstandsklasse) sind vom Auftraggeber, die Eigenschaften der vorgesehenen Stoffe vom Auftragnehmer anzugeben. Dämmstoffe müssen den zu erwarteten Beanspruchungen genügen. Sie müssen z.B. struktur-, fäulnis- und ungezieferfest, gegebenenfalls auch schwer entflammbar und unter dem Einfluss von Wärme, Kälte Alterung und nach kurzzeitiger Durchfeuchtung genügend formbeständig und funktionsfähig sein. Der Chloridgehalt darf 6 mg Chloridionen je kg Dämmstoff nicht überschreiten.

Steinwolle Matten

Die Matten sind fugendicht aufzubringen und zu befestigen. Sie müssen so zugeschnitten werden, dass die geforderte Dämmdicke auch nach der Montage an allen Stellen vorhanden ist. Bei mehrlagiger Ausführung sind die Fugen zu versetzen.

Auf verzinktes Drahtgeflecht gesteppte Matten sind an den Längsnähten mit verzinktem Draht von mindestens 0,7 mm Durchmesser, mindestens 3 Maschen auf beiden Seiten übergreifend, zu vernähen oder mit Drahtnaken oder mindestens 10 mm breiten Bändern aus nichtrostendem oder korrosionsgeschütztem Metall zu befestigen.

Werden zur Befestigung Drahtnaken verwendet, so darf ihr Abstand voneinander höchstens 150 mm betragen. Jeder Drahtnaken sollte wenigstens 3 Maschen auf beiden Seiten übergreifen. Werden die Matten mit Draht oder Band aufgebunden, sind mindestens 6 Bindungen je Meter anzubringen.

Nicht auf Drahtgeflecht gesteppte Matten sind mit verzinktem Draht von mindestens 0,7 mm Durchmesser oder mit mindestens 10 mm breiten Bändern aus nichtrostendem oder korrosionsgeschütztem Metall zu befestigen.

Rohrbögen können, sofern nicht anders vorgeschrieben, mit gleichwertiger Mineralwolle gestopft werden. Sie können jedoch auch mit entsprechend zugeschnittenen Teilen aus Matten gefertigt werden.

Formstücke

Schalen und Segmente sind mit verzinktem Draht von mindestens 0,7 mm Durchmesser oder durch Haltebänder und mit mindestens 0,7 mm Durchmesser oder durch Haltebänder und mit mindestens 6 Bindungen je Meter zu befestigen. Platten sind nicht mit Draht zu binden. Sie sollten durch Schweisstifte, Gewindestangen oder Stic-Clips gehalten und mechanisch gesichert werden. Bei eckigen Dämmungen, z.B. an Kanälen, müssen Haltebänder mit Kantenwinkeln verwendet werden.

Schnüre oder Zöpfe

Sind spiralförmig und fugendicht zu wickeln. Anfang- und Endstellen sind mit verzinktem Draht zu befestigen. Eine evtl. zweite Lage ist gegenläufig zu wickeln.

Steinwolle-Stopfung

Die Hohlräume sind gleichmässig und dicht auszustopfen, damit die vorgeschriebene Stopfdichte erreicht wird. Der Dämmstoff darf auch bei längerer Betriebszeit nicht absacken.

Glasfaser-Produkte

sind wie Steinwolle-Produkte zu verarbeiten.

Keramikfaser-Produkte

sind wie Steinwolle-Produkte zu verarbeiten.

Fibersilikat-Platten

sind wie Steinwolle-Produkte zu verarbeiten.

Die höheren Rohdichten sind zu beachten.

Calcium-Silikat-Produkte

Schalen sind wie Steinwolle-Schalen zu verarbeiten.

Die höheren Rohdichten sind zu beachten.

Platten sind wie Steinwolle-Platten zu verarbeiten.

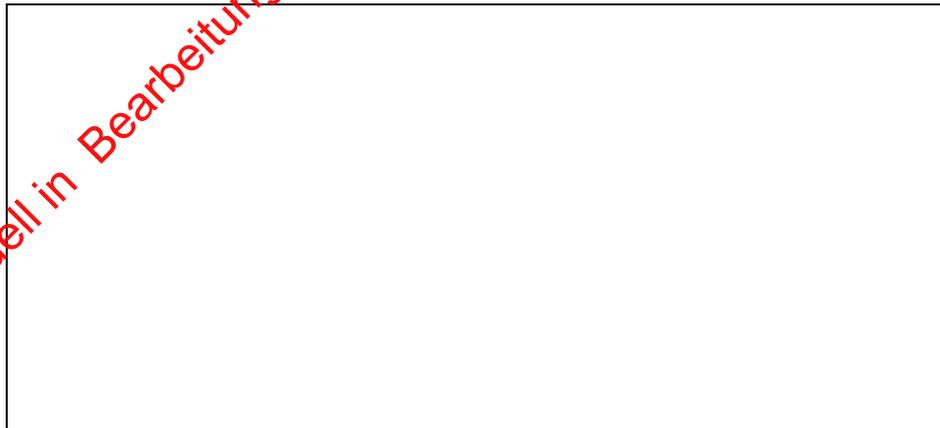
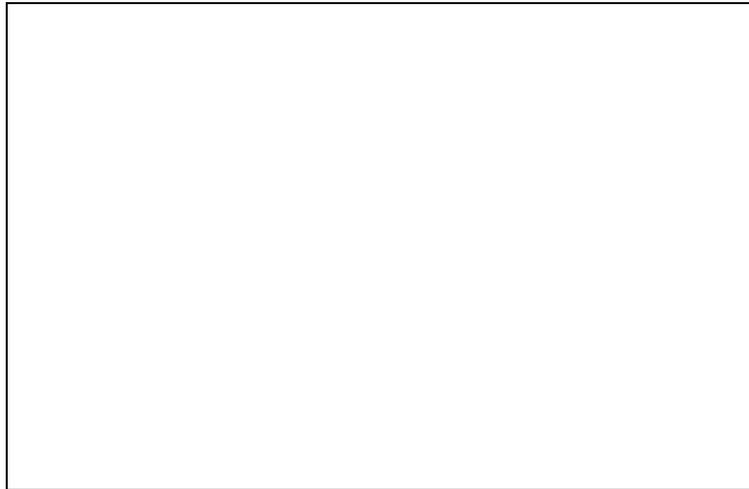
Die höheren Rohdichten sind zu beachten.

Schaumglas-Produkte

sind wie Steinwolle-Produkte zu verarbeiten, jedoch muss zwischen Objekt und Schaumglas ein geeigneter Abriebschutz eingebaut werden.

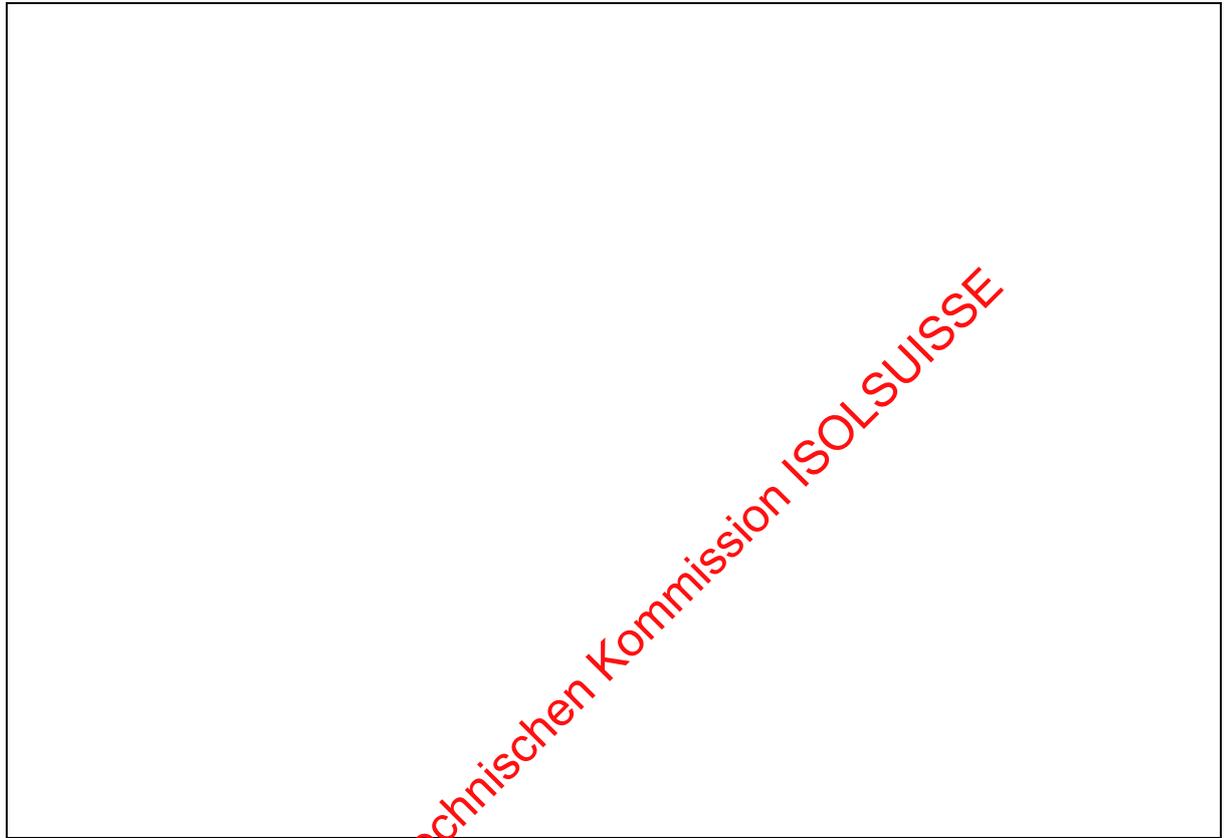
Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

6.7.2 Stütz- und Tragkonstruktionen mit Umhüllungen



Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

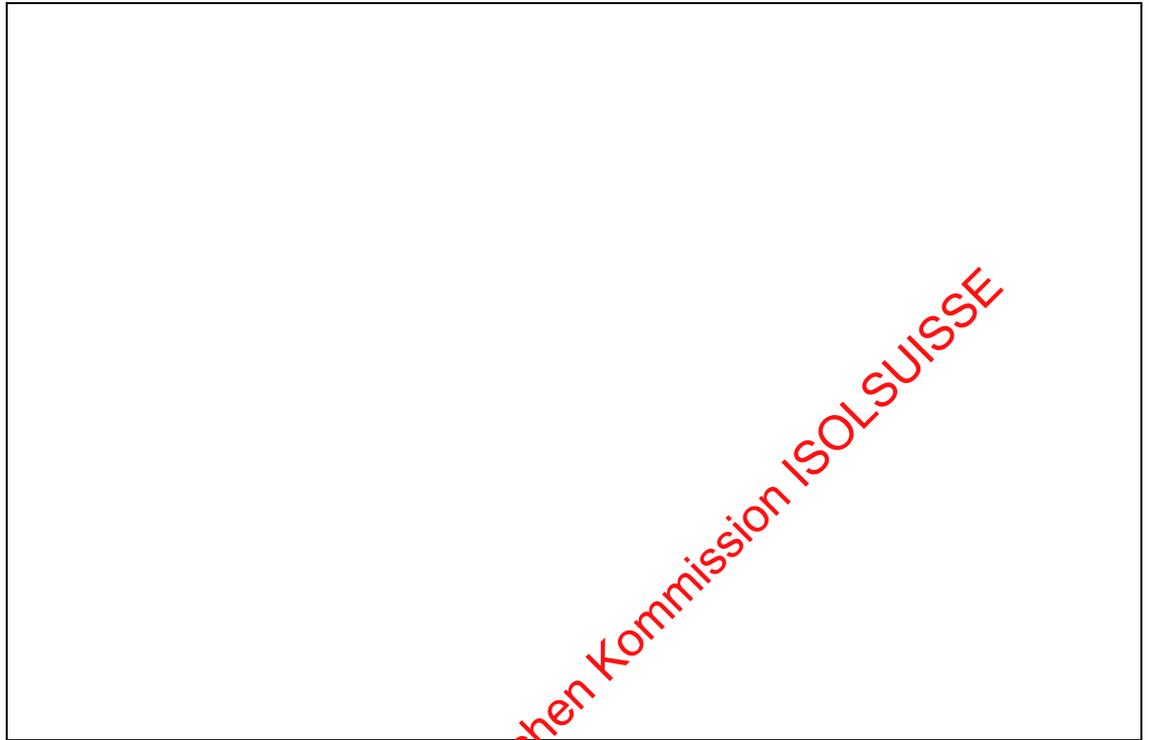
6.7.3 Stütz- und Tragkonstruktionen für nicht gekrümmte Flächen



6.7.3 Stütz- und Tragkonstruktionen für gekrümmte Flächen



6.7.3 Stütz- und Tragkonstruktionen



Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

6.7.3 Umhüllungen

Glattbleche

Die Bleche sind zu formen, Längs- und Rundnähte zu sicken. Die Längsnähte können auch angekantet werden. Rundnähte können durch Sicke und Gegensicke verbunden werden, wenn ein Auseinanderklaffen auf Grund von Temperatureinflüssen nicht zu erwarten ist. Zur Befestigung sind Blechtreibschrauben nach DIN 7971 mindestens 4,2 x 9,5 mm, bei Umfängen ab 2000 mm mindestens 4,8 x 13 mm zu verwenden.

Verzinkte Bleche + Verzinkte Blechtreibschrauben.

Aluminium- und rostfreie Stahlbleche: rostfreie Blechtreibschrauben.

Böden können mit Steh- oder Doppelfalz ausgebildet werden, hochgewölbte Böden im sogenannten Zeppelinschnitt.

Die Ummantelung rotierender Anlageteile und solcher, die Erschütterungen oder Vibrationen ausgesetzt sind, müssen mit Blechschrauben und Scheiben aus Kunststoff verschraubt werden.

Typenschilder und sonstige Kennzeichnungen von Anlageteilen müssen sichtbar bleiben. Durchdringungen des Blechmantels, z.B. an Rohrbefestigungen, Mannlöchern und Messstutzen, sind mit Rosetten zu versehen und - falls erforderlich - abzudichten.

An den Enden der Umhüllung sind Stirnscheiben in die Sicken einzulegen oder in Zagen einzusprengen. Sie dürfen nicht an das Objekt herangeführt werden.

An den Endstellen der Umhüllung von Apparaten sind die Stirnscheiben in Zagen einzusprengen (Stosskappen); bei stehenden Apparaten und bei geneigten und lotrechten Leitungen sind die oberen Endstellen trichterförmig und flüssigkeitsabweisend an den Blechmantel anzuschliessen.

In Durchdringungen können die Nähte versetzt werden.

Ueberlappungen, Sicken usw. sind so anzuordnen, dass keine Feuchtigkeit in die Dämmung eindringen kann. Bei Freianlagen sollen alle Ueberlappungen entgegen der Wetterseite angelegt werden; Längsnähte sind bei waagerechten Leitungen - ausgenommen bei Bögen - etwa 45° oberhalb der Rohrachse, jedoch gegeneinander versetzt, zu legen.

Profilierte Bleche

Bei grösseren Behältern, Kolonnen und Tanks oder begehbaren Dämmungen können z.B. aus statischen und/oder gestalterischen Gründen profilierte Bleche erforderlich sein. Die Ueberlappungen richten sich nach dem Profil. Alle übrigen Details sind analog 7.6.1 anzufertigen.

Aluminium-Folie

Die Stösse sind mindestens 50 mm zu überlappen, bei grossflächigen Objekten zusätzlich mit selbstklebenden Alubändern zu überdecken.

Aluminium-Grobkornfolie

Ueberlappung der Rundnähte: 50 mm

Ueberlappung der Längsnähte: 30 mm

Befestigung mit Klammern oder Alu-Bändern mindestens 15 mm breit.

PVC-Folie hart

Ueberlappung der Rundnähte: 50 mm

Ueberlappung der Längsnähte: 30 - 50 mm

Befestigungen:

- Quellverschweissung
- Stecknieten
- Spezialverschlüsse
- selbstklebende Bänder

Bitumenpappe

Die Stösse sind mindestens 50 mm zu überlappen und mit rostgeschütztem Band, Breite mindestens 15 mm, mindestens 4 x pro lfm zu befestigen.

Drahtgeflecht

St, verzinkt oder St, rostfrei.

Die Stösse sind mindestens 50 mm zu überlappen und mit Draht 0,7 mm zu vernähen.

Hartmantel-Abglättung

Die Hartmantelmasse ist in einer Dicke von mindestens 10 mm gleichmässig und glatt aufzubringen. Die Endstellen sind mit Blechmanschetten-Abschlüssen zu versehen. Falls notwendig sind Dehnungsfugen vorzusehen.

zu 6.7.3

Richtlinien für Blechdicken

Aluminium

Abmessungen des gedämmten Objektes		
Durchmesser	Umhüllung	Blechdicke
bis 150 mm	470	0,6 mm
über 150 mm - 300 mm	471 - 940	0,7 mm
über 300mm-410 mm	941 - 1300	0,8 mm
über 410 mm	1300	1,0 mm

Verz. Stahlblech

Abmessungen des gedämmten Objektes		
Durchmesser	Umhüllung	Blechdicke
bis 150 mm	470	0,5 mm
über 150 mm -300 mm	471 - 940	0,6 mm
über 300 mm - 410 mm	941 - 1300	0,7 mm
über 410 mm - 1000 mm		0,87 mm
über 1000 mm		1,0 mm

rostfreies Stahlblech

Amessungen des gedämmten Objektes		
Durchmesser	Umhüllung	Blechdicke
bis 300 mm	940	0,5 mm
über 300 mm - 600 mm	1900	0,6 mm
über 600 mm	1900	0,8 mm

6.7.4 Kappen

Die Dämmung der Flanschen-, Armaturen und z.T. kleinere Apparateteilkomponenten sollten mit leicht demontierbaren einwandigen Kappen erfolgen. In Kappen abnehmbar (mittels selbstspannenden Verschlüsse) oder Hauben (festverschraubt) sind Mineralfasermatten auf Drahtgeflecht oder Mineralfaserwollstopfung unter Drahtgeflecht einzulegen und mit Metallhaften im Abstand von höchstens 150 mm in der Kappe oder Haube zu befestigen. Die Umhüllung ist zwei- oder mehrteilig mit seitlich eingesprengten Stirnseiten anzufertigen. Die Kappenteile werden mit Hebelverschlüssen zusammengehalten, die entweder unmittelbar an den Kappenteilen oder an Bändern im selben Material angebracht sind. Die obere Stirnseite stehender Kappen oder Hauben ist gegen Eindringen von Regen- oder Spritzwasser mit konischen Abweiser

oder Zahnradwellprofil auszubilden. Armaturen müssen so ausgeführt werden, dass die Stopfbüchsen frei bleiben und ein Nachziehen ohne Entfernung der Dämmung möglich ist. Für die Kappenlänge ist der Abstand zwischen Flansch oder Armatur und der anschliessenden Rohrdämmung so zu bemessen, dass die Schraubverbindungen ohne Rohrisolationsdemontage einwandfrei herausnehmbar ist.



Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

6.7.5 Matratzen (auch für Turbinen)

Die bestehen aus mehrteiligen wegnehmbaren Segmenten. Deren Aufbau:

Aussen	Glasgewebe mit aufgedämpfter Aluminiumschicht, z.B. Typ Alpes 2002, resp. Alu-Folie;
Innen	Glasgewebe mit eingewirktem V4a-Stahlgewebe, z.B. Typ 2002, V4a GI;
Füllung	diese muss den Temperaturen entsprechend gewählt werden, z.B. Glasfaser oder Steinwolle in Schalen oder Stopfmaterialeform.

Das äussere und innere Trägermaterial ist mit Glasfäden sauber und formstabil zu vernähen. Die Befestigung ist mit Haken und Federn oder mit selbstspannenden nichtrostenden Spannverschlüssen und Bändern im gleichen Material zu wählen.

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISO/SUISSE

7. Materialkennwerte

Tabelle: MK 1

7.1 Dämmstoffe

Bezeichnung	Rohdichte Kg/m ³	Temperatur- beständigkeit max. °C	BKZ	Wärmeleit- fähigkeit	Bemerkungen
Steinwolle-Produkte					
Schalen	100-125	750	6q.3		
Lamellmatten, Alukraft	32-40	250	6q.3		
Brandschutzmatten, Alukraft	80	750	6q.3		
Drahtnetzmatte	80	750	6.3		
Stopfwole	100-140*	750	6.3		* Empfohlene Stopfdichte
Brandschutzmatten	115-120	750	6.3		
Platten	60	250	6q.3		
Platten	80	250	6q.3		
				temperatur- abhängig	
Keramikfaser-Produkte					
Matten	64	1260	6.3		
Matten	96	1260	"		
Matten	128	1260	"		
Stopfwole	100-150*	1260	"		* Empfohlene Stopfdichte
Platten	240	1100	"		
Platten	260	1260	"		
Schnur		1260	"		
Gewebe		1260	"		
Gewebeband					
Fibersilikat-Produkte					
Platten	450-500	600	6.3		
Platten	750-900	500	6.3		
Calcium-Silikat- Produkte					
Schalen	225	1000	6.3		
Platten	225	1000	6.3		

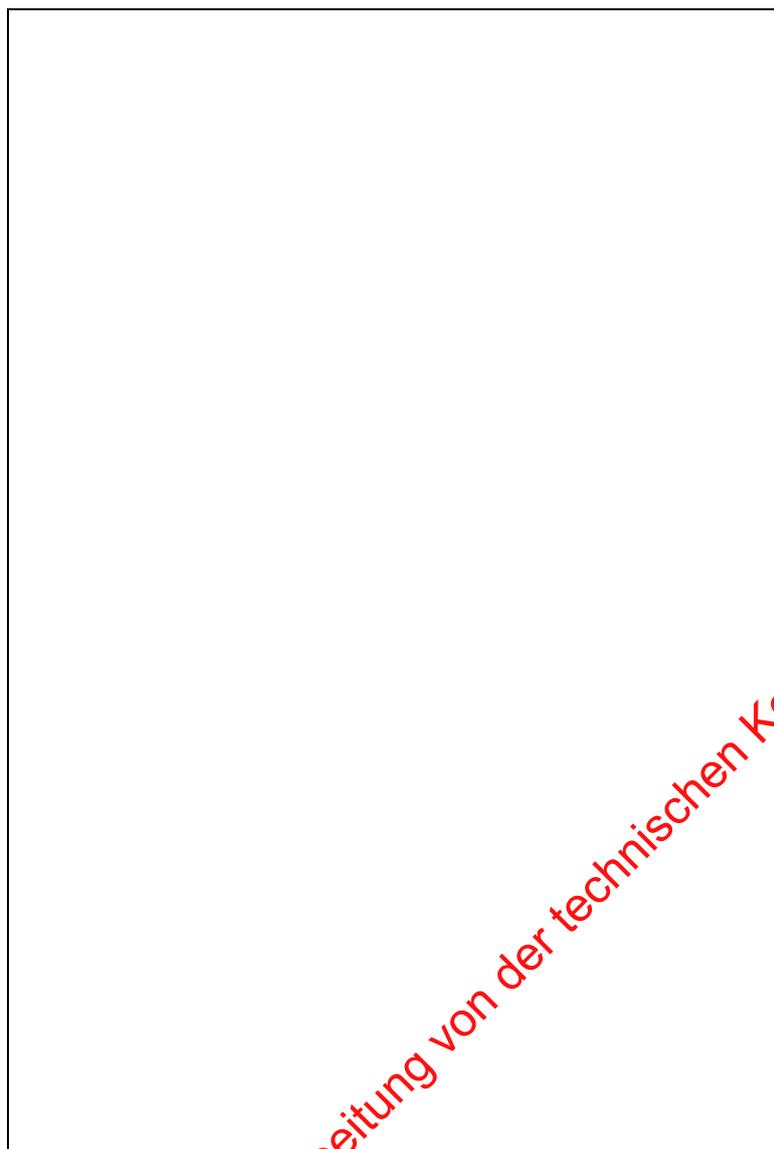
7. Materialkennwerte
7.1 Dämmstoffe

Tabelle: MK 2

Bezeichnung	Rohdichte Kg/m ³	Temperatur- beständigkeit max. °C	BKZ	Wärmeleit- fähigkeit	Bemerkungen
Glasfaserprodukte					
Schalen	44	250	6q.3	 	Bindemittel- Verfüchtigung ab 200 °C.
Lamellmatten, alukraft	20	150-210	6q.3		Temperaturbeständig- keit ist dickenabhängig
Filze T	22	150-210	6q.3		temperatur- abhängig
Filze FM	25	200	6q.3		
Stopfwole T	70*	500	6.3		*Empfohlene Stopf- dichte
Stopfwole HT	70*	550	6.3		*dto.
Zöpfe	26	500	6.3		
Platten	60	200	6q.3		
Platten	80	200	6q.3		
Platten	110	200	6q.3		
Schaumglas-Produkte					
Schalen	120	430	6.3		Wärmeträgersysteme mit niedrigen Zündtem- peraturen
Platten	120	430	6.3		

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOL-SUISSE

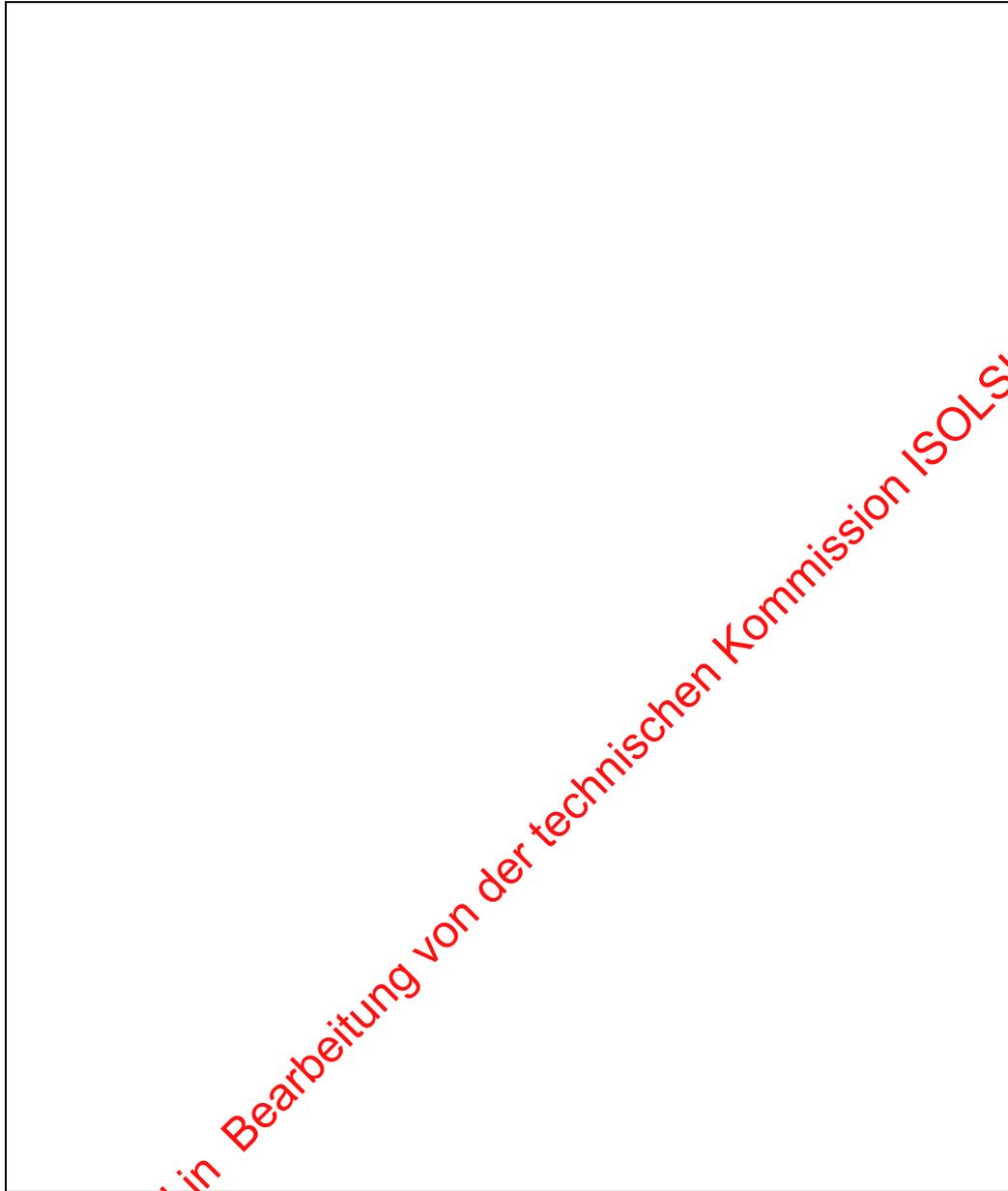
Tabelle: MK 3



Wärmeleitfähigkeit von Dämmstoffen

Abkürzung	Bezeichnung	Rohdichte	WKZ
L40	Steinwolle-Lamellmatte	40 kg/m ³	38.455
D60	Steinwolle-Drahtnetzmatte	80 kg/m ³	33.360
P40	Steinwolleplatte	40 kg/m ³	35.440
P60	Steinwolleplatte	60 kg/m ³	34.370
P80	Steinwolleplatte	80 kg/m ³	33.325
P100	Steinwolleplatte	100 kg/m ³	32.300
P120	Steinwolleplatte	120 kg/m ³	31.285
Sch100	Steinwollschale	100 kg/m ³	32.330

Tabelle: MK 4

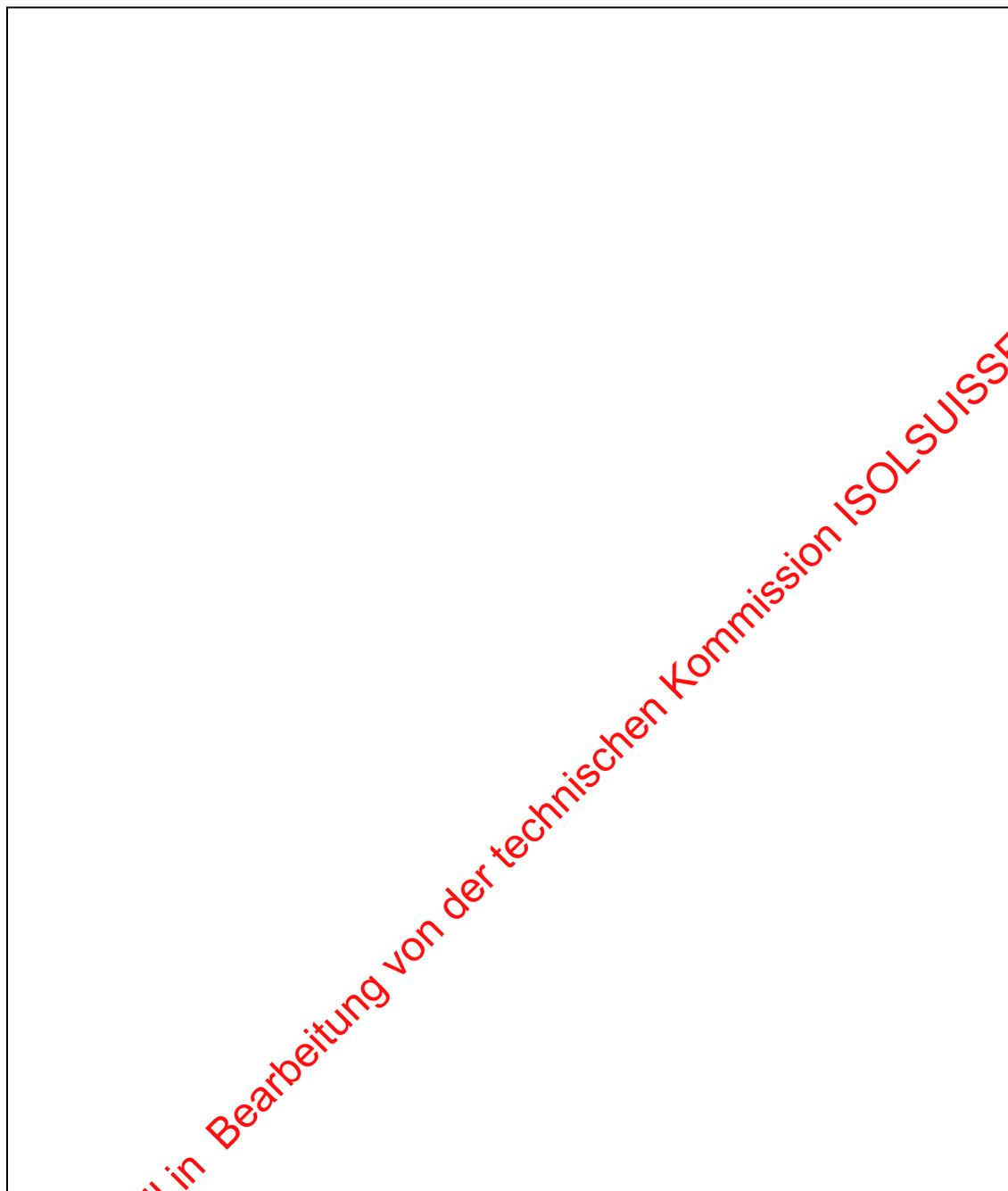


Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

Abkürzung	Bezeichnung	Rohdichte	WKZ
K40	Keramikfasermatte	40 kg/m ³	53.25
K60	Keramikfasermatte	60 kg/m ³	51.225
K80	Keramikfasermatte	80 kg/m ³	49.205
K100	Keramikfasermatte	100 kg/m ³	48.190
K120	Keramikfasermatte	120 kg/m ³	47.180

7. Materialkennwerte

Tabelle: MK 5



Abkürzung	Bezeichnung	Rohdichte	WKZ
SchG1	Schaumglas einlagig	125 kg/m ³	53.300
SchG2	Schaumglas zweilagig	125 kg/m ³	44.300
KS	Kalziumsilikat	225 kg/m ³	46.190
MP	Mikroporöse Stoffe	340 kg/m ³	18.075

7. Materialkennwerte

Tabelle: MK 6

7.2 Trag- und Stützkonstruktionen

Hilfswerkstoffe

Bezeichnung	Dicke in mm	Temperaturbeständigkeit max. °C	Anzuwenden für
Flachstahl, St 37.2	2-10	300	Temperatur max. 200 °C
Flachstahl, 35.8	2-10	500	Hohe Temperaturen
Flachstahl, MO3	2-10	530	dto.
Flachstahl, Cr Mo 44	2-10	560	dto.
Flachstahl, 1.4301	2-10	400	dto.
Flachstahl, 1.4571	2-10	450	dto.
Winkelstahl, St 37.2	3-6	300	Strahlungskessel
U-Stahl, St 37.2		300	dto.
Hohlprofile, St. 52.3	3-5	300	Strahlungskessel
Aluminium-L-Profile	1-3	300	dto.
Aluminium-U-Profile	1-3	300	dto.
Keramik-Stege (Steatit)	Ø 16 mm	650	Hohe Temperaturen
Ringe aus Mineralwolle-Brandplatten	60	750	
Federbügel	2-4	300	dto.
			Kombinierte Wärme-/Schall-Dämmungen
Zwischenanlagen			
Glasgewebewand	2-3	600	Hohe Temperaturen
Fibersilikat-Streifen	5-20	600	dto.
Befestigungen			
Schweiss-Elektroden	div.		
Nieten, St	3-5		
Schrauben			
Muttern			
Federringe			
U-Scheiben			

7. Materialkennwerte

Tabelle: MK 7

7.3 Umhüllungen

Bezeichnung	Dicke in mm	Temperaturbeständigkeit max. °C	BKZ	Emissionsgrad ϵ	Kurzbeschreibungen
Aluminium-Folie	0.05-0.1	300	6	0.05	Sehr geringe Festigkeit. Mechanisch nicht beanspruchbar
Aluminium-Grobkornfolie	0.2-0.3	300	6	0.05	Geringe Festigkeit. Mechanisch nicht beanspruchbar
PVC-Folie, hart	0.3-0.5	75	5.2	0.9	Geringe Festigkeit. Hohe chemische Resistenz. Nicht UV-beständig
Bitumen-Dachpappe	2-3	80	3	0.91	Geringe Festigkeit. Mechanisch nicht beanspruchbar.
Drahtgeflecht, verz. Stahl Maschenweite 25x25 mm	0.7	350			Geringe Festigkeit
Drahtgewebebandagen aus rostfreiem Stahl, Maschenweite 25x25 mm	0.7	600	6		Geringe Festigkeit
Drahtgewebebandagen mit Hartmantel-Abglättung aus Gips	5-15	200	6	0.93	Geeignet für Schalldämmung
ALUMAN-100, halbhart	0.6-1.2	300	6	0.05	Mittlere Festigkeit. Sehr gut verformbar
ALUMAN-100, Stucco	0.6-1.2	300	6	0.05	
PERALUMAN-150, halbhart	0.6-1.2	300	6	0.05	Mittlere Festigkeit. Gut verformbar
PERALUMAN-300, halbhart	0.6-1.2	300	6	0.05	Gut verformbar
Stahlblech, verzinkt	0.5-1.0	350	6	0.26	Gute Festigkeit. Mechan. stark beanspruchbar. Korrosionsgefahr an Schnittstellen
Rostfreies Stahlblech Werkstoff-Nr. 1.4301 (V2A)	0.5-0.8	400	6	0.15	Hohe Festigkeit. Hohe chem. Beständigkeit. Mittelschwer verformbar
Rostfreies Stahlblech Werkstoff-Nr. 1.4435 (V4A)	0.5-0.8	400	6	0.15	Sehr hohe Festigkeit und chemische Beständigkeit. Schwer verformbar

7. Materialkennwerte

Tabelle: MK 8

7.3 Umhüllungen

Bezeichnung	Dicke in mm	Temperaturbeständigkeit max.°C	BKZ	Emissionsgrad ϵ	Kurzbeschreibungen
ALUMAN-100 mit Einbrennlackierung	0.6-1.2	100	6.q3	je nach Farbe	Mittlere Festigkeit. Gute chemische Beständigkeit. Gut verformbar
Stahlblech, verzinkt mit Kunststoff-Beschichtung	0.5-1.0	75	6.q3	0.90	Gute Festigkeit und chemische Beständigkeit. Korrosionsgefahr an den Schnittstellen.
Profilblech aus vorgenannten Werkstoffen	0.7-1.0	div.	div.		Einsatzgebiete: – Grosstanks – Strahlungskessel – Elektro-Filter etc.
Glasgewebe (E-Glas)	0.7	500	6.3		Einsatz für Matratzen
dto., mit PU-Beschichtung	0.7	500	6.3	Beschicht. 5.2	
dto., mit Alufolie Beschichtung	0.7	500	6.3		
dto., mit Stnr-Verstärkung(V4a)	0.7	650	6.3		
Befestigungen					
POP-Nieten, Al	Ø 3.2				
POP-Nieten, Stnr	Ø 3.2				
Blechtreibschrauben, verz.	Ø 4.2-4.8				
Blechtreibschrauben,	Ø 4.2-4.8				
Fassadenschrauben, St verz.	Ø 6.3				für Profilbleche
Fassadenschrauben, Stnr	Ø 6.3				für Profilbleche
Unterlegschrauben aus Polyamid					für beschichtete Bleche
Unterlegschrauben aus St, verz. mit Neoprendichtung					für beschichtete Bleche
Unterlegschrauben aus Stnr mit Neoprendichtung					für beschichtete Bleche
Schnellspanverschlüsse					für demontierbare Kappen
Stahl, verzinkt					dto.
Stahl, nichtrostend					dto.

7. Materialkennwerte

Tabelle: MK 9

7.4 Dämmstoff-Befestigungen

Hilfswerkstoffe

Bezeichnung	Dicke in mm	Temperaturbeständigkeit max.°C	Anzuwenden für
Stahldraht, gegläht	Ø 3-5	500	grossflächige Behälter, Strahlungskessel und Kanäle dto. dto. Rohrleitungen und Behälter dto. dto. dto. Freiluft-Anlagen dto. Stoss-Überdeckung Verhinderung von Kontaktkorrosion
Schweissbolzen, Stahl	Ø 3-6	350	
Riffelbolzen, Stahl	Ø 6	350	
Schlagscheiben	1-2	350	
Halteclipse	1	350	
Draht, verzinkt	Ø 0.7-2.0	350	
Mattenhaken, verzinkt	Ø 2.0	350	
Stahlband 15 mm, verzinkt	0.5	350	
Aluband 15 mm	0.5	300	
Kunststoffband 10-15 mm	80	dto.	
Hilfswerkstoffe			
Kleber			
Dichtungskitt			
Dichtungsbänder			
Reinalu-Klebebänder			
PVC-Bänder			

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission SOLSUISSE

8. Leistung und Lieferung

8.1 Ausschreibungsunterlagen

Im Leistungsbeschreibung müssen folgende Angaben enthalten sein:

- Werkstoffe und Abmessungen der Rohre und Behälter inkl. Detailangaben über Formstücke, Dämmstoff, Dämmdicken, Art des Mediums, Medientemperaturen, Umgebungsklima.
- Funktion und Anforderungen
- Art der Rohraufhängungen und Stützkonstruktionen.
- Begleitheizungen, Ueberwachungs- und Steuereinrichtungen usw.
- Können Formstücke noch nicht bestimmt werden, so ist ein prozentualer Zuschlag festzulegen.

8.2 Leistungen des Planers

Dem Unternehmer sind rechtzeitig die erforderlichen Pläne zuzustellen mit Angaben über:

- Leitungsführungen, Aufstellungspläne, Isometrien, RI-Schemas
- Art der Leitungen, Werkstoff und Funktion der Leitung
- Abmessungen der Rohre, Behälter und Kanäle
- Standorte von Apparaten, Armaturen usw.
- Raumklima
- Funktion und Anforderungen gemäss Kapitel 2

8.3 Leistungen des Unternehmers

8.3.1 Inbegriffene Leistungen

- Komplette Lieferung des Dämmsystems.
- Kontrolle der Abmessungen der zu dämmenden Anlageteile.
- Transportkosten der Materialien und Werkzeuge franko Baustelle, sofern nichts anderes vereinbart ist.
- Reise- und Logiekosten des Personals.
- Zurverfügungstellung der notwendigen Werkzeuge und Maschinen.
- Kontrolle der Arbeitsausführung.
- Schützen der Umgebung vor Verunreinigung.
- Kontrolle des vorhandenen Korrosionsschutzes der zu dämmenden Anlageteile auf Vollständigkeit.
- Massaufnahmen nach Arbeitsbeendigung, sofern nicht eine Pauschalübernahme vereinbart wurde. Ausmasse gemäss VSI-Ausmassvorschriften.

8.3.2 Nicht inbegriffene Leistungen

Die nachstehend aufgeführten Leistungen sind dem Untenehmer besonders zu entschädigen, sofern im Leistungsverzeichnis nicht andere Bestimmungen enthalten sind:

- Arbeitsgerüste für Arbeiten über 4 m Arbeitshöhe
- Schweissarbeiten
- Halterungen für Abstützungen
- Korrosionsschutz
- Mehrarbeit infolge erschwernerer Umstände, die die Montagearbeiten behindern, z.B. Gerüste.
- Reinigen und Instandstellen von Dämmteilen, die durch Drittpersonen beschädigt wurden (insbesondere auch durch Demontage und Wiedermontage).
- Mehraufwand für Reisezeiten, Reisekosten, Zulagen.
- Transport und Gerüstkosten bei bauseits bedingter Unterbrechung der Montagearbeiten.
- Stellen einer genügenden Beleuchtung, des erforderlichen Wassers und elektrischen Stroms.
- Sämtliche Zuputzarbeiten bei Durchbrüchen, Schlitzern usw.
- Erschwerende Umstände, sofern sie bei Offertanfrage nicht bekanntgegeben worden sind, wie vertragliche Lohnzuschläge für ausserordentliche Schmutzarbeiten, Arbeiten in nassen Kanälen, in Räumen über 40°C Raumtemperatur, in gesundheitsgefährdenden Lokalen.

- Beheizung der Leitungen und Apparate während der Ausführung der Dämmarbeiten, soweit notwendig
- Entsorgung
- Beratung Punkt 8.3.3

8.3.3 Beratung, Ingenieurdienste

Arbeitsaufwand für:

- Projektierung
- Planung
- Devisierung
- Berechnungen

werden nach SIA-Tarif verrechnet.

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

9. Anhang

9.1. Wärmeleitung

9.2. Wärmeübergang

- 9.2.1. Näherungswerte
- 9.2.2. Wärmeübergang durch Konvektion
- 9.2.3. Wärmeübergang durch Strahlung
- 9.2.4. Wärmeübergangskoeffizienten für Wärmetransmissions-Berechnungen
- 9.2.5. Wärmeübergangskoeffizienten für Berührungsschutz-Berechnungen
- 9.2.6. Zahlenbeispiele

9.3. Daten von festen Stoffen (Rohr- und Behälterwerkstoffe)

9.4. Daten von flüssigen Stoffen (Rohr- und Behälterinhalte)

9.5. Daten von gasförmigen Stoffen (Rohr- und Behälterinhalte)

9.6. Oberflächen und Volumen von Behältern

9.7. Gewichte von Dämmsystemen für Rohre

9.8. Sattdampftabelle

9.9. Verschiedenes

- 9.9.1. Nutzungszeiten
- 9.9.2. Kommerzielle Berechnungen
- 9.9.3. Längenausdehnung
- 9.9.4. Energie (Begriffe, Preise, Einheiten)
- 9.9.5. Chloridgehalt von Mineralwolle-Dämmstoffen
- 9.9.6. Oekologische Betrachtungen
- 9.9.7. Arithmetische Näherungsverfahren
- 9.9.8. Sachwörterverzeichnis
- 9.9.9. Diverses

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission SOLSUISSE

9.1. Wärmeleitung

Die Wärmeleitung eines Wärmedämmstoffs ist abhängig von dessen Temperatur. Sie ist dem Prüfzeugnis eines anerkannten Prüfinstituts zu entnehmen. Mit guter Genauigkeit lässt sich die Temperaturabhängigkeit von Dämmstoffen mit folgender Funktionsgleichung beschreiben:

$$\lambda = \lambda_0 \cdot e^{b \cdot \vartheta}$$

In der Praxis sind Dämmstoffe nicht einer bestimmten Temperatur, sondern einem gewissen Temperaturbereich ausgesetzt. Bis 250 °C kann mit der sog. Mitteltemperatur gerechnet und die zugehörige mittlere Wärmeleitfähigkeit wie folgt berechnet werden:

$$\lambda_{\vartheta} = \lambda_0 \cdot e^{b \cdot \vartheta_{\vartheta}} \quad (2)$$

Bei Berechnungen über 250 °C ist es empfehlenswert, nicht mit der Wärmeleitfähigkeit des Wärmedämmstoffes bei der Mitteltemperatur zu rechnen, sondern die effektiv wirksame Wärmeleitfähigkeit einzusetzen. Diese ist höher als die Wärmeleitfähigkeit bei der Mitteltemperatur. Grund: die exponentielle Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit von der Temperatur.

$$\lambda_w = \lambda_0 \cdot \frac{e^{b \cdot \vartheta_M} - e^{b \cdot \vartheta_a}}{b \cdot (\vartheta_M - \vartheta_a)} \quad (3)$$

Die Wärmeleitfähigkeits-Kennzahl (WKZ)

Die WKZ wird aus den beiden Koeffizienten λ_0 und b wie folgt gebildet:

$$\text{WKZ} = 1000 \cdot \lambda_0 + 100 \cdot b \quad (4)$$

Die WKZ enthält also alle Informationen für die Berechnungen der Wärmeleitfähigkeit eines Dämmstoffes im stationären Zustand in Abhängigkeit dessen beidseitiger Oberflächentemperaturen.

Zeichen, Bedeutung und Einheiten:

λ	Wärmeleitfähigkeit bei der Temperatur ϑ	W/(m K)
λ_w	wirksame Wärmeleitfähigkeit	W/(m K)
λ_0	Wärmeleitfähigkeit bei 0 °C	W/(m K)
λ_\varnothing	mittlere Wärmeleitfähigkeit bei der Mitteltemperatur ϑ_\varnothing	W/(m K)
b	Temperaturkoeffizient	°C ⁻¹
ϑ	Temperatur	°C
ϑ_\varnothing	Mitteltemperatur	°C
ϑ_M	Mediumtemperatur	°C
ϑ_a	Oberflächentemperatur	°C
e	Basis der natürlichen Logarithmen; $e = 2.718'282$	

Zahlenbeispiel:

Die WKZ von Steinwollschalen sei 32.330. Somit beträgt für diesen Dämmstoff die Wärmeleitfähigkeit bei 0 °C:

$$\lambda_0 = 0.032 \text{ W/(m K)}, \text{ Temperaturkoeffizient } b = 0.00330 \text{ K}^{-1}.$$

Bei einer Mediumtemperatur von 650 °C und einer Oberflächentemperatur von 50 °C beträgt die Mitteltemperatur

$$\vartheta_\varnothing = (650 + 50)/2 = 350 \text{ °C}.$$

Für diese Mitteltemperatur des obigen Wärmedämmstoffs ergibt sich folgende mittlere Wärmeleitfähigkeit:

$$\lambda_\varnothing = 0.032 \cdot e^{0.00330 \cdot 350} = 0.102 \text{ W/(m K)}$$

Die wirksame Wärmeleitfähigkeit ergibt für die vorgenannten Bedingungen

$$\lambda_w = 0.032 \cdot \frac{e^{0.00330 \cdot 650} - e^{0.00330 \cdot 50}}{0.00330 \cdot (650 - 50)} = 0.119 \text{ W/(m K)}$$

Kommentar: die korrekt ermittelte wirksame Wärmeleitfähigkeit liegt in diesem Zahlenbeispiel rund 17 % über der auf der Basis der Mitteltemperatur berechneten mittleren Wärmeleitfähigkeit.

9.2. Wärmeübergang

Der gesamte Wärmeübergang setzt sich zusammen aus Konvektion und Strahlung. Für genaue Berechnungen müssen die beiden Anteile getrennt bestimmt werden.

9.2.1. Näherungswerte

Bei metallischen Umhüllungen und üblichen Betriebsbedingungen können folgende Wärmeübergangskoeffizienten verwendet werden:
Wärmetransmissions-Berechnungen:

in Betriebsräumen (kein Wind)	6.5	W/(m ² K)
im Freien	20.0	W/(m ² K)

Berührungsschutz-Berechnungen:

neuwertige metallische Umhüllungen in Betriebsräumen (kein Wind)	4.0	W/(m ² K)
------------------------------------------------------------------	-----	----------------------

9.2.2. Wärmeübergang durch Konvektion

Für übliche Wärmeschutzberechnungen können in der Regel die nachfolgenden Näherungsformeln verwendet werden, insbesondere, wenn die Berechnung der Wärmetransmission im Vordergrund steht (also bei Wärmeverlust-Berechnungen). Müssen dagegen Berechnungen bezüglich Oberflächentemperaturen durchgeführt werden, so gilt es zu beachten, dass die Berücksichtigung aller massgebenden Einflüsse sehr schwierig ist, insbesondere dann, wenn sich die betrachtete Fläche im Einflussbereich wärmeabstrahlender Körper oder in einer konvektionsbehindernden Umgebung befindet.

Genauere Berechnungen können zum Beispiel nach dem VDI-Wärmeatlas durchgeführt werden.

9.2.2.1. Freie Konvektion an äusseren Oberflächen

Ebene:

vertikal	$\alpha_K = 1.50 \cdot \Delta \vartheta^{0.33}$	(5)
horizontal, erwärmte Oberseite	$\alpha_K = 1.73 \cdot \Delta \vartheta^{0.33}$	(6)
horizontal, erwärmte Unterseite	$\alpha_K = 0.59 \cdot \frac{U}{A} \cdot \Delta \vartheta^{0.20}$	
übliche Wärmetransmissions-Berechnungen	$\alpha_K = 1.27 \cdot \Delta \vartheta^{0.25}$	(8)
übliche Berührungsschutz-Berechnungen	$\alpha_K = 0.97 \cdot \Delta \vartheta^{0.25}$	(9)

Zylinder (Rohr):

vertikal	$\alpha_K = 1.74 \cdot \frac{\Delta \vartheta}{D} k^{0.25}$	(10)
horizontal	$\alpha_K = 1.21 \cdot \frac{\Delta \vartheta}{D} k^{0.25}$	(11)
übliche Wärmetransmissions-Berechnungen	$\alpha_K = 1.35 \cdot \frac{\Delta \vartheta}{D} k^{0.25}$	(12)
übliche Berührungsschutz-Berechnungen	$\alpha_K = 1.03 \cdot \frac{\Delta \vartheta}{D} k^{0.25}$	(13)

Kugel (Behälter):

übliche Wärmetransmissions-Berechnungen	$\alpha_K = 2.21 \cdot \frac{\Delta \vartheta^{0.25}}{D^{0.13}}$	(14)
übliche Berührungsschutz-Berechnungen	$\alpha_K = 1.69 \cdot \frac{\Delta \vartheta^{0.25}}{D^{0.13}}$	(15)

9.2.2.2. Erzwungene Konvektion an äussern Oberflächen (Wind)

Ebene	$\alpha_K = 4.8 \cdot w^{0.75}$	(16)
Zylinder (Rohr)	$\alpha_K = 5.2 \cdot \frac{w^{0.75}}{D^{0.33}}$	(17)
Kugel (Behälter)	$\alpha_K = 8.5 \cdot \frac{w^{0.75}}{D^{0.20}}$	(18)

Zeichen, Bedeutung und Einheiten:

A	Oberfläche	m ²
D	Durchmesser	m
U	Umfang	m
w	Windgeschwindigkeit	m/s
α_K	Wärmeübergangskoeffizient für Konvektion	W/(m ² K)
$\Delta\vartheta$	„Übertemperatur; Differenz zwischen Oberflächen- und Umgebungstemperatur	K

Index:

K	Konvektion
---	------------

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

9.2.2.3. Konvektion an internen Oberflächen

in Hohlzylinder (Rohr):

Wasser;			
nach Stender und Merkel (1927)	$\alpha_K =$	$6040 + 30 \cdot g \frac{v^{0.87}}{Dh^{0.13}}$	(19)
Luft und Rauchgase;			
nach Recknagel 1988/89	$\alpha_K =$	$4.4 \cdot \frac{v_{\emptyset}^{0.75}}{Dh^{0.25}}$	(20)
Dampf, überhitzt;			
nach Recknagel 1988/89	$\alpha_K =$	$44 + 0.3 \cdot \frac{g \cdot v_{\emptyset}^{0.75}}{100 Dh^{0.25}}$	(21)

in Behälter:

Wasser;			
a) nicht siedend, nicht gerührt	$\alpha_K =$	600 bis 3'500 W/(m ² K)	(22)
b) nicht siedend, gerührt	$\alpha_K =$	2'300 bis 4'500 W/(m ² K)	(23)

Zeichen, Bedeutung und Einheiten:

Dh	Hydraulischer Durchmesser	m
	$Dh = 4 \cdot A / U$	(24)
A	Querschnittfläche	m ²
U	benetzter Umfang	m

* v_{\emptyset} mittlere Strömungsgeschwindigkeit des Normvolumens
(bei T = 273 K und p = 1.013 bar) m/s

aus der thermischen Zustandsgleichung für ideale Gase folgt:

$$v_{\emptyset} = \frac{273}{T} \cdot \frac{p}{1.013} \cdot v \quad (25)$$

T	Mediumtemperatur	K
p	Druck	bar
v	effektive Strömungsgeschwindigkeit	m/s
	1 bar = 10 ⁵ N/mm ²	

9.2.3. Wärmeübergang durch Strahlung

Für die Bestimmung des Wärmeübergangs durch Strahlung gelten die nachfolgenden Gleichungen:

$$\alpha_S = Cr \cdot a \quad (26)$$

Dabei ist $Cr = \varepsilon \cdot Cs \quad (27)$

Rohr im Freien oder in Innenräumen: $\varepsilon = \varepsilon_1 \quad (28)$

Rohr 1 innerhalb Rohr 2:
$$\varepsilon \cong \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{2 \cdot \varepsilon_2} - 0.5} \quad (29)$$

2 parallele, etwa gleich grosse ebene Flächen, deren gegenseitiger Abstand gering ist verglichen mit deren Abmessungen:
$$\varepsilon = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \quad (30)$$

Temperaturfaktor
$$a = \frac{\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 + \left(\frac{T_2}{100}\right)^4}{T_1 - T_2} \quad (31)$$

wenn $T_1 = T_2$:
$$a = \frac{(T_1^2 + T_2^2) \cdot (T_1 + T_2)}{10^8} \quad (32)$$

Zeichen, Bedeutung und Einheiten:

a	Temperaturfaktor		K ³
Cs	Strahlungskoeffizient der schwarzen Oberfläche		5.67 W/(m ² K)
Cr	Strahlungskoeffizient		W/(m ² K)
T	absolute Temperatur;	$T = \vartheta + 273.15$	K
T ₁	absolute Oberflächentemperatur		K
T ₂	absolute Umgebungstemperatur		K
α _S	Strahlungsanteil des Wärmeübergangskoeffizienten		W/(m ² K)
ε	Emissionsverhältnis		-
ε ₁	Emissionsgrad der Oberfläche des Strahlers		-
ε ₂	Emissionsgrad der Oberfläche der Umgebung		-
ϑ	Temperatur		°C

Indizes

- 1 Oberfläche 1
- 2 Oberfläche 2

Temp in °C	Temperatur t ₂ in °C													
	-10	-5	0	5	10	15	20	40	60	100	200	300	400	500
-20	0.688	0.708	0.729	0.750	0.772	0.796	0.818	0.917	1.025	1.272	2.089	3.240	4.790	6.785
-15	0.708	0.728	0.749	0.771	0.794	0.816	0.840	0.939	1.049	1.299	2.122	3.283	4.835	6.850
-10	0.727	0.748	0.770	0.792	0.813	0.838	0.862	0.963	1.073	1.325	2.156	3.345	4.880	6.910
-5	0.748	0.769	0.791	0.814	0.837	0.861	0.885	0.986	1.098	1.352	2.190	3.366	4.937	6.971
0	0.770	0.791	0.813	0.836	0.860	0.884	0.908	1.011	1.124	1.380	2.225	3.408	4.989	7.030
5	0.792	0.814	0.836	0.860	0.883	0.907	0.932	1.036	1.150	1.409	2.261	3.451	5.042	7.094
10	0.813	0.837	0.860	0.883	0.905	0.930	0.956	1.061	1.176	1.438	2.297	3.495	5.096	7.156
15	0.838	0.861	0.884	0.907	0.930	0.955	0.981	1.087	1.204	1.468	2.333	3.542	5.150	7.220
20	0.862	0.885	0.908	0.932	0.956	0.981	1.006	1.114	1.231	1.498	2.371	3.588	5.205	7.281
40	0.963	0.986	1.011	1.036	1.061	1.087	1.114	1.218	1.349	1.627	2.528	3.719	5.432	7.554
60	1.073	1.098	1.124	1.150	1.176	1.204	1.231	1.349	1.476	1.765	2.698	3.984	5.674	7.834
80	1.193	1.220	1.246	1.275	1.302	1.331	1.359	1.482	1.615	1.915	2.883	4.196	5.928	8.130
100	1.325	1.352	1.380	1.409	1.438	1.468	1.498	1.627	1.765	2.078	3.070	4.422	6.193	8.442
200	2.156	2.190	2.225	2.261	2.297	2.333	2.371	2.528	2.698	3.070	4.230	5.774	7.755	10.23
300	3.345	3.360	3.408	3.451	3.495	3.542	3.588	3.779	3.984	4.422	5.774	7.538	9.726	12.46
400	4.880	4.937	4.989	5.043	5.096	5.150	5.205	5.432	5.674	6.193	7.755	9.726	12.21	15.19
500	6.910	6.971	7.030	7.094	7.156	7.220	7.281	7.554	7.834	8.442	10.23	12.46	15.19	18.45

Bild 1: Temperaturfaktor a
in Funktion der Oberflächen- und Umgebungstemperatur

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission SOLUSS

Metallische Oberflächen

Aluminium	
- hochglanzpoliert	0.04
- walzblank	0.05
- oxydiert	0.12
- stark oxydiert	0.20
Stahl	
- hochglanzpoliert	0.05
- poliert	0.15
Stahlblech	
- rot angerostet	0.60
- stark verrostet	0.70
Stahlblech, verzinkt	
- blank	0.23
- grau oxydiert	0.28

Nichtmetallische Oberflächen

Beton, rauh	0.94
Gips	0.85
Glas	0.94
Holz	0.94
Lacke, Farben	0.93 bis 0.97
Wasser	0.95
Eis	
- glatt, mit Wasser	0.97
- rauher Reifbelag	0.98
Ziegelstein	0.93
Uebliche Rechenwerte für nichtmetallische Oberflächen	
	0.90

Oberflächen von Dämmsystemen

Aluminiumblech	
- blank	0.05
- oxydiert	0.12 bis 0.20
- eloxiert	0.80
- stark oxydiert	0.20
Stahlblech	
- verzinkt, blank	0.25
- verzinkt, verstaubt	0.45
- farbbeschichtet	0.90

Metallische Umhüllungen übliche Rechenwerte

in Reinräumen	
- Aluminium	0.05
- Alu, oxydiert	0.15
- Stahl, nichtrostend	0.15
- Stahl, verzinkt	0.25
bei üblichem Betrieb	
- verstaubt	0.45
korrosionsgeschützt	0.90

Bild 2: Emissionsgrade von Oberflächen

9.2.4. Wärmeübergangskoeffizienten für Wärmetransmissions-Berechnungen

Für übliche Wärmetransmissions-Berechnungen bei gedämmten Anlageteilen können für den gesamten äusseren Wärmeübergang (Konvektion und Strahlung) folgende Wärmeübergangskoeffizienten in $W/(m^2 K)$ verwendet werden:

Windgeschwindigkeit	Emissionsverhältnis	Durchmesser des gedämmten Rohrs in m				Ebene
		0.10	0.20	0.50	1.00	
kein Wind	0.45	8.5	7.4	6.7	6.1	5.9
1 m/s	0.45	14	12	9.6	8.8	7.9
2 m/s	0.45	22	18	14	12	11
5 m/s	0.45	40	33	25	20	19
		1	20	400		
gedämmte Behälteroberfläche in m^2						

Bild 3: Wärmeübergangskoeffizienten für Wärmetransmissions-Berechnungen

9.2.5. Wärmeübergangskoeffizienten für Berührungsschutz-Berechnungen

Für übliche Berührungsschutz-Berechnungen bei gedämmten Anlageteilen können für den gesamten äusseren Wärmeübergang (Konvektion und Strahlung) folgende Wärmeübergangskoeffizienten in $W/(m^2 K)$ verwendet werden:

Windgeschwindigkeit	Emissionsverhältnis	Durchmesser des gedämmten Rohrs in m				Ebene
		0.10	0.20	0.50	1.00	
kein Wind	0.25	6.0	5.3	4.6	4.2	4.0
		1	20	400		
gedämmte Behälteroberfläche in m^2						

Bild 4: Wärmeübergangskoeffizienten für Berührungsschutz-Berechnungen

9.2.6. Zahlenbeispiele

Zahlenbeispiele zu 9.2.2.3., Konvektion an internen Oberflächen

Wasserströmung in Rohr NW 50 (innerer Durchmesser 54.5 mm); Wassertemperatur 60 °C; Strömungsgeschwindigkeit 0.6 m/s.

$$\alpha_K = 0.040 + 30 \cdot 60 \frac{0.6^{0.87}}{0.0545^{0.13}} = 3'594 \text{ W / (m}^2\text{K)}$$

Rauchgas in Schornstein; Querschnitt 30 x 30 cm; Abgastemperatur 100 °C, Strömungsgeschwindigkeit 3.2 m/s.

$$Dh = 4 \cdot \frac{0.30^2}{4 \cdot 0.30} = 0.30 \text{ m}$$

$$v_{\varnothing} = \frac{273}{100 + 273} \cdot \frac{1.013}{1.013} \cdot 3.2 = 2.3 \text{ m / s}$$

$$\alpha_K = 4.4 \cdot \frac{2.3^{0.75}}{0.30^{0.25}} = 11.1 \text{ W / (m}^2\text{K)}$$

Ueberhitzter Dampf 400 °C / 30 bar strömt mit einer Geschwindigkeit von 25.8 m/s durch ein Rohr mit einem inneren Durchmesser von 100 mm.

$$v_{\varnothing} = \frac{273}{400 + 273} \cdot \frac{30}{1.013} \cdot 25.8 = 310 \text{ m / s}$$

$$\alpha_K = 0.040 + 30 \cdot 400 \frac{310^{0.75}}{0.100^{0.25}} = 736 \text{ W / (m}^2\text{K)}$$

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

9.3. Daten von festen Stoffen

Werkstoff	Rohdichte kg / m ³	spez. Wärme-Kapazität kJ / kg K
a) Metalle		
Aluminium	2700	0,92
Blei	11300	0,130
Bronze, Rotguss	8200	
Gold	19300	
Gussstein	7250	0,628
Kupfer	8900	0,398
Messing	8500	
Neusilber	8500	
Nickel	8800	
Platin	21400	
Silber	10500	0,23
Stahl	7850	0,502
Zink	7100	0,398
Zinn	8800	0,234
b) Baustoffe		
Bimsbeton	1000	1,05
Stahlbeton ≥ B 120	2300	1,09
Stahlbeton ≤ B 160	2400	1,09
Gipsdielen	1000	0,84
Glas	2500	0,84
Granit, Gneis, Porphyr	2500	0,84
Kalkstein, Sandstein	1800	0,88
Kalkputz, Gipsputz	1600	0,92
Porzellan, Steingut	2300	0,84
Zementputz	2200	1,05
Ziegelstein	1850	0,84
c) Feuerfeste Steine		
Magnesitsteine	2100	0,8
Silika-Steine	1800	0,8
Schamotte	1800	0,8

9.3. Daten von festen Stoffen

Werkstoff	Rohdichte kg / m ³	spez. Wärme-Kapazität kJ / kg K
d) Füllstoffe		
Erde, grobkiesig (trocken)	2000	1,84
Erde, lehmig (gewachsen, feucht)	2000	2,09
Flusssand, trocken	1500	0,84
Flusssand, feucht	1650	0,84
Asche, trocken	900	0,75
Kesselschlacke	750	0,75
Kies, lose	1800	0,84
Kies, gewachsen	2000	0,84
Sägemehl, trocken	213	2,51
Hobelspäne	140	2,51
Torfmulle (normal feucht)	250	1,88
e) Holz		
Eiche	820	2,39
Kiefer	550	2,72
Tanne	450	2,72
Buche	720	2,51
Sperrholz	600	2,72
Balsa, Ceiba	110	
Balsa	330	
f) Verschiedene Stoffe		
Eis	880 - 920	1,63 - 2,09
Gummi	1100	2,01
Graphit	1580	0,84
Kesselstein	2300	1,26
Leder	1000	1,51
Polyethylen, hart	950	2,15

9.4. Daten von flüssigen Stoffen

Stoff	chemische Formel	Dichte kg / m ³	Temp. ° C	spezifische Wärmekap. kJ / kg x K	Temp. ° C
Aceton		800		2.22	
Aethan	C ₂ H ₆	412	0	4.31	20
Aether (Diaethyl)	C ₄ H ₁₀ O	714	20	2.34	20
Aethylen	C ₂ H ₄	564	-100	2.41	-100
Alkohol (Aethanol)	C ₂ H ₆ O	789	20	2.40	20
Ameisensäure		1220		2.17	
Ammoniak	NH ₃	695	-50	4.45	-50
		561	50	5.08	50
Benzin		720		2.09	
Benzol	C ₆ H ₆	879	20	1.73	20
		793	100	1.97	100
Butan	C ₄ H ₁₀	601	0	2.28	0
Bitumen		1040		2.09 - 2.30	
Chlor	CL ₂	1598	-50	0.89	-50
		1469	0	0.93	0
Chloroform	CHCL ₃	1526	0	0.97	0
		1463	50	1.28	100
Essigsäure	C ₂ H ₄ O ₂	1049	20	2.00	20
Fluor	F ₂	1140	-200	1.51	-200
Glyzerin	C ₂ H ₈ O ₃	1273	0	2.26	0
		1209	100	2.81	100
Kalilauge 39 %ig (konz.)	KOH	1990		2.93	
Kohlendioxyd (flüssig)	CO ₂	1154	-50	1.80	-50
		772	20	2.28	
Kunstharz		820		1.38	
Methan	CH ₄	409	-150	3.52	-150
Methanol	CH ₄ O	792	20	1.42	25
Methylchlorid	CH ₃ CL	960	0	1.55	0
		1050	-50	1.50	-50
Mineralöl		450 - 950		1.67	
Naphthalin	C ₁₀ H ₈	1145		1.81	100
				1.99	150
Natronlauge	NaOH	1830		3.27	
Nitrobenzol	C ₆ H ₅ NO ₂	1203	20	1.47	20
		1174	50	1.51	60
Heizöl		920		1.67	
Olivenöl		910		1.97	
Paraffin		900		3.27	
Petroleum		800		2.14	

Phenol	C ₆ H ₆ O	1050	50	2.24	50
Propan	C ₃ H ₈	528	0	2.20	-50
Propylen	C ₃ H ₆	590	0	2.18	-50
Quecksilber	Hg	13546		0.13	
Rizinusöl		960		1.80	
Salpetersäure	HNO ₃	1502		1.72	
Salzsäure	HCL	1639		3.64	
Sauerstoff (flüssig)	O ₂	1129	-180	1.70	-180
Schwefeloxyd (flüssig)	SO ₂	1435	0	1.33	0
		1118	100	1.75	100
Schwefelkohlenstoff	CS ₂	1362	-50	0.99	-50
		1262	20	1.00	20
Schwefelige Säure	H ₂ SO ₃	1460		1.34	
Schefelsäure (konz.)	H ₂ SO ₄	1834		1.42	
Sole bei - 100		1100 - 1130		3.35 - 3.60	
Sole bei -220		1150 - 1200		3.27 - 5.02	
Steinkohlenteer		1200		2.09	
Stickstoff (flüssig)	N ₂	730	-180	2.15	-180
Teer		1200		2.09	0 - 100
Terpentinöl		870		1.76	
Toluol	C ₇ H ₈	885	0	1.61	0
		793	100	1.97	100
Trockeneis (Co2 fest)	CO ₂	1560		1.38	
Wasser	H ₂ O	1000	0	4.22	0
		998	50	4.18	50
Wasserglas		1370		2.9 - 3.4	

Aktuell in Bearbeitung von der Technischen Kommission ISOLUISSE

9.5. Daten von gasförmigen Stoffen

Stoff	chemische Formel	Temperatur ° C	Dichte bei 1 bar kg / m ³	spezifische Wärmekap. kJ / kg x K
Acetylen	C ₂ H ₂	-100	1.17	1.424
		0	1.17	1.616
Aethan	C ₂ H ₆	-100	1.35	1.352
		0		1.650
		100		2.058
Aethylen	C ₂ H ₄	-100	1.26	1.654
		0		1.461
		100		1.830
Ammoniak	NH ₃	-50	0.77	1.989
		0		2.056
Benzol	C ₆ H ₆	0	3.49	0.950
		100		1.336
Butan	C ₄ H ₁₀	-50	2.7	1.264
		0		1.599
Chlor	Cl ₂	-50	3.17	0.456
		0		0.473
Chloroform	CHCl ₃	0	5.33	0.528
		100		0.602
Chlorwasserstoff	HCl	0	1.639	0.795
		200		0.795
		300		0.808
F11	CFCl ₃	-50	6.13	0.507
		0		0.540
F12	CF ₂ Cl ₂	-50	5.40	0.490
		0		0.548
		200		0.708
Helium	He	-150	0.18	5.800
		0		5.200
Kohlendioxyd	CO ₂	-100	1.97	0.762
		0		0.816
Kohlenmonoxyd	CO	-100	1.25	1.038
		0		1.038
		200		1.055
Luft		-50	1.563	1.005
		0	1.275	1.005
		500	0.450	1.089
Methan	CH ₄	-150	0.72	1.876
		0		2.165
Methylchlorid	CH ₃ Cl	0	2.31	0.775
		200		1.055
		300		1.181
Phenol	C ₆ H ₆ O	0	4.20	4.438
		25		4.497

Propan	C ₃ H ₈	-50	2.01	1.310
		0		1.549
Propylen	C ₃ H ₆	0	1.91	1.424
		100		1.800
		400		2.755
Sauerstoff	O ₂	-100	1.43	0.909
		0		0.909
		500		1.051
Stickstoff	N ₂	-50	1.25	1.038
		0		1.038
		500		1.114
Vinylchlorid	C ₂ H ₃ CL	0	2.79	0.912
		100		0.996
Wasserdampf	H ₂ O	100	0.590	1.884
		200		0.460
		400		0.322
Wasserstoff	H ₂	-150	0.09	11.85
		0		14.05
		500		14.55

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

9.6. Volumen und Oberflächen von Behältern

	<p>Zylinder</p> $V = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L \quad (33)$ $A = \pi \cdot D \cdot L \quad (34)$	
	<p>Kugel</p> $V = \frac{\pi}{6} \cdot D^3 \quad (35)$ $A = \pi \cdot D^2 \quad (36)$	
	<p>Behälterboden kegelförmig</p> $V = \frac{\pi}{12} \cdot D^2 \cdot H \quad (37)$ $A = \frac{\pi}{2} \cdot D \cdot m \quad \text{wobei} \quad m = \sqrt{\frac{L^2}{4} + H^2} \quad (38)$	
	<p>Behälterboden gewölbt (Zeppelinböden)</p> $R \cong D \quad (39) \quad r \cong \frac{D}{10} \quad (40) \quad H \cong \frac{D}{5} \quad (41)$ $V \cong \frac{1}{10} \cdot D^3 \quad (42)$ $A \cong D^2 \quad (43)$	
	<p>Tank quaderförmig</p> $V = L \cdot B \cdot H \quad (44)$ $A = 2 \cdot a \cdot L + B \cdot H + H \cdot L \quad (45)$	
	<p>Behälter mit Zeppelinböden</p> $V \cong \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L + \frac{D^3}{6} \quad (46)$ $A \cong \pi \cdot D \cdot L + \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \quad (47)$	

9.7. Gewichte von Dämmsystemen für Rohre

Dämmstoff: Mineralwolle-Schalen, RG 100 kg/m

Umhüllung: Aluminium

Gewicht des kompletten Dämmsystems ohne Rohr, in kg/m

DN	Rohr Ø mm	Blech- dicke in mm	Dämmdicke in mm													
			30	40	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200	
15	21.3	0.6	1.0	1.3	1.8	2.3	3.0	3.7	4.4	5.2						
20	26.9		1.1	1.4	1.9	2.4	3.2	3.9	4.6	5.4						
25	33.7		1.2	1.6	2.0	2.7	3.4	4.1	4.8	5.6	7.4	9.8				
32	42.4		1.3	1.7	2.2	3	3.6	4.3	5.1	6.0	7.9	10.3				
40	48.3		1.4	1.8	2.4	3.1	3.8	4.5	5.3	6.2	8.1	10.6	13.1			
50	60.3		1.5	2.0	2.8	3.4	4.1	4.9	5.7	6.6	8.6	11.2	13.7	17.3	20.4	
65	76.1		1.8	2.4	3.1	3.8	4.6	5.4	6.3	7.2	9.6	12.0	14.6	18.3	21.4	
80	88.9		1.9	2.7	3.4	4.1	4.9	5.8	6.7	7.7	10.2	12.7	15.4	19.1	22.5	
100	114.3	0.7	2.5	3.2	3.9	4.7	5.6	6.6	7.6	9.0	11.3	14.0	17.6	20.7	24.2	
125	139.7		2.9	3.6	4.5	5.4	6.3	7.4	8.7	9.9	12.4	16.0	19.1	22.4	26.0	
150	168.3		3.3	4.2	5.1	6.1	7.4	8.5	9.7	11.0	13.7	17.5	20.7	24.3	28.0	
200	219.1		4.1	5.1	6.4	7.6	8.9	10.2	11.5	13.7	16.8	20.1	23.6	27.6	31.7	
250	273.0	0.8	5.2	6.4	7.7	9.0	10.4	12.6	14.2	15.8	19.2	23.0	26.9	31.1	35.5	
300	323.9		6.0	7.4	9.6	11.1	12.7	14.3	16.1	17.8	21.6	25.6	29.9	34.4	39.1	
350	355.6	1.0	7.3	8.8	10.3	11.9	13.7	15.4	17.2	19.1	23.0	27.3	31.8	36.5	41.3	
400	406.4		8.2	9.8	11.5	13.3	15.2	17.1	19.1	21.1	25.4	29.9	34.8	39.7	45.0	
500	508.0		10.0	12.0	14.0	16.1	18.3	20.6	22.8	25.2	30.2	35.4	40.7	46.4	50.8	

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLUISSE

9.8. Wasserdampf im Sättigungszustand (Sattdampftabelle)

ϑ °C	p_s bar
100	1.012
110	1.433
120	1.985
130	2.701
140	3.614
150	4.760
160	6.180
170	7.920
180	10.027
190	12.552

ϑ °C	p_s bar
200	15.551
210	19.080
220	23.201
230	27.979
240	33.480
250	39.776
260	46.940
270	55.051
280	64.191
290	74.448

ϑ °C	p_s bar
300	85.92
310	98.70
320	112.90
330	128.65
340	146.08
350	165.64
360	186.74
370	210.53
Kritischer Punkt:	
373.99	220.64

Bild 6: Wasserdampf-Sättigungsdruck in Funktion der Sattdampf-temperatur. Die obigen Tabellenwerte wurden dem VDI-Wärmeatlas entnommen (4.Auflage 1984).

Legende:

ϑ Sattdampf-temperatur
 p_s Wasserdampf-sättigungsdruck

Druckeinheiten:

1 bar = 10^5 N/m² = 10^5 Pa = 1.02 at = 750 Torr

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission SOLSUISSE

9.9. Verschiedenes

9.9.1. Nutzungszeiten

Betriebstechnische Anlagen	10 bis 20 Jahre
- Dampfleitungen	20 Jahre
- Fernwärmeleitungen	30 bis 50 Jahre
- Prozesswärmeleitungen	20 Jahre
Haustechnische Anlagen	20 bis 30 Jahre
- Heizleitungen	30 Jahre
- Kälteleitungen	20 Jahre
- Lüftungsleitungen	25 Jahre

Bild 7: Nutzungszeiten für Technische Wärmedämmungen

Produktionsgebäude	20 bis 40 Jahre
Bürogebäude	40 bis 60 Jahre
Wohnungsbau	60 bis 80 Jahre

Bild 8: Nutzungszeiten für Gebäude

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission SLSUISSE

9.9.2. Kommerzielle Berechnungen

9.9.2.1. Amortisationsrechnung

Aufgabenstellung: eine Investition ist während der Tilgungszeit in gleichen Jahresraten zu amortisieren (Amortisationsrate = Tilgungsrate + Zins).

$$R = a \cdot I \quad (48) \quad a = \frac{q-1}{q^n-1} \cdot q^n \quad (49) \quad q = 1 + \frac{P}{100} \quad (50) \quad A = 100 \cdot a \quad (51)$$

Zeichen, Bedeutung und Einheiten:

A	Annuität	%/a	I	Investition	Fr.
P	Zinsfuss	%/a	R	Amortisationsrate	Fr/a
a	Annuitätenfaktor	-/a	n	Tilgungszeit	a
q	Zinsfaktor	-/a			

Zahlenbeispiel:

n = 10 a; P = 5 %; somit ist $q = 1 + 5/100 = 1.050$ und $A = 12.95$ %.

Um bei 5 % Zins eine Investition von Fr. 100'000.-- in 10 Jahren zu amortisieren, ergibt sich eine jährliche Amortisationsrate von $0.1295 \times 100'000 = \text{Fr. } 12'950.--$.

Für Schätzungen kann der Annuitätenfaktor wie folgt bestimmt werden:

$a = \text{ca. } P/200 + 1/n$. Für obiges Zahlenbeispiel ergibt sich:

$a = \text{ca. } 5/200 + 1/10 = 0.125$ (genauer Wert: 0.1295).

Tilgungszeit in a	Zinsfuss in %/a						
	4	5	6	7	8	9	10
1	104.00	105.00	106.00	107.00	108.00	109.00	110.00
2	53.02	53.88	54.54	55.31	56.08	56.85	57.62
5	22.46	23.10	23.74	24.39	25.05	25.71	26.38
10	12.33	12.95	13.59	14.24	14.90	15.58	16.27
15	8.99	9.63	10.30	10.98	11.68	12.41	13.15
20	7.36	8.02	8.72	9.44	10.19	10.95	11.75
25	6.40	7.10	7.82	8.58	9.37	10.18	11.02
30	5.78	6.51	7.26	8.06	8.88	9.73	10.61
40	5.05	5.83	6.65	7.50	8.39	9.30	10.23
50	4.66	5.48	6.34	7.25	8.17	9.12	10.09
60	4.42	5.28	6.19	7.12	8.08	9.05	10.03
80	4.18	5.10	6.06	7.03	8.02	9.01	10.00
100	4.08	5.04	6.02	7.01	8.00	9.00	10.00

Bild 9: Annuität in %/a in Abhängigkeit von Tilgungszeit und Zinsfuss.

9.9.2.2. Kapitalrückflusszeit

Die Kapitalrückflusszeit ist das Verhältnis der Investitionskosten zur jährlichen Ersparnis (Kosten-/Nutzenverhältnis).

$$z = \frac{I}{E} \quad (52)$$

Zeichen, Bedeutung und Einheiten

z	Kapitalrückflusszeit	
I	Investitionskosten	Fr.
E	jährliche Ersparnis	Fr./a

Für die Investitionskosten von Wärmedämmungen sollten mitberücksichtigt werden:

- deren Volumen bzw. der dadurch bedingte Mehrbedarf an Bodenfläche und Gebäudevolumen;
- die Kosten für Unterhalt und Entsorgung der Wärmedämmung.

Obiges statisches Verfahren kann ergänzt werden, indem berücksichtigt werden:

- Verzinsung der Investitionskosten;
- Amortisation der Investitionskosten
- Energiepreis-Teuerung.

Zahlenbeispiel:

Dampfleitung DN 200 / 250 °C, Dämmdicke 120 mm bzw. 160 mm.

Dämmdicke 120 mm: Investitionskosten Fr. 150.--/m; Wärmeverlust 120 W/m

Dämmdicke 160 mm: Investitionskosten Fr. 200.--/m; Wärmeverlust 102 W/m

Vergleich 160 mm Dämmdicke zu 120 mm Dämmdicke:

Investitionsmehrkosten Fr. 50.--/m;

jährliche Ersparnis 18 W/m x 8000 h/a à Fr. -.12 / kWh = Fr. 17.28/(m a);

somit Kapitalrückflusszeit = Fr. 50.--/m / Fr. 17.28/(m a) = 2.9 Jahre.

In obigem vereinfachtem Zahlenbeispiel wurden die Investitionskosten für zusätzlichen Bodenbedarf und zusätzliches Gebäudevolumen, bedingt durch den Platzbedarf der Wärmedämmung, nicht berücksichtigt. Ebenfalls nicht berücksichtigt wurden Verzinsung und Amortisation der Investitionskosten.

9.9.2.3. Teuerungsrechnung

Aufgabenstellung: während einer Periode von n Jahren beträgt die mittlere Teuerung je T_n %/a. Zu berechnen ist die Teuerung T_e nach n Jahren und der Periodenteuerungsfaktor p .

$$K_e = t^n \cdot K_a \quad (53)$$

$$K_n = p \cdot K_a = \frac{p}{t^n} \cdot K_e \quad (54)$$

$$p = \frac{t^n - 1}{n \cdot \ln t} \quad (55)$$

$$t = 1 + \frac{T_n}{100} \quad (56)$$

Legende

K_a	Kosten am Anfang der Periode	Fr.
K_e	Kosten am Ende der Periode	Fr.
K_n	Periodenpreis; mittlerer Preis während der Periode von n Jahren	Fr.
T_n	mittlere Teuerung während der Periode von n Jahren	%/a
\ln	natürlicher Logarithmus	-
n	Periode	a
p	Periodenteuerungsfaktor (Mittelwertfaktor)	-/Periode
t	mittlerer Teuerungsfaktor	-/a

Zahlenbeispiel:

$n = 10$ a; $T_n = 3$ %.- Somit ist $t = 1 + 3/100 = 1.030$ und $p = 1.163$.

Bei einer mittleren jährlichen Teuerung von 3 % erhöht sich der Anfangspreis von Fr. 1'000.-- nach 10 Jahren auf $1.030^{10} \times 1'000 = 1'344$ Franken.

Der Periodenpreis beträgt $1.163 \times 1'000 = 1'163$ Franken.

Periode in a	mittlere Teuerung T_n in %/a						
	1	2	3	4	6	8	10
1	1.005	1.010	1.015	1.020	1.030	1.040	1.049
2	1.010	1.020	1.030	1.040	1.061	1.081	1.102
5	1.025	1.051	1.078	1.105	1.161	1.220	1.281
10	1.051	1.106	1.163	1.224	1.357	1.506	1.672
15	1.078	1.164	1.258	1.361	1.598	1.882	2.222
20	1.106	1.227	1.364	1.518	1.894	2.378	3.005
25	1.135	1.294	1.480	1.699	2.260	3.040	4.127
30	1.165	1.366	1.610	1.907	2.714	3.925	5.753
40	1.228	1.525	1.913	2.423	3.984	6.732	11.609
50	1.295	1.708	2.290	3.114	5.979	11.929	24.424
60	1.368	1.920	2.758	4.045	9.149	21.712	53.069
80	1.528	2.446	4.077	7.027	22.481	76.492	268.518
100	1.713	3.153	6.164	12.622	58.059	285.698	1445.765

Bild 10: Periodenteuerungsfaktor in Funktion von Periode und mittlerer Teuerung

9.9.3. Längenausdehnung

Ein fester Körper ändert bei Temperaturänderung seine Abmessungen. Es gilt:

$$\Delta l = l_2 - l_1 = \alpha \cdot (t_2 - t_1) \cdot l_1 \quad (57)$$

Zeichen, Bedeutung und Einheiten:

l_1	Länge bei $t = t_1$	m
l_2	Länge bei $t = t_2$	m
Δl	Längenänderung	m
α	linearer Ausdehnungskoeffizient	1/K
t_1	Temperatur vor der Temperaturänderung	°C
t_2	Temperatur nach der Temperaturänderung	°C

Stoff	linearer Ausdehnungskoeffizient in 1/K
Aluminium	23.8×10^{-6}
Blei	29.0×10^{-6}
Bronze	17.5×10^{-6}
Gold	14.2×10^{-6}
Gusseisen	10.5×10^{-6}
Kupfer	16.5×10^{-6}
Messing	18.5×10^{-6}
Nickelstahl mit 36 % Ni	1.5×10^{-6}
Platin	9.0×10^{-6}
Porzellan	4.0×10^{-6}
Quarzglas	0.5×10^{-6}
Schaumglas	8.5×10^{-6}
Silber	19.7×10^{-6}
Stahl unlegiert	11.5×10^{-6}
Stahlbeton normal	12.0×10^{-6}
Zinn	30.0×10^{-6}
Zinn	23.0×10^{-6}

Bild 11: Lineare Ausdehnungskoeffizienten in 1/K

Zahlenbeispiel:

Wird eine 100 m lange Stahlrohrleitung von 25 °C auf 250 °C erwärmt, so verlängert sie sich um $\Delta l = 11.5 \times 10^{-6} \text{ 1/K} \times (250 - 25) \text{ °C} \times 100 \text{ m} = 0.259 \text{ m}$.

9.9.4. Energie (Begriffe, Preise, Einheiten)

9.9.4.1. Primär-Energie

Energie, die in natürlichen Quellen gespeichert ist.

Beispiele: Wasserkraft, Rohöl, Erdgas, Steinkohle, Uran.

9.9.4.2. Sekundär-Energie

Energie, die durch besondere Prozesse aus Primärenergie erzeugt wird.

Beispiele: Heizöl, Benzin, Flüssiggas, Stadtgas.

9.9.4.3. End-Energie

Energie, die dem Verbraucher zugeführt wird.

Beispiele: Heizöl, Gas, Fernwärme, Elektrizität.

9.9.4.4. Nutz-Energie

Genutzte Energie.

Beispiele: Wärme für Raumheizung, Elektrizität für Beleuchtung, mechanische Arbeit von Motoren.

9.9.4.5. Graue Energie oder produktegebundene Energie

Die graue Energie umfasst den Primär-Energieaufwand eines Produkts

- für dessen Herstellung;
- für dessen Instandhaltung während der Nutzungszeit;
- für dessen Abbruch und Entsorgung.

Die durch menschliche Arbeit in den Produktionsprozess eingebrachte Energie wird nicht bewertet.

Stoff	Rohdichte	Graue Energie
Mineralwollgedämmstoffe	20 bis 120 kg/m ³	20 MJ/kg
Schaumglas	130 kg/m ³	28 MJ/kg
Polystyrol, expandiert	13 bis 30 kg/m ³	75 MJ/kg
extrudiert	25 bis 60 kg/m ³	100 MJ/kg
Polyurethan	26 bis 60 kg/m ³	125 MJ/kg
Stahl	7'850 kg/m ³	
- neu		28 MJ/kg
- zurückgewonnen		14 MJ/kg
Aluminium	2'750 kg/m ³	
- neu		260 MJ/kg
- zurückgewonnen		72 MJ/kg

Bild 12: Graue Energie von Stoffen für Wärmedämmungen und Umhüllungen (Richtwerte).

9.9.4.6. Umgebungswärme

Umgebungswärme ist niederwertige Energie aus Boden, Gewässer oder Luft bei Umgebungstemperatur, die zum Beispiel als Wärmequelle für Wärmepumpen genutzt werden kann.

9.9.4.7. Sonnen-Energie

Altorf	449 m.ü.M.	3'770 bis 4'010 MJ/(m ² a)
Basel	316 m.ü.M.	3'710 bis 3'990 MJ/(m ² a)
Bern	565 m.ü.M.	3'950 bis 4'160 MJ/(m ² a)
Davos	1'590 m.ü.M.	4'780 bis 5'020 MJ/(m ² a)
Genf	420 m.ü.M.	4'370 bis 4'470 MJ/(m ² a)
Jungfraujoch	3'580 m.ü.M.	5'100 bis 5'440 MJ/(m ² a)
La Chaux-de-Fonds	1'018 m.ü.M.	4'040 bis 4'230 MJ/(m ² a)
Lugano	273 m.ü.M.	3'840 bis 4'600 MJ/(m ² a)
Sion	482 m.ü.M.	4'580 bis 4'810 MJ/(m ² a)
St.Gallen	779 m.ü.M.	3'960 bis 4'140 MJ/(m ² a)
Zürich SMA	556 m.ü.M.	3'840 bis 4'110 MJ/(m ² a)

Bild 13: Jährliche Globalstrahlung auf horizontale Flächen (Quelle: SMA, Schweizerische Meteorologische Anstalt) in Zürich

9.9.4.8. Heizwert

Wärmemenge, die bei vollständiger Verbrennung eines Brennstoffs frei wird. Der obere Heizwert enthält auch die Verdampfungswärme des beim Verbrennungsprozess entstandenen Wasserdampfes.

Der untere Heizwert ist um diese Verdampfungswärme kleiner.

Steinkohle	ca. 750 kg/m ³ (1)	30 MJ/kg
Brennholz	ca. 700 kg/m ³	15 MJ/kg
Benzin	ca. 800 kg/m ³	42 MJ/kg
Heizöle		
- EL	ca. 860 kg/m ³	43 MJ/kg
- S	ca. 920 kg/m ³	40 MJ/kg
Flüssiggas	ca. 550 kg/m ³	46 MJ/kg
Erdgas	ca. 0.8 kg/m ³	32 MJ/kg
Stadtgas	ca. 0.6 kg/m ³	16 MJ/kg

(1) Schüttdichte

Bild 14: Unterer Heizwert von Brennstoffen (Richtwerte)

9.9.4.9. Energie-Preise

Heizöl	Fr. -.40 / kg	Fr. -.03.4 / kWh	ca. 1 Rp. / MJ
Gas	Fr. -.30 / m ³	Fr. -.06.8 / kWh	ca. 2 Rp. / MJ
Elektrizität			
- Industrie		Fr. -.12 / kWh	ca. 4 Rp. / MJ
- Haushalte		Fr. -.20 / kWh	ca. 6 Rp. / MJ

Bild 15: Richtpreise 1995.

9.9.4.10. Energie-Einheiten

$$1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ J}$$

$$1 \text{ kWh} = 3'600 \text{ kJ} = 3.6 \text{ MJ} = 860 \text{ kcal}$$

9.9.5. Chloridgehalt von Mineralwolle-Dämmstoffen

Austenitische Stähle reagieren in Form von Lokalkorrosion empfindlich auf Chloridionen Angriffe. Mineralwolle-Dämmstoffe sollen deshalb möglichst niedrige Anteile an wasserlöslichen Chlorverbindungen aufweisen.

Als AS-Qualität werden Mineralwolle-Dämmstoffe bezeichnet, deren Gehalt 6 mg Chloridionen je kg Dämmstoff nicht übersteigt.

9.9.6. Oekologische Betrachtungen

Für die Ausführung der Isolationen und Umhüllungen von Rohren und Kanälen in Heizungs-, Lüftungs-, Kälte- und Sanitäreanlagen werden nachfolgend Empfehlungen abgegeben. Diese richten sich nach *ökologischen* Kriterien, welche wie folgt bewertet werden:

- **Unterhalt und Trennbarkeit**, z.B. Verbundwerkstoffe, mechanische Befestigung, rückbaufähige Konstruktion, Systeme mit Materialien gleicher Lebensdauer
- **chemische Zusatzmittel**, z.B. Toxizität, ozonschichtabbauende Stoffe, Treibhauseffekt, kunststoffvergütete Produkte etc.
- **Entsorgung und Recycling**, z.B. wiederverwend- oder verwertbar, Verbrennung ohne toxische Rückstände, bestehende Recycling-Kreisläufe
- **Ressourcen**, z.B. erneuerbares Rohmaterial, (Stein) grosse Verfügbarkeit des Rohstoffes
- **Graue Energie**, kurze Prozessketten, Transport (einheimisches Material), eingesetzte Energieform
- Produktionsenergie, z.B.

Stein- od. Glaswolle	5.0 kwh/kg
Schauglas	3,2 kwh/kg
Polystyrol	34,1 kwh/kg
Poyurethan	29,2 kwh/kg

(gemäss Angaben Schweizer Energiefachbuch)

9.9.7. Arithmetische Näherungsverfahren

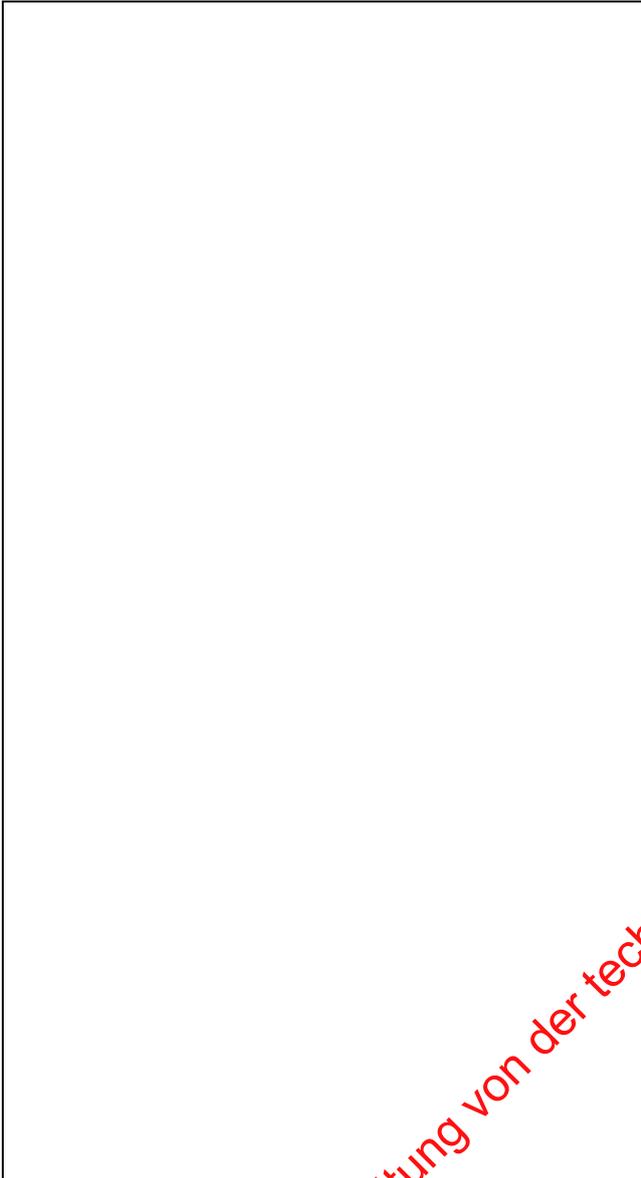
9.9.7.1. Nullstellen-Analyse

Aufgabenstellung: Bestimmung des Schnittpunktes einer Funktionskurve mit der x-Achse.

Anwendung zum Beispiel bei Wirtschaftlichkeitsrechnungen: die theoretisch wirtschaftlichste Dämmdicke ergibt die geringsten Gesamtkosten. Werden diese Gesamtkosten y graphisch dargestellt in Funktion der Dämmdicke x , so sind die Gesamtkosten minimal, wenn die Steigung m der Funktionskurve $y = f(x)$ gleich Null ist.

$$\text{Steigung } m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} \quad (58)$$

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOL Suisse



Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

Bild 16: Nullstellenanalyse

Die Funktionskurve $y = f(x)$ weist dort ein Minimum auf, wo die Steigung in der Tangente an die Funktionskurve gleich Null ist.- Nach dieser Methode kann zum Beispiel die wirtschaftlichste Dämmdicke (jene Dämmdicke, welche die geringsten Gesamtkosten ergibt), bestimmt werden.

9.9.7.2. Iteration

Iteration (lat., schrittweise Näherung) ist ein arithmetisches Verfahren, dessen unbegrenzte wiederholte Anwendung gestattet, sich von einer Näherungslösung her der exakten Lösung beliebig genau anzunähern.

Anwendung zum Beispiel bei Wärmetransmissions-Berechnungen: bei gegebener Medium- und Umgebungstemperatur sowie bekannten Dämmstoffdaten wird die Oberflächentemperatur mittels Iteration bestimmt. Anschliessend können der äussere Wärmeübergangskoeffizient und die Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs berechnet werden.

Bild 17 (nächste Seite) : Iteration

Berechnung des Wärmestroms: aus einem erstmaligen Schätzwert kann durch mehrmalige Iteration ein beliebig genauer Resultatwert bestimmt werden.

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

9.9.8. Sachwörterverzeichnis

Begriff	Kapitel, Abschnitt, Absatz
A mortisationsrechnung	9.9.2.1.
Anlagen im Freien	5.4.4.
Arithmetische Näherungsverfahren	9.9.7.
Ausführung	6.
Auslegungstemperatur	3.2.3.
Ausschreibungsunterlagen	8.1.
B efestigungsmittel	3.4.1.
Begleitheizungen	5.4.5.
Berechnungsbeispiele	5.5.
Berechnungs- und Dimensionierungsmethoden	5.
Berührungsschutz	5.3.1.
Bezeichnungen, Begriffe, Einheiten	5.6.
Brandschutz	3.9., 4.9.
C hloridgehalt von Mineralwolle-Dämmstoffen	9.9.5.
D ämmstoff	3.3.1., 6.1.
Dämmstoff-Befestigungen	6.7.1.
Dämmsystem	3.2.2.
Dämmtechnische Begriffe	3.2.
Dampferzeuger	4.4., 5.4.7.
Datenblatt	4.5.
Daten von festen Stoffen	9.3.
Daten von flüssigen Stoffen	9.4.
Daten von gasförmigen Stoffen	9.5.
E nd-Energie	9.9.4.3.
Energie	9.9.4.
Energie-Einheiten	9.9.4.10.
Energie-Preise	9.9.4.9.
Erdverlegte Leitungen	5.4.3.
G eltungsbereich dieser Richtlinie	2.2.
Gewichte von Dämmsystemen für Rohre	9.7.

Graue Energie	9.9.4.5.
Griechisches Alphabet	9.9.9.3.
H auben	3.7.
Heizwert	9.9.4.8.
I nstitutionen	9.9.9.2.
Intermittierender Betrieb von Leitungen	5.4.1.
Iteration	9.9.7.2.
K apitalrückflusszeit	9.9.9.2.
Kappen	5.5.
Konstruktionsbegriffe	3.4.
L ängenausdehnung	9.9.3.
Leistungen des Planers	8.2.
Leistungen des Unternehmers	8.3.
Leistung und Lieferung	8.
Literatur	9.9.9.1.
M asseinheiten und Bezeichnungen für wärmetechnische Grössen	9.9.9.4.
Materialkennwerte	
Matratzen	3.8.
Mehrschichtige Wärmedämmungen	5.4.6.
Montagevoraussetzungen	4.3.
N ullstellen-Analyse	9.9.7.1.
Nutz-Energie	9.9.4.4.
Nutzungszeiten für Technische Wärmedämmungen	9.9.1.
Nutzungszeiten für Gebäude	9.9.1.
O berflächen und Volumen von Behältern	9.6.
Oekologische Betrachtungen	9.9.6.
P lanung	4.
Primär-Energie	9.9.4.1.
R auchgaskanäle	5.4.2.
S achwörter-Verzeichnis	9.9.8.

Schallschutz	3.10.
Schutz gegen Einfrieren	5.4.4.1.
Sekundär-Energie	9.9.4.2.
Sonnen-Energie	9.9.4.7.
Stützkonstruktion	3.4.2.
T auwasserbildung	5.4.8.
Teuerungsrechnung	9.9.2.3.
Tragkonstruktion	3.4.3., 6.6.1., 6.6.2.
U mgebungswärme	9.9.4.6.
Umhüllung	3.5., 6.7.3.
V erständigung	3.1
Vorwort	1.
W ärmebrücken	3.2.3., 5.2.3.
Wärmeleitung	9.1
Wärmeschutz	3.3, 5.3.2.
Wärmeübergang	9.2.
Wärmeübergang durch Konvektion	9.2.2.
Wärmeübergang durch Strahlung	9.2.3.
Wasserdampf im Sättigungszustand (Sattdampftabelle)	9.8.
Wirtschaftlichkeit	5.3.3.
Z weck und Geltungsbereich dieser Richtlinie	2.

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLUIS

9.9.9. Diverses

9.9.9.1. Literatur

SIA 380/3: Wärmedämmung von Leitungen, Kanälen und Behältern in Gebäuden (1991)

FESI-Dokument 02: Ausführungsrichtlinien für Wärmedämmarbeiten (1988)

VDI-Wärmeatlas

VDI-Richtlinie 2055: Wärme- und Kälteschutz für betriebs- und haustechnische Anlagen (1994)

Arbeitsblätter der AGI, Arbeitsgemeinschaft Industrie, Köln:

- Arbeitsblatt Q 15 (1986): Planungsrichtlinien
- Arbeitsblatt Q 101 (1978): Dämmarbeiten an Dampferzeugern
- Arbeitsblatt Q 102 (1984): Rauchgaskanäle
- Arbeitsblatt Q 103 (1989): Elektrische Begleitheizungen
- Arbeitsblatt Q 104 (1990): Begleitheizsysteme mit Wärmeträgern und weitere.

F.W.Cammerer: Wärme- und Kälteschutz im Bauwesen und in der Industrie, 5.Auflage 1995 (Springer-Verlag)

Technische Richtlinien des VSI, Zürich/ZH

- Dämmungen im Teilwasserbereich (1996)
- Dämmungen im Wärmebereich Haustechnik (1996)
- Dämmungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen im Bereich Haustechnik (1996)

9.9.9.2. Institutionen

AGI	Arbeitsgemeinschaft Industrie, Köln
BVD	Brand-Verhütungs-Dienst, Zürich
CEN	Comité Européen de Normalisation, Bruxelles
DIN	Deutsches Institut für Normung
FESI	Fédération Européenne des Syndicats d'Entreprises d'Isolation, Berlin
FIW	Forschungsinstitut für Wärmeschutz, München
ISO	International Organization for Standardisation, Genève
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich
SNV	Schweizerische Normen-Vereinigung, Zürich
SUVA	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt, Luzern
VDI	Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf
VKF	Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen, Bern
VSI	Verband Schweizerischer Isolierfirmen, Zürich

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISO/SUISSE

9.9.9.3. Griechisches Alphabet

A	α	Alpha	A	a	N	ν	Nü	N	n
B	β	Beta	B	b	Ξ	ξ	Xi	X	x
Γ	γ	Gamma	G	g	O	\omicron	Omikron	O	o
Δ	δ	Delta	D	d	Π	π	Pi	P	p
E	ϵ	Epsilon	E	e	P	ρ	Rho	R	r
Z	ζ	Zeta	Z	z	Σ	σ	Sigma	S	s
H	η	Eta	E	e	T	τ	Tau	T	t
Θ	θ	Theta	TH	th	Υ	υ	Ypsilon	Y	y
I	ι	Iota	I	i	Φ	ϕ	Phi	PH	ph
K	κ	Kappa	K	k	X	χ	Chi	CH	ch
Λ	λ	Lambda	L	l	Ψ	ψ	Psi	PS	ps
M	μ	Mü	M	m	Ω	ω	Omega	O	o

9.9.9.4. Masseinheiten und Bezeichnungen für wärmetechnische Grössen (siehe auch 5.6. Bezeichnungen, Begriffe, Einheiten)

Formel- zeichen	Grösse		Einheit
	deutsch	englisch	
ϑ, T	Temperatur	Temperature	°C, K
$\Delta\vartheta$	Temperaturdifferenz	Temperature difference	K
Q	Wärmemenge	Quantity of heat	J, kJ, MJ
\dot{Q}	Wärmestrom	Heat flow rate	W, kW, MW
λ	Wärmeleitfähigkeit	Thermal conductivity	W/(m K)
α	Wärmeübergangs- koeffizient	Surface coefficient of heat transfer	W/(m ² K)
C	Strahlungskoeffizient	Heat radiation coeffi- cient	W/(m ² K ⁴)
c	spez. Wärmekapazität	Specific heat capacity	kJ/(kg K)

Mitglieder der Technischen Kommission:

- **Heinrich Vogt, Obmann**
Novisol AG, Rheinfelden
- **Walter Baumann**
Schneider Dämmtechnik AG, Winterthur
- **Walter Jehle**
Novisol AG, Rheinfelden
- **Fredy Kleeb**
Lambda Dämmtechnik AG, Bern
- **Gerd Müller**
Steiert Isolierungen AG, Rheinfelden

Weitere Publikationen:

Richtlinien für Dämmungen im Tauwasserbereich 1996

Richtlinien für Dämmungen im Wärmebereich Haustechnik, 1996

Richtlinien für Dämmungen von Lüftungs- und Klimaanlageanlagen im Bereich Haustechnik, 1996

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

Richtlinien für Dämmungen

im

Wärmebereich Haustechnik

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

Inhaltsverzeichnis

- 1. Allgemeines**
 - 1.1 Vorwort
 - 1.2 Ziele
 - 1.3 Geltungsbereich
 - 1.4 Mitgeltende Bestimmungen

- 2. Planungsrichtlinien für Architekten und Ingenieure**

- 3. Montagerichtlinien für Installations- und Isolierfirmen**

- 4. Datenblatt**

- 5. Minimale Wärmedämmung**
 - 5.1 Minimale Wärmedämmung von Rohrleitungen
 - 5.2 Minimale Wärmedämmung von Warmwasserspeichern

- 6. Wirtschaftliche Wärmedämmung (Tabellen 1-2)**

- 7. Einschichtige Rohrdämmung**
 - 7.1 Einschichtige Rohrdämmung VSI 101.02.000
 - 7.2 Einschichtige Rohrdämmung VSI 101.002.000
 - 7.3 Wärmeverluste von Armaturen

- 8. Dämmstoffe**

- 9. Ueberstriche, Umhüllungen**

- 10. Anwendung der Dämmsysteme nach Montageorten**

- 11. Ausführungsbeschriebe für Dämmungen der Rohrleitungen**

- 12. Ausführungsbeschriebe für Dämmungen der Armaturen**

- 13. Ausführungsbeschriebe für Dämmungen der Apparate**

1. Allgemeines

1.1 Vorwort

Dämmungen erfüllen die Aufgabe, Wärmeaustauschvorgängen möglichst grossen Widerstand entgegenzusetzen. Es geht darum, die technischen Prozessen zugeführten Energien optimal auszunutzen und Wärmeverluste gering zu halten. Berechnungen aus der Praxis zeigen, dass Wärmeverluste durch optimale Dämmung bis ca. 90 % gegenüber einem ungedämmten Objekt herabgesetzt werden können.

Die vorliegenden Richtlinien fassen den heutigen Stand der Technik zusammen. Für die Planung und Ausführung sollen sie helfen, Energieverluste zu begrenzen und über Dämmsysteme und deren Anwendungsbereiche zu orientieren.

1.2 Ziele

Mit Dämmungen im Wärmebereich werden folgende Ziele angestrebt:

1. Verminderung von Wärmeverlusten
2. Reduktion der Energiekosten
3. Schutz des Mediums vor Abkühlung
4. Schutz der Umgebung vor Erwärmung
5. Erfüllen der gesetzlichen Vorschriften (Energiegesetze)

1.3 Geltungsbereich

Diese Richtlinie gilt für Dämmungen im Temperaturbereich von +20° C bis + 100° C, wie z.B. Gerbrauchswarmwasser - Heizungswasser - Warmluft - Wärmerückgewinnung - Produkteleitungen, z.B. Oel

1.4 Mitgeltende Bestimmungen

- Kantonale Energiegesetze
- SIA-Empfehlung 380/3

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

2. Planungsrichtlinien für Architekten und Ingenieure

- 2.1 Erfassen der Mediumtemperatur, Umgebungstemperatur, Betriebsarten, Betriebsdauer, Umwelteinflüsse gemäss Datenblatt (4).
- 2.2 Festhalten der Verwendungszwecke der Räume z.B. beheizt, nicht beheizt, gekühlt, belüftet etc.
- 2.3 Beachten der Brandschutzvorschriften für Brandabschnitte, Durchbrüche etc.
- 2.4 Bestimmen der gewünschten Lebensdauer der Anlage und des Dämmsystems.
- 2.5 Wählen des Dämmsystems nach Anwendungsbereich und Montageort.
- 2.6 Planen des Dämmsystems unter Berücksichtigung, dass die Anlage gewartet werden muss.
- 2.7 Rohre und Armaturen müssen so geplant werden, dass rund um das fertige Dämmsystem ein Mindestabstand von 100 Millimeter vorhanden ist. Apparate müssen allseitig zugänglich sein.
- 2.8 Halterungen und Fixpunkte müssen so geplant werden, dass die Einhaltung der vorgesehenen Dämmdicke ohne zusätzliche Anpassarbeiten gewährleistet ist.
- 2.9 Thermometer, Fühler, etc. müssen mindestens 20 mm über das fertige Dämmsystem hinausragen.
- 2.10 Die gedämmten Anlageteile dürfen nicht für die Befestigung von anderen Installationen vorgesehen werden.
- 2.11 Im Bereich der Armaturen dürfen Bezeichnungsschilder, Thermometer, Entleer- und Entlüftungshähne und Rohre, sowie elektrische Anschlussleitungen die verlangte Dämmdicke, wie auch die Montage von festen oder demontierbaren Kappen nicht beeinträchtigen.
- 2.12 Wand- und Deckendurchbrüche müssen die Einhaltung der Dämmdicke und die Ausführung des vorgesehenen Dämmsystems gewährleisten.
- 2.13 Wärmebrücken sind zu vermeiden resp. so gering wie möglich zu halten.

3. Montagerichtlinien für Installations- und Isolierfirmen

- 3.1 Das geplante Dämmsystem ist aufgrund der technischen Daten zu überprüfen.
- 3.2 Die zu dämmenden Anlageteile müssen abgepresst sein (Druckprobe).
- 3.3 Die Anlage sollte bis zur Fertigstellung des Dämmsystems nicht in Betrieb genommen werden.
- 3.4 Die zu dämmenden Anlageteile müssen schmutz-, rost- und fettfrei sein.
- 3.5 Korrosionsgefährdete Anlageteile müssen fachgerecht geschützt werden.
- 3.6 Rohre und Armaturen müssen so montiert werden, dass rund um das vorgesehene Dämmsystem ein Mindestabstand von 100 mm vorhanden ist. Apparate müssen allseitig zugänglich sein.
- 3.7. Die zu dämmenden Anlageteile dürfen nicht für die Befestigung von anderen Installationen vorgesehen werden.
- 3.8 Im Bereich der Armaturen dürfen Bezeichnungsschilder, Thermometer, Entleer- und Entlüftungshähne und Rohrleitungen, sowie elektrische Anschlussleitungen die verlangte Dämmdicke, wie auch Montage von festen und demontierbaren Kappen nicht beeinträchtigen.
- 3.9 Die Rohrleitungsführung bei Wand- und Deckendurchbrüchen muss so angelegt sein, dass die Einhaltung der Dämmdicke und die Ausführung des vorgesehenen Dämmsystems gewährleistet sind.
- 3.10 Dämmsystem sind so zu montieren, dass demontierbare Armaturen ohne Beschädigung der Dämmung ein- und ausgebaut werden können (z.B. Berücksichtigung der Schraubenlänge bei Flanschverbindungen).

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOL SUISSE

4. Datenblatt

Firma _____ Ort _____

 Adresse _____ Tel. _____
 Branche _____

Anlage _____
 Ort _____
 Ziele der Dämmung _____

1. Das Dämmsystem ist wie folgt zu spezifizieren

Mindest-Dämmdicke gemäss Energieverordnung _____ ja/nein
 Wirtschaftliche Dämmdicke _____ ja /nein
 Max. zulässiger Temperaturabfall _____ ° C/Std.
 Berührungsschutz (max. Oberflächentemperatur) _____ ° C

2. Technische Daten

Medium _____
 Durchflussmenge _____ l/s
 Druck _____ bar
 Mediumtemperatur _____ ° C
 Umgebungstemperatur _____ ° C
 Rel. Luftfeuchtigkeit _____ %
 Betriebsarten
 - Dauerbetrieb _____ ja/nein*
 - Intermittierender Betrieb _____ ja/nein*
 - Stillstandszeit pro Unterbruch _____ Std.
 Gewünschte Lebensdauer _____ Jahre
 Montageorte _____

 Windanfall _____ m/sec.

3. Berechnungsdaten *

Wärmepreis _____ Fr./KWh
 _____ Fr. /MJ*
 - Betriebskosten _____ Fr. /Jahr
 - Amortisationszeit _____ Jahre
 - Kapitalverzinsung _____ %
 - Jahresbetriebsstunden _____ Std.

*Nichtzutreffendes streichen

4. Umwelteinflüsse

Wasser (z.B. Spritzwasser, etc.) _____
Mech. Einflüsse _____
Dämpfe und Säuren _____

5. Anlagespezifikation

Material Stahlqualität* _____
 Chromstahl* _____
 Kupfer* _____
 Kunststoff* _____

6. Korrosionsschutz

7. Schallschutz

Brandkennziffer* Feuerwiderstandsklasse*
BKZ F30/F60/F90

8. Brandschutz

9. Dimensionen und Masse

aus Plan Nr. _____
Vorausmass vom _____ durch _____

10. Allfällige Vorbehalte

Aufgrund der vorliegenden Angaben wird das Dämmsystem bestimmt.

Ort und Datum: _____

Für die Richtigkeit: _____

*Nichtzutreffendes streichen

5. Minimale Wärmedämmung

5.1 Minimale Wärmedämmung von Rohrleitungen

Die minimale Dicke der Dämmung für Rohrleitungen im Wärmebereich Haustechnik ist so zu bemessen, dass die nachfolgenden k-Werte nicht überschritten werden:

Rohr-Nennweite		zulässige Werte	
in mm	in Zoll	ΔT_{\max} bis 40 K	ΔT_{\max} bis 80 K
bis 50	bis 2	0.80	0.40
50 - 100	2 - 4	0.60	0.35
100 - 150	4 - 6	0.50	0.30
150 - 200	6 - 8	0.40	0.30

ΔT_{\max} = Temperaturgefälle in K zwischen Medium und Umgebung

k-Wert = Wärmedurchgangskoeffizient in $W/(m^2K)$, bezogen auf $1 m^2$ Oberfläche der gedämmten Rohrleitungen.

Die Berechnung der Dämmdicke aufgrund des zulässigen k-Wertes muss den anerkannten Regeln der Technik entsprechen.

Bei Temperaturgefällen zwischen 40 und 80 K können die zulässigen k-Werte linear interpoliert werden.

Bei Durchbrüchen und Rohrkreuzungen können die Dämmdicken halbiert werden, falls dies aus Platzgründen erforderlich ist.

Zahlenbeispiel:

Dämmdicken bei vorgeschriebenen k-Werten

Die von uns vorgeschlagenen k-Werte ergeben für zwei in der Praxis häufig ausgeführten Dämmsysteme die nachfolgenden Dämmdicken:

Rohrdurchmesser		Dämmsysteme			
NW	äusserer	VSI Nr. 101.02.000		VSI Nr. 102.02.000	
		$\Delta T_{\max} = 80 K$	$\Delta T_{\max} = 40 K$	$\Delta T_{\max} = 40 K$	$\Delta T_{\max} = 80 K$
10	17	30	50	30	50
15	21	30	50	30	50
20	27	30	60	30	50
40	48	40	60	30	60
50	60	40	70	30	60
65	76	50	70	40	70
80	89	50	80	50	70
100	114	50	80	50	70
150	168	60	100	60	80
175	193	80	100	70	90
200	219	80	100	70	90

*) Ausführungsbeschreibung siehe Abschnitt 11

Vorstehende Tabellen sind VSI-Empfehlungen. Die kantonalen Energiegesetze, welche weitgehend mit unseren Empfehlungen vergleichbar sind, sind unbedingt einzuhalten.

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

5.2 Minimale Wärmedämmung von Warmwasserspeichern

Die minimale Dicke der Dämmung für Warmwasserspeicher ist so zu bemessen, dass die nachfolgenden k-Werte nicht überschritten werden.

Speichergrösse	zulässiger k-Wert bei $\Delta T \leq 40$
bis 400 l	$k \leq 0.40$
401 bis 2000 l	$k \leq 0.35$
über 2000 l	$k \leq 0.24$

ΔT = Temperaturgefälle in K zwischen Medium und Umgebung
k-Wert = Wärmedurchgangskoeffizient in $W/(m^2K)$, bezogen auf 1 m^2 Oberfläche des gedämmten Wärmespeichers.

Die Berechnung der Dämmdicke aufgrund des zulässigen k-Wertes muss den anerkannten Regeln der Technik entsprechen.

Hinweis: Warmwasserspeicher sind in der Regel 8760 h/a im Betrieb!

Beispiele:

Dämmdicken bei vorgeschriebenen k-Werten

Die oben vorgeschriebenen maximal zulässigen k-Werte ergeben für zwei in der Praxis häufig ausgeführten Dämmsysteme die nachfolgenden minimalen Dämmdicken (in mm):

Speichergrösse	Dämmsystem für $\Delta T = 40K$	
	VSI-Nr. 801.03.000	VSI-Nr. 801.03.000
bis 400 l	100	80
401 bis 2000 l	120	100
über 2000 l	160	140

+

*) Ausführungsbeschreibung siehe Abschnitt 11

Bei einem Warmwasserspeicher, dessen Oberfläche 6 m^2 beträgt und dessen Wärmedämmung einen k-Wert von $0.40 W/(m^2K)$ aufweist, beträgt der Wärmeverlust bei einem Temperaturgefälle von 40 K:

$$0.40 W/(m^2K) \times 6 m^2 \times 40 K = \text{ca. } 100 W$$

Zuschlag für Wärmebrücken 60 %, d.h. Wärmeverlust total ca. 160 W. Für diesen Warmwasserspeicher betragen somit die Stillstandsverluste in 24 h:

$$160 W \times 24 h = 3840 Wh \text{ resp. } 3.84 kWh \text{ resp. } 13\,800 kJ$$

Vorstehende Tabellen sind VSI-Empfehlungen.

Die kantonalen Energiegesetze, welche weitgehend mit unseren Empfehlungen vergleichbar sind, sind unbedingt einzuhalten.

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

6. Wirtschaftliche Wärmedämmung

Die wirtschaftliche Dämmdicke ergibt die geringsten Gesamtkosten. Diese setzen sich zusammen aus:

- Betriebskosten (Wärmeverlustkosten)
- Kapitalkosten (Wärmeschutzkosten)
- Dicke Dämmungen erfordern mehr Raum

Nachfolgend sind die wirtschaftlichen Dämmdicken für zwei verschiedene Dämmsysteme bei verschiedenen Rohrgrössen und Betriebsdaten dargestellt.

Tabelle 1

Wirtschaftliche Dämmdicken für VSI-Dämmsystem Nr. 101.02.000
(Ausführungsbeschreibung siehe Abschnitt 11)

Berechnungsgrundlagen:

- Umgebungstemperatur 20° C
- Energiepreis Fr. -.20/kWh
- Dämmkosten gemäss VSI-Tarif
- wirtschaftliche Nutzungsdauer 10a
- Kapitalzins 6 %

Die Dämmdicken wurden auf die nächsten 10 mm sowie auf mindestens 30 mm gerundet.

Die Berechnungsgrundlagen sind beim VSI erhältlich.

Mediumtemperatur ° C	Betriebszeit h/a	Rohrgrösse, Nennweite DN in mm							
		10	15	25	40	50	100	150	200
40	4000	30	30	30	30	30	40	40	50
	6000	30	30	40	40	40	50	50	60
	8760	30	40	40	40	50	60	60	60
60	4000	30	40	40	40	50	50	60	60
	6000	40	40	50	50	50	60	70	70
	8760	50	50	50	60	60	70	80	90
80	4000	40	40	50	50	60	60	70	80
	6000	50	50	60	60	60	80	80	90
	8760	50	60	60	70	70	90	100	100
100	4000	40	50	50	60	60	70	80	90
	6000	50	60	60	70	70	90	90	100
	8760	60	60	70	80	80	100	110	120

Tabelle 2

Wirtschaftliche Dämmdicken für VSI-Dämmsystem Nr. 102.02.000

(Ausführungsbeschreibung siehe Abschnitt 11)

- Berechnungsgrundlagen:
- Umgebungstemperatur 20 ° C
 - Energiepreis Fr. -.20/kWh
 - Dämmkosten gemäss VSI-Tarif
 - wirtschaftliche Nutzungsdauer 10 a
 - Kapitalzins 6 %

Die Dämmdicken wurden auf die nächsten 10 mm sowie auf mindestens 30 mm gerundet.

Die Berechnungsgrundlagen sind beim VSI erhältlich.

Mediumtemperatur ° C	Betriebszeit h/a	Rohrgrösse, Nennweite DN in mm							
		10	15	20	40	50	100	150	200
40	4000	30	30	30	30	30	30	30	30
	6000	30	30	30	30	30	30	30	40
	8760	30	30	30	30	30	40	40	40
60	4000	30	30	30	30	30	40	40	40
	6000	30	30	30	40	40	50	50	50
	8760	30	30	40	40	50	50	60	60
80	4000	30	30	30	40	40	50	50	50
	6000	30	40	40	40	50	50	60	60
	8760	40	40	50	50	60	60	70	70
100	4000	30	30	40	40	50	50	60	60
	6000	40	40	50	50	50	60	70	70
	8760	50	50	50	60	60	70	80	80

7. Einschichtige Rohrdämmung

7.1 Einschichtige Rohrdämmung VSI 101.02.000

Wärmeverluste in Funktion von Rohraussendurchmesser, Mediumtemperatur, Dämmdicke

Umgebungstemperatur 20 Grad C

Windgeschwindigkeit 0 m/s

Dämmsystem VSI 101.02.000

- Dämmstoff: Mineralfaserschalen

- Mitteltemperatur 0 20 40 60 80 100 Grad C

- Wärmeleitfähigkeit 0.035 0.038 0.040 0.043 0.046 0.050 W/(m,K)

Wärmestrom (inkl. Zuschläge für Rohraufhängungen und div. Wärmebrücken) in W/m

Mediumtemperatur Grad ° C	Dämmdicke in mm	Rohraussendurchmesser in mm								
		17	21	34	49	60	89	114	168	219
40	0	15	17	26	34	41	58	72	101	130
	30	4	4	5	6	7	9	11	15	19
	40	4	4	5	6	6	8	9	13	15
	50	3	4	4	5	6	7	8	11	13
	60	3	3	4	5	5	6	7	10	12
	80	3	3	4	4	5	6	6	8	10
	100	3	3	3	4	4	5	6	7	9
120	3	3	3	4	4	5	5	7	8	
60	0	34	40	59	79	95	133	165	236	307
	30	9	9	11	13	15	20	24	32	40
	40	7	8	10	12	13	17	20	26	32
	50	7	7	9	10	12	15	17	23	28
	60	6	7	8	10	11	13	16	20	24
	80	6	6	7	9	9	12	13	17	20
	100	6	6	7	8	9	10	12	15	18
120	5	6	7	7	8	10	11	14	16	
80	0	55	66	98	130	158	221	273	397	517
	30	12	13	17	21	24	31	31	50	62
	40	11	12	15	18	20	26	31	41	50
	50	10	11	14	16	18	23	27	35	43
	60	10	11	13	15	17	21	24	31	38
	80	9	10	12	13	15	18	21	26	32
	100	9	9	11	12	13	16	18	23	28
120	8	9	10	11	13	15	17	21	25	
100	0	80	95	141	189	228	320	397	583	759
	30	17	19	23	28	33	42	51	69	86
	40	15	17	21	25	28	36	42	56	70
	50	14	15	19	22	25	31	37	49	60
	60	14	15	18	20	23	29	33	43	53
	80	13	13	16	18	20	25	28	36	44
	100	12	13	15	17	18	22	25	32	38
120	11	12	14	16	17	21	23	29	34	

7.2 Einschichtige Rohrdämmung VSI 102.02.000

Wärmeverluste in Funktion von Rohraussendurchmesser, Medientemperatur, Dämmdicke

Umgebungstemperatur 20 °C

Windgeschwindigkeit 0 m/s

Dämmsystem VSI 102.02.00

- Dämmstoff: Polysocyanurat-Hartschaum

- Mitteltemperatur 0 20 40 60 80 100 °C

Wärmeleitfähigkeit 0.031 0.033 0.034 0.036 0.038 0.040 W/(m,K)

Wärmestrom (inkl. Zuschläge für Rohraufhängungen und div. Wärmebrücken) in W/m

Medientemperatur °C	Dämmdicke in mm	Rohraussendurchmesser in mm								
		17	21	34	48	60	89	114	168	219
40	0	15	17	26	34	41	58	72	101	130
	30	3	4	5	6	6	8	10	13	17
	40	3	3	4	5	6	7	8	11	14
	50	3	3	4	4	5	6	7	10	12
	60	3	3	4	4	5	6	7	9	10
	80	3	3	3	4	4	5	6	7	9
	100	2	3	3	3	4	4	5	6	8
120	2	3	3	3	4	4	5	6	7	
60	0	34	47	59	79	95	133	165	236	307
	30	7	8	10	12	13	17	21	28	35
	40	6	7	9	10	11	15	17	23	28
	50	6	6	8	9	10	13	15	20	24
	60	6	6	7	9	9	12	14	18	21
	80	5	6	7	8	8	10	12	15	18
	100	5	5	6	7	8	9	10	13	16
120	5	5	6	7	7	9	10	12	14	
80	0	55	66	98	130	158	221	273	397	517
	30	11	12	15	18	21	27	32	43	54
	40	10	11	13	16	18	23	27	35	44
	50	9	10	12	14	16	20	23	31	37
	60	9	9	11	13	15	18	21	27	33
	80	8	9	10	12	13	16	18	23	28
	100	8	8	9	11	12	14	16	20	24
120	7	8	9	10	11	13	15	18	22	
100	0	80	95	141	189	228	320	397	583	759
	30	15	16	20	25	28	37	44	59	74
	40	13	15	18	21	24	31	36	49	60
	50	13	14	16	19	22	27	32	42	51
	60	12	13	15	18	20	25	29	37	45
	80	11	12	14	16	18	21	25	31	38
	100	10	11	13	15	16	19	22	28	33
120	10	11	12	14	15	18	20	25	30	

7.3 Wärmeverluste von Armaturen

Umgebungstemperatur 20 °C
 Windgeschwindigkeit 0 m/s

Dämmung

- Dämmstoff: Mineralfaser-Rollfilz, weich

- Mitteltemperatur 0 40 60 80 100 °C
 - Wärmeleitfähigkeit 0.041 0.051 0.057 0.064 0.072 W/(m,K)

Der Wärmeverlust einer Armatur ist abhängig von deren Form, insbesondere deren Oberfläche und der Ausführung der Wärmedämmung (Dämmstoff, Dämmdicke, Oberfläche, Wärmebrücken und Anteil der ungedämmten Flächen wie Handrad usw.).

Nur mit grossem Aufwand können alle Einflussgrössen genau erfasst werden. Deshalb erstaunt nicht, dass die über Armaturen publizierten Wärmeverluste recht stark voneinander abweichen können. Die nachfolgenden Wärmeverlust-Werte sind Erfahrungs- und Richtwerte des VSI für handelsübliche Armaturen.

Wärmeverlust von Armaturen	Wärmeverluste in Watt / Armatur			
	DN 40	DN 65	DN 100	DN 150
Medientemperatur 40 °C				
• Dämmdicke 0 mm	60	90	128	180
• Dämmdicke 40 mm	15	21	29	40
• Dämmdicke 60 mm	13	18	25	34
• Dämmdicke 80 mm	12	17	23	30
• Dämmdicke 100 mm	12	16	21	28
Medientemperatur 60 °C				
• Dämmdicke 0 mm	139	206	294	421
• Dämmdicke 40 mm	33	47	64	88
• Dämmdicke 60 mm	29	40	55	75
• Dämmdicke 80 mm	27	37	50	68
• Dämmdicke 100 mm	25	35	47	63
Medientemperatur 80 °C				
• Dämmdicke 0 mm	230	342	487	710
• Dämmdicke 40 mm	54	75	103	144
• Dämmdicke 60 mm	47	65	89	123
• Dämmdicke 80 mm	43	60	80	111
• Dämmdicke 100 mm	41	56	76	104
Medientemperatur 100 °C				
• Dämmdicke 0 mm	334	496	708	1043
• Dämmdicke 40 mm	77	108	148	208
• Dämmdicke 60 mm	67	93	127	177
• Dämmdicke 80 mm	62	85	116	161
• Dämmdicke 100 mm	59	80	108	151

8. Dämmstoffe

Materialdichte	Rohgewicht kg/m ³	BKZ	Anwendungsbereich in °C	Wärmeleitfähigkeit (Laborwerte) W/mK Mitteltemperatur		Spezifische Wärmekapazität kJ/(kgK)	Kurzbeschreibung
				35° C	55°C		
<u>PIR Hartschaum</u>	30 - 40	5.3	-100- +100	0,024	0,025	1.38	sehr guter Lambda Wert (BKZ beachten) schwer brennbar
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Schalen</u> • <u>Platten</u> • <u>Segmente</u> 							
<u>Mineralfasern:</u>		6q.3					guter Lambda Wert mittlere Festigkeit sehr gute BKZ nicht brennbar
- Schalen	40-70	6q.3	+ 20 - + 250	0.035	0.037		
- Lamellmatten	20-40	6q.3	+ 20 - + 250	0.046	0.051		
- Drahtnetzmat.	80	6q.3	+ 20 - + 750	0.036	0.039		
- Platten	32	6q.3	+ 20 - + 250	0.043	0.049		
- Brandplatten mit Reinalu	60	6q.3	+ 20 - + 250	0.037	0.040		
- Brandplatten mit Reinalu	120	6q.3	+ 20 - + 750	0.036	0.039		
- Brandplatten	120	6q.3	+ 20 - + 750	0.036	0.038		
- Brandmatten	80	6q.3	+ 20 - + 750	0.040	0.042		

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

9. Ueberstriche, Umhüllungen

Material	Dicke in mm	BKZ	Temperaturbeständigkeit in °C	Kurzbeschreibungen
Weisszement- oder Gips/Kieselgur-Ueberstrich	1-3	6	ca. 150	Einfacher Ueberstrich kleine mech. Festigkeit
Drahtgewebebandagen, plus Ueberstrich aus Weisszement oder Gips/Kieselgurmischung	3	6	ca. 200	Einfacher Ueberstrich kleine mech. Festigkeit
Bitumen-Dachpappe	2	3	ca. 80	Einfache Umhüllung, Schutz gegen Feuchtigkeit oder Tropfwasser, kleine mech. Festigkeit
Hart PVC Folie	0,30 - 0,40	5.2	ca. 70 - 75	Geringe Festigkeit, nicht UV-beständig, hohe chem. Resistenz. Geeignet innerhalb von Gebäuden
Rabitzgeflecht aus rostfreiem Stahl Maschenweite 25 x 25	0,7	6	ca. 600	Einfache mechanische Sicherung, geringe Festigkeit
Aluminiumfolie	0,1	6	ca. 300	Sehr geringe Festigkeit mech. nicht beanspruchbar
Aluminium Grobkornfolie	0,2 - 0,3	6	ca. 300	dto.
ALUMAN 100 halbhart	0,6 - 1,0	6	ca. 300	Mittlere Festigkeit, gute atmosphärische und chemische Beständigkeit, sehr gut verformbar
PERALUMAN 150	0,6 - 1,0	6	ca. 300	Mittlere Festigkeit, gute Korrosionsbeständigkeit, gut verformbar
Stahlblech verzinkt	0,6 - 1,0	6	ca. 350	Gute Festigkeit, mechanisch stark beanspruchbar, Korrosionsgefahr an Schnittstellen
Stahlblech rostfrei V2A, Werkstoff Nr. 1.43 01	0,4 - 0,9	6	ca. 400	Hohe Festigkeit und hohe chemische Beständigkeit mittelschwer verformbar
Stahlblech rostfrei Werkstoff Nr. 1.44 35	0,4 - 0,9	6	ca. 400	Hohe Festigkeit, sehr hohe chemische Beständigkeit schwierig verformbar

10. Anwendung der Dämmsysteme nach Montageorten

Diese gelten als Beispiele. Für Berechnungen und konkrete Vorschläge stehen die Fachfirmen des schweizerischen Isoliergewerbes zur Verfügung.

VSI	Rohre							Apparate		Armaturen		
	Verteiler- räume und Zen- tralen	sicht- bar	Zwischen- decken		Hohl- räume	Fernleitung Kanal		im Freien	Verteiler- räume und Zentralen	im Freien	Verteiler- räume und Zentralen	im Freien
			unbe- lüftet	be- lüftet		unbe- geh- bar	begeh- bar					
101.00.000	-	-	X	!	X	X	-	!	-	!	!	!
101.01.000	-	-	X	X	O	X	X	-	!	!	!	!
101.02.000	O	O	O	O	O	X	O	!	!	!	X	!
101.03.000	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O
101.06.000	-	-	X	X	O	O	X	X	!	!	!	!
101.10.000	-	-	X	O	X	X	X	!	-	-	!	!
101.11.000	-	-	O	O	O	X	X	!	-	!	-	!
101.12.000	O	O	O	O	O	X	O	-	-	!	-	!
102.00.000	-	-	X	!	X	X	-	O	-	!	!	!
102.02.000	O	O	O	O	O	X	O	!	!	!	X	!
102.02.001	X	X	X	X	X	X	X	!	!	!	-	!
102.03.000	O	O	X	O	X	O	O	O	X	O	O	O
102.06.000	-	-	X	X	O	O	O	X	!	X	-	-
102.07.000	-	-	O	X	O	X	O	!	-	!	!	!
102.12.000	O	O	O	O	O	X	O	-	-	!	-	!
103.03.000	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
513.00.000											O	O
501.03.000											O	O
514.00.000											O	O
801.00.000									-	-		
801.03.000									O	O		
803.03.000									O	O		

Legende: o = empfehlenswert x = möglich
 - = nicht empfehlenswert != nicht anwendbar

Erklärung der VSI-Ausführungsnummern siehe Kapitel 11,12 und 13 Ausführungsbeschriebe

Ausführungshinweise:

Anorganische Schalen oder Matten	
101.00.000 roh	101.02.000 Umhüllung aus Hart-PVC-Folie
101.10.000 Umhüllung mit Rabitzgeflecht + Gips	101.03.000 Umhüllung aus Leichtmetallblech
101.01.000 Umhüllung mit Bitumen Dachpappe	101.04.000 Umhüllung verzinktes Stahlblech
101.11.000 Umhüllung mit Aluminiumfolie	101.05.000 Umhüllung mit rostfr. Stahlblech
	101.06.000 Umhüllung mit Feuchtigkeitsschutz
	101.12.000 Umhüllung mit Alu-Grobkornfolie
PIR-Hartschaum	
102.00.000 roh	102.03.010 Kaltbitumen, Leichtmetallblech
102.07.000 Weisszement- oder Gips-Überstrich	102.04.000 Umhüllung verzinktes Stahlblech
102.00.010 Kaltbitumenüberstrich	102.04.010 Kaltbitumen, verzinktes Stahlblech
102.02.000 Umhüllung aus PVC-Folie	102.06.000 Umhüllung mit Feuchtigkeitsschutz
102.02.010 Kaltbitumen, PVC-Folie	103.03.000 Ortsschaum PUR, Leichtmetallblech
102.03.000 Umhüllung aus Leichtmetallblech	103.04.000 Ortsschaum PUR, verzinktes Stahlblech

11. Ausführungsbeschriebe für Dämmungen der Rohrleitungen

VSI-Nr.

- 101.00.000 **Anorganische Schalen oder Matten roh**
mit galvanisiertem Draht oder Stahlband am Rohr befestigt.
- 101.01.000 **Anorganische Schalen oder Matten mit Dachpappen-Umhüllung**
mit galvanisiertem Draht oder Stahlband am Rohr befestigt. Dachpappen-Umhüllung mit galvanisiertem Draht oder Stahlband gebunden.
- 101.02.000 **Anorganische Schalen oder Matten. Umhüllung aus Hart-PVC-Folie**
mit galvanisiertem Draht oder Stahlband am Rohr befestigt, Umhüllung aus Hart-PVC-Folie, verschweisst.
- 101.03.000 **Anorganische Schalen oder Matten, Umhüllung aus Leichtmetallblech**
mit galvanisiertem Draht oder Stahlband am Rohr befestigt, Umhüllung gesickt und geschraubt oder genietet.
- 101.06.000 **Anorganische Schalen oder Matten mit Feuchtigkeitsschutz**
mit galvanisiertem Draht oder Stahlband am Rohr befestigt, Umhüllung mit Dachpappe, Baumwollgewebebandagen und wasserfreiem Kaltbitumenüberstrich.
- 101.10.000 **Anorganische Schalen oder Matten, Drahtgeflecht-Bandage, Gips oder Weisszementüberstrich**
mit galvanisiertem Draht oder Stahlband am Rohr befestigt, Drahtgeflecht-Bandage oder Gips- oder Weisszementüberstrich.
- 101.11.000 **Anorganische Schalen oder Matten, Umhüllung aus Alufolie**
mit galvanisiertem Draht oder Stahlband am Rohr befestigt. Umhüllung mit Alufolie sauber verklebt und mit rostfreiem Draht mechanisch befestigt.
- 101.12.000 **Anorganische Schalen oder Matten, Umhüllung aus Alu-Grobkornfolie 0,3 mm**
mit galvanisiertem Draht oder Stahlband am Rohr befestigt. Umhüllung aus Alu-Grobkornfolie mit Klammern oder Stahlstiften montiert.
- 102.00.000 **PIR-Hartschaum-Schalen, roh**
Schalen aus PIR-Hartschaum, trocken am Rohr montiert, mit galvanisiertem Draht befestigt.
- 102.02.000 **PIR-Hartschaum-Schalen, Umhüllung aus Hart-PVC**
Schalen aus PIR-Hartschaum, trocken am Rohr montiert, mit galvanisiertem Draht befestigt, Umhüllung aus Hart-PVC-Folie, verschweisst.
- 102.02.001 **PIR-Hartschaum-Schalen, Gips oder Zementüberstrich und Umhüllung aus Hart-PVC-Folie**
Schalen aus PIR-Hartschaum, trocken am Rohr montiert, mit galvanisiertem Draht befestigt, Umhüllung aus Hart-PVC-Folie, verschweisst.
- 102.03.000 **PIR-Hartschaum-Schalen, Umhüllung aus Leichtmetallblech**
Schalen aus PIR-Hartschaum, trocken am Rohr montiert, mit galvanisiertem Draht befestigt, Umhüllung gesickt und geschraubt oder genietet.
- 102.06.000 **PIR-Hartschaum-Schalen, Feuchtigkeitsschutz**
Schalen aus PIR-Hartschaum, mit galvanisiertem Draht am Rohr befestigt, Umhüllung mit Dachpappe und Baumwollgewebebandagen, Bitumenüberstrich oder: Bitumenüberstrich, Baumwollgewebebandagierung, zweiter Bitumenüberstrich.
- 102.07.000 **PIR-Hartschaum-Schalen, Gips- oder Weisszementüberstrich**
Schalen aus PIR-Hartschaum, trocken am Rohr montiert, mit galvanisiertem Draht befestigt mit Gips oder Weisszement leicht überstrichen.
- 102.12.000 **PIR-Hartschaum-Schalen, Umhüllung aus Alu-Grobkornfolie 0,3 mm**
Schalen aus PIR-Hartschaum, trocken am Rohr montiert, mit galvanisiertem Draht befestigt. Umhüllung aus Alu-Grobkornfolie mit Klammern oder Stahlstiften montiert.
- 103.03.000 **Ortschaum aus PUR, Umhüllung aus Leichtmetall**
Isolieren der bauseits bereits korrosionsgeschützten Rohre mit Ortschaum. Befestigen von Distanzhalterungen aus Hartschaum, ca. 50 mm breit, in Abständen bis ca. 1000 mm am Rohr befestigt. Umhüllung aus Leichtmetall- oder galvanisiertem Stahlblech. Längs- und Quernähte gesickt, gedichtet und geschraubt oder genietet. Hohlraum ausgeschäumt. Einfüllöffnungen verschlossen.

12. Ausführungsbeschriebe für Dämmungen der Armaturen

1. **Armaturen fix** (nicht demontierbar)
Ausführung der Dämmung analog der Rohr-Dämmung

2. **Armaturen demontierbar** (geflanschte Armaturen)

513.00.000 a) Kappen aus Hart-Kunststoff (Wanddicke min. 3 mm), zwei- oder mehrteilig, Befestigung mit Kunststoff- oder Metallbändern und Schnellverschlüssen.

501.03.000 b) Kappen aus Blech, einfachwandig (Blechdicke 1 mm), zwei- oder mehrteilig, Befestigung mit Metallbändern und Schnellverschlüssen

514.00.000 c) Dämmkissen aus Glasfasergewebe mit Spezialbeschichtung, ein- oder mehrteilig, Befestigung mit Metallbändern und Schnellverschlüssen

Dämmung der Kappen oder Kissen mit Mineralwollschalen, Platten oder Matten, der Armatur und Kappe entsprechend konfektioniert und an der Innenseite befestigt.

13. Ausführungsbeschriebe für Dämmungen der Apparate

801.00.000 **Anorganische Faserstoffe, roh**
mit galvanisiertem Draht oder Stahlband befestigt.

801.03.000 **Anorganische Faserstoffe, Umhüllung aus Leichtmetallblech**
Faserstoffe mit galvanisiertem Draht oder Stahlband zwischen abisolierte Distanzhalter-Konstruktion befestigt. Umhüllung gesickt und geschraubt oder genietet.

803.03.000 **Ortschaum aus PUR, Umhüllung aus Leichtmetallblech**

803.04.000 **Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech**
Direkt verschäumt hinter Blechumhüllung. Umhüllung gesickt, abgedichtet, verschraubt oder genietet.

Mitglieder der Technischen Kommission:

- **Heinrich Vogt, Obmann**
Novisol AG, Rheinfelden
- **Walter Baumann**
Schneider Dämmtechnik AG, Winterthur
- **Walter Jehle**
Novisol AG, Rheinfelden
- **Fredy Kleeb**
Lambda Dämmtechnik AG, Bern
- **Gerd Müller**
Steiert Isolierungen AG, Rheinfelden

Weitere Publikationen:

Richtlinien für Dämmungen im Tauwasserbereich 1996

Richtlinien für Dämmungen im Lüftungs- und Klimaanlagen im Bereich Haustechnik, 1996

Richtlinien für Wärmedämmungen von technischen Anlagen im Temperaturbereich von 100 °C bis 650 °C

Empfehlung SIA 380/3 (1990): Wärmedämmung von Leitungen, Kanälen und Behältern in Gebäuden

\\Pro-1\sys\WORD\VSI\ORIGINAL\HAUSTE.DOC

Aktuell in Bearbeitung von der Technischen Kommission ISOLSUISSE

**Richtlinien für
Dämmungen von
Lüftungs- und Klimaanlage
im Bereich Haustechnik**

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Ziel

0. Zweck und Geltungsbereich

- 0.1 Zweck
- 0.2 Geltungsbereich
- 0.3 Mitgeltende Bestimmungen

1. Verständigung / Begriffe

- 1.1 Lüftungssysteme
- 1.2 Dämmtechnische Begriffe
- 1.3 Konstruktionsbegriffe

2. Planung

- 2.1 Allgemeine Planungshinweise
- 2.2 Wärmeschutz
- 2.3 Tauwasserschutz
- 2.4 Brandschutz
- 2.5 Schallschutz
- 2.6 Datenblatt
- 2.7 Anhang

3. Berechnungsmethoden

- 3.1 Wärmeübertragung
- 3.2 Temperaturänderung
- 3.3 Wärmedurchgangskoeffizient (k-Wert)
- 3.4 Oberflächentemperatur
- 3.5 Vermeidung von Oberflächentauwasser
- 3.6 Feuchtezunahme im Dämmstoff
- 3.7 Sperrwert
- 3.8 Dampfdruckgefälle
- 3.9 Schalldämpfung

4. Dämmstoffe

- 4.1 Hilfswerkstoffe
- 4.2 Abläutungen, Umhüllungen
- 4.3 Anwendung der Dämmungen nach Montageort

5. Ausführungsbeschriebe

- 5.1 Wärmeschutz
- 5.2 Tauwasserschutz
- 5.3 Brandschutz
- 5.4 Schallschutz

Vorwort

In kaum einem Bereich der Dämmtechnik ist das Übereinstimmen und Planen von

- Wärmeschutz
- Tauwasserschutz
- Brandschutz
- Schallschutz

so notwendig, wie bei lufttechnischen Anlagen.

Ziel

Schutz gegen Energieverluste, Temperaturabfall, Tauwasserbildung und Durchfeuchtung von technischen Dämmungen. Erfüllen der Anforderungen an Schall- und Brandschutzsysteme.

0. Zweck und Geltungsbereich

0.1 Zweck

Die vorliegende VSI-Richtlinie enthält Grundlagen für die Planung und Ausführung der Dämmungen, die die technischen Anforderungen und die gesetzlichen Verordnungen erfüllen.

Diese Richtlinie umfasst den heutigen Stand der Technik.

0.2 Geltungsbereich

Diese Richtlinie hat Geltung für Dämmungen im Bereich Haustechnik, für Temperaturen von ca. -20°C (tiefste Aussentemperatur) bis ca. +50°C.

Nicht behandelt werden in diesen Richtlinien

- Industrielle Rauchgas- und Abgaskanäle von über 50°C
- Kanal-Innendämmungen
- Selbsttragende Brandschutzverkleidungen

- Normen und Empfehlungen des SIA im allgemeinen

Im speziellen Empfehlung SIA 380/3, Wärmedämmung in Haustechnik-Anlagen

- Empfehlung SIA 181, Schalldämmung im Hochbau
- Eidgenössische und kantonale Energiegesetze Rechtserrasse Verordnungen Vorschriften
- Betriebsinterne Normen Richtlinien Anweisungen Empfehlungen
- Wegleitung der Feuerpolizeivorschriften der Vereinigung Kantonaler Feuerversicherung (VKF)
- Brandschutzdossier Brand-Vornütungsdienste für Industrie und Gewerbe
- Brandschutzregister, VKF Verzeichnis der technischen Auskünfte

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOL SUISSE

0.3 Mitgeltende Bestimmungen

1. Verständigung

1.1 Im allgemeinen sind Aussen- und Zuluftkanäle resp. Rohre zu dämmen. Besteht die Gefahr von Tauwasserbildung, so muss die Umhüllung resp. Ummantelung eine lückenlose Dampfbremse bilden. Um-, Ab- und Fortluftkanäle resp. Rohre sind in den meisten Fällen nicht zu dämmen. Eine Ausnahme können Anlagen mit Wärmerückgewinnung, Sonder- und Industrieanlagen bilden.

1.2 Dämmtechnische Begriffe

1.2.1 Dämmsystem

Mehrschichtiger Aufbau von chemisch und physikalisch aufeinander abgestimmter Komponenten.

1.2.2 Wärmeschutz

Schicht aus dämmenden Stoffen, abgestimmt auf die Temperaturverhältnisse.

1.2.3 Tauwasserschutz

Aufbau von dämmenden und als Dampfbremse resp. Dampfsperre wirkende Materialien, um Tauwasser und unzulässige Feuchtigkeitsaufnahme zu vermeiden.

1.2.4 Brandschutz

Platten oder Matten von vorgeschriebener RD, mit oder ohne Beschichtung oder zusätzliche Umhüllung, appliziert gemäss Anforderungen und Empfehlungen. Die Baustoffe müssen den Anforderungen gemäss Klassierung der VKF entsprechen.

- Klassierung „Brennbarkeit und Qualmbildung“ Brandkennziffer BKZ
- Klassierung Technische Auskunft TA Brandschutzregister VKF

1.2.5 Schallschutz

Kombination von verschiedenen Platten und Matten mit unterschiedlicher RD, Umhüllung oder Armierung. Die Anforderungen an den

Schutz gegen Geräusche von haustechnischen Anlagen sind erfüllt, wenn der betreffende Zahlenwert im Nutzungsbereich erreicht oder unterschritten wird.

1.2.6 Dampfbremse

Schicht mit einem Diffusionswiderstand $\mu \cdot s \geq 10$ (m).

1.2.7 Dampfsperre

- Schicht aus Werkstoffen, die nachweisbar keinen Dampfdurchgang zulassen und eine entsprechende Verarbeitung erfordert.
- Geschlossenzellige Stoffe mit hohem Wasserdampfdiffusionswiderstand wie synthetische Kautschuk.

1.2.8 Anstieigungstemperatur

Die den Berechnungen zugrunde gelegte max. Temperatur für Betrieb und Umgebung.

1.3 Konstruktionsbegriffe

1.3.1 Befestigungsmittel

Materialien zum Befestigen der Dämmsysteme.

1.3.2 Stützkonstruktion

Stützkonstruktionen halten die Ummantelung im Abstand der Dämmdicke vom Objekt.

1.3.3 Tragkonstruktion

Bei Dämmungen an senkrechten oder stark geneigten Objekten ist das Gewicht der Dämmung durch Tragkonstruktionen aufzunehmen.

1.3.4 Umhüllung

Schutzschicht der Dämmung vor äusseren Einflüssen, welche separat montiert wird oder als äussere abgedichtete Schicht der Dämmung erstellt wird. Diese kann auch die Funktion einer Dampfbremse resp. Dampfsperre übernehmen.

2. Planung

2.1 Allgemeine Planungshinweise

Die Dämmungen haben in Bezug auf Qualität dem jeweiligen Stand der Technik zu entsprechen. Die Dämmstoffe sind dem Temperaturniveau des Mediums entsprechend auszuwählen. Es sind solche Dämmstoffe zu verwenden, die ihre Dämmwirkung (Wärmeleitung, Formstabilität) bei vorgegebenen Betriebsbedingungen unverändert beibehalten. Die zur Verwendung gelangenden Stoffe müssen mit den angrenzenden Materialien verträglich sein. Dämmstoffe dürfen keine Bestandteile enthalten, die bei der vorgesehenen Betriebsart schädlich auf die zu dämmende Installation einwirken können. Art und Werkstoff der zu dämmenden Systeme müssen bekannt sein. Es sind nur solche Werkstoffe zu verwenden, die den Anforderungen bezüglich Gesundheit und Umweltschutz entsprechen. Insbesondere gilt dies für geschäumte Isolierstoffe, Klebstoffe und Anstriche.

Planungshinweise für Architekten und Ingenieure

Erfassen von Mediumtemperatur, Umgebungstemperatur, relativer Feuchtigkeit, Betriebsarten, Umwelteinflüssen (siehe Datenblatt). Festhalten des Verwendungszweckes der Räume, z.B. Computerraum, Lebensmittellager. Beachten der brandschutztechnischen Vorschriften, Brandabschnitte, Durchbrüche. Bestimmen der gewünschten Lebensdauer der Anlage und des Dämmsystems. Wählen des Dämmsystems nach Anwendungsbereich. Konzipieren der Anlage, unter Berücksichtigung, dass das Dämmsystem gewartet werden muss. Lufttechnische Anlagen müssen so geplant sein, dass um das Dämmsystem ein ausreichender Abstand vorhanden ist. Zur Vermeidung von Wärme- und Schallbrücken dürfen die Anlagenteile und ihre Halterungen bzw. Befestigungen keine direkten Verbindungen aufweisen. Thermometerstützen, Fühler usw. müssen mindestens 20 mm über das Dämmsystem herausragen. Die gedämmten Anlagenteile dürfen nicht für die Befestigung von anderen Installationen vorgesehen werden. Wand- und Deckendurchbrüche müssen die Einhaltung der Dämmdicke sowie die Ausführung des vorgesehenen Dämmsystems gewährleisten. Abmessungen der Rohre und Kanäle müssen im Detail aufgeführt werden. Die nachfolgend aufgeführten Montagevoraussetzung für Installations- und Isolierfirmen müssen bauseitig erfüllt werden.

Montagevoraussetzungen für Installations- und Isolierfirmen

Das bauseits vorgesehene Dämmsystem ist aufgrund der angegebenen technischen Daten zu überprüfen. Die zu dämmenden Anlagenteile sind auf Eignung der gestellten Anforderungen zu prüfen (Ort, Zugänglichkeit). Die zu dämmenden Anlagenteile müssen schmutz-, rost- und fettfrei sein. Lufttechnische Anlagen müssen so montiert sein, dass um das vorgesehene Dämmsystem ein ausreichender Abstand vorhanden ist; sie müssen allseitig zugänglich sein. Die korrosionsgefährdeten Anlagenteile sind gemäss den Richtlinien für Korrosionsschutz zu behandeln. Zur Vermeidung von Wärme- und Schallbrücken dürfen die Anlagenteile und ihre Halterungen bzw. Befestigungen keine direkten Verbindungen aufweisen. Das Dämmsystem muss auch im Bereich der Boden-, Wand- und Deckendurchführungen die Anforderungen erfüllen. Bezeichnungsschlider und elektrische Anschlussleitungen dürfen nicht direkt auf die zu dämmenden Anlagenteile montiert werden. Thermometerstützen, Fühler, usw. müssen mindestens 20 mm über das Dämmsystem herausragen. Schäum- und Klebearbeiten dürfen bei Lufttemperaturen an der Verarbeitungsstelle unter +10°C und bei einer relativen Luftfeuchtigkeit über 90 % nicht ausgeführt werden. Arbeiten im Freien dürfen ausserdem nicht bei Schnee und Regen ausgeführt werden. Können diese Forderungen nicht eingehalten werden, sind besondere Massnahmen, z.B. Wetterschutz, Vorwärmen des Objektes, zu vereinbaren. Die Temperatur des Objektes und der Ummantelung muss mindestens +10°C, darf jedoch höchstens 45°C betragen. Die Flächen der vom Schaum bzw. Klebstoff berührten Teile müssen trocken sein. Diese Montagevoraussetzungen für Installations- und Isolierfirmen müssen bauseitig erfüllt werden. Montage- und Anwendungsvorschriften von Produzenten und Lieferanten müssen befolgt werden.

2.2 Wärmeschutz

Hinweis:

Lüftungskanäle, deren Mediumtemperatur die Temperatur der Umgebungsluft um 5 K und mehr übersteigt, müssen gedämmt werden. Liegt die Temperatur im Lüftungskanal unter der Temperatur der Umgebungsluft, so ist Abschnitt 2.3 Tauwasserschutz, massgebend.

**k-Werte für Dämmsysteme mit verschiedenen Dämmstoffen, exkl. Zuschläge für Wärmebrücken usw.
W/(m²K)**

Dämmstoff	Dämmdicke in mm					
	30	40	50	60	80	100
Lamellmatte	1.09	0.86	0.71	0.60	0.46	0.33
Drahtnetzmatte	1.00	0.78	0.64	0.55	0.42	0.34
Brandmatte	1.05	0.82	0.68	0.57	0.44	0.36
Brandplatte	0.95	0.75	0.61	0.52	0.40	0.32

Berechnungsgrundlagen: Wärmeleitfähigkeit bei 20°C

- Lamellmatte ca. 32kg/m³ 0.040 W/(mK)
- Drahtnetzmatte ca. 80 kg/m³ 0.036 W/(m K)
- Brandmatte ca. 80 kg/m³ 0.038 W/(m K)
- Brandplatte ca. 120 kg/m³ 0.034 W/(m K)

Wärmeübergangs-Koeffizienten

- innere Kanaloberfläche 25 W/(m²K)
- äussere, gedämmte Oberfläche 8 W/(m²K)

Wir empfehlen, die Wärmedämmung so auszuführen, dass der Wärmeverlust max. ca. 15 W/m² beträgt.

Zahlenbeispiel:

Bei einem zulässigen Wärmeverlust von 15 W/m² und einem Temperaturgefälle von 15 K ergibt sich ein max. zulässiger k-Wert von 15/15 = 1.00 W/(m²K); bei Verwendung von Lamellmatten muss die Dämmdicke also 40 mm betragen, bei Verwendung von Drahtnetzmatte 30 mm.

2.3 Tauwasserschutz

Hinweise:

Dämmungen für Lüftungskanäle, deren Medientemperatur unter der Umgebungstemperatur liegt, müssen folgende Aufgaben erfüllen:

- Vermeidung von Oberflächen-Tauwasser,
- Vermeidung unzulässiger Feuchtezunahmen im Dämmsystem,

Schutz des Mediums vor Erwärmung (Verminderung des Wärmeeinfalls). Wir empfehlen, die Wärmedämmung so auszuführen, dass der Wärmeeinfall max. ca. 15 W/m² beträgt. Wo nötig, sind die Dämmstoffe und

Dampfbremsen mit einer Umhüllung zu schützen. Diese Umhüllung kann, entsprechend gedichtet, zugleich als Dampfbremse dienen.

Speziell zu beachten ist:

- Die Oberflächen der Lüftungskanäle müssen vor Korrosionen geschützt werden.
- Die Wärmedämmung muss bei Kanälen und Rohren vollumfänglich verlegt werden (also bei Kanälen auf allen vier Seiten).
- Auch die Kanalverbindungen müssen einwandfrei mit der gleichen Dämmdicke gedämmt werden.
- Damit sich bei Aufhängekonstruktionen kein Tauwasser bilden kann, sind diese wärmegeklärt auszuführen.
- Für die Befestigung des Dämmstoffs dürfen keine Stic-Clips verwendet werden. Bei Verwendung von Matten oder Platten mit gitterverstärkten Alukraft-Folien, müssen alle Längs- und Querstösse mit Aluklebeband verklebt werden, die den gleichen Sperrwert wie das Dämmsystem aufweisen.
- Blechumhüllungen, die gleichzeitig als Dampfbremse dienen, sind entsprechend zu dichten.
- Bei hohen Luftfeuchtigkeiten müssen durchgehende Wärmebrücken vermieden werden.

Nötige Dämmdicken in mm zur Vermeidung von Oberflächen-Tauwasser

Temperaturgefälle K	Zulässige Untertemperatur K	Rohr-Aussendurchmesser in mm									
		100		200		500		1000		Ebene	
		C=2.5	C=5.0	C=2.5	C=5.0	C=2.5	C=5.0	C=2.5	C=5.0	C=2.5	C=5.0
5	3	5	4	6	4	6	4	6	4	6	4
	4	2	1	2	1	2	1	2	1	3	2
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	3	16	11	17	12	19	13	20	13	20	13
	4	10	7	11	7	12	8	33	8	20	8
	5	7	5	7	5	8	6	8	6	8	6
	6	5	4	5	4	6	4	6	4	6	4
	8	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	3	34	24	39	27	45	30	48	31	48	31
	4	24	17	28	19	35	21	33	22	33	22
	5	18	13	21	15	24	16	24	16	24	16
	6	15	11	16	11	18	12	18	12	18	12
	8	10	7	11	7	11	8	11	8	11	8
10	6	5	7	5	7	5	7	5	7	5	
30	3	50	35	58	40	69	46	76	49	76	49
	4	37	27	43	29	50	34	53	35	53	35
	5	28	21	33	23	38	26	39	26	39	26
	6	23	17	27	18	30	21	34	21	31	21
	8	16	12	18	13	20	14	20	14	20	14
10	12	8	13	10	14	10	14	10	14	10	
40	3	66	46	77	54	94	62	104	67	104	67
	4	49	35	57	40	68	45	73	48	73	48
	5	43	30	50	35	60	40	63	42	63	42
	6	35	26	41	29	49	33	50	34	50	34
	8	26	18	29	21	34	23	34	23	34	23
10	18	13	22	16	25	17	25	17	25	17	
50	3	79	57	95	66	118	77	131	84	132	85
	4	60	43	74	50	85	57	93	61	93	61
	5	51	34	56	39	67	45	70	47	70	47
	6	41	28	45	32	55	37	56	38	56	38
	8	28	21	33	23	38	26	38	26	38	26
10	22	16	24	18	28	20	28	20	28	20	

Für die Berechnung der vorangehenden Tabelle dienen folgende Basiswerte:

- Umgebungsklima °C, kein Wind
- Wärmeleitfähigkeit des ämstofffs 0.040 W/(mK)
- Strahlungszahl C W/m²K
- für metallische Umhüllung 2,50
- nichtmetallische Oberfläche 5,0

Für andere Berechnungsgrundlagen verweisen wir auf Abschnitt 3.50 Bestimmung der Dämmdicke zur Vermeidung von Oberflächen-Tauwasser.

Die zulässige Untertemperatur kann der Tabelle „Taupunkttemperaturen“ entnommen werden bzw. analog nachfolgendem Zahlenbeispiel bestimmt werden:

Ein Lüftungskanal führe durch einen Raum, der eine Raumtemperatur von 25°C und eine relative Raumluftfeuchtigkeit von 80% aufweise. Gemäss Tabelle im Anhang „Taupunkttemperaturen“ beträgt die Taupunkttemperatur dieser Raumluft 21.3°C. Somit ist die maximal zulässige Untertemperatur 25.0-21.3 = 3.7 K.

Zahlenbeispiel:

Lüftungskanal, Zuluft -15°C (somit Temperaturgefälle 40K), zulässige Untertemperatur maximal 4K. Bei Verwendung von Lamellmatten, C=2,5 W/(m²K), ist eine Dämmdicke von 73 mm nötig; C=5.0 W/(m²K), ist eine Dämmdicke von 48 mm nötig.

Beträgt dagegen die Untertemperatur 10 K, genügt für Lamellenmatten eine Dämmdicke von 21 mm und für synthetischen Kautschuk 15 mm.

Vermeidung unzulässiger Feuchtezunahmen im Dämmsystem

Ist bei einem gedämmten Lüftungskanal der Wasserdampfdruck der Umgebungsluft höher als der Wasserdampfdruck der unmittelbar an die Oberfläche, des Lüftungskanals angrenzenden Luftschicht, so bewirkt dieses Dampfdruckgefälle einen Dampfdurchgang - Dampfdiffusion - durch das Dämmsystem. Die Dampfmenge, die in das Dämmsystem eindiffundiert, hängt ab vom Dampfdruckgefälle und vom Diffusionswiderstand des Dämmsystems. Der eindiffundierende Wasserdampf kondensiert, wenn er von der im porösen Dämmstoff vorhandenen Luft nicht mehr aufgenommen werden kann.

Feuchtezunahme in Dämmungen von Lüftungskanälen in Vol-%/a

Dampfdruckgefälle	Dämmdicke in mm	Sperrwert der Dampfbremse in mm					
		10	20	50	100	200	500
100	30	0.19	0.10	0.04	0.02	0.01	0.01
	40	0.15	0.07	0.03	0.01	0.01	0.01
	50	0.12	0.06	0.02	0.01	0.01	0.01
	60	0.10	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01
	80	0.07	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01
	100	0.06	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01
200	30	0.39	0.19	0.08	0.04	0.02	0.01
	40	0.29	0.13	0.06	0.03	0.01	0.01
	50	0.23	0.12	0.05	0.02	0.01	0.01
	60	0.19	0.10	0.04	0.02	0.01	0.01
	80	0.15	0.07	0.03	0.01	0.01	0.01
	100	0.12	0.06	0.02	0.01	0.01	0.01
500	30	0.77	0.49	0.19	0.10	0.05	0.02
	40	0.73	0.37	0.15	0.07	0.04	0.01
	50	0.58	0.29	0.12	0.06	0.03	0.01
	60	0.49	0.24	0.10	0.05	0.03	0.01
	80	0.37	0.18	0.07	0.04	0.02	0.01
	100	0.29	0.15	0.06	0.03	0.02	0.01
1000	30	1.95	0.97	0.39	0.29	0.10	0.04
	40	1.46	0.73	0.29	0.19	0.07	0.03
	50	1.17	0.58	0.23	0.12	0.06	0.02
	60	0.97	0.49	0.19	0.10	0.05	0.02
	80	0.73	0.37	0.15	0.07	0.04	0.01
	100	0.58	0.29	0.12	0.06	0.03	0.01
2000	30	3.89	1.95	0.78	0.39	0.19	0.08
	40	2.92	1.46	0.58	0.29	0.15	0.06
	50	2.34	1.17	0.47	0.23	0.12	0.05
	60	1.95	0.97	0.39	0.19	0.10	0.04
	80	1.46	0.73	0.29	0.15	0.07	0.04
	100	1.17	0.58	0.24	0.12	0.06	0.02

Maximal zulässige Feuchtigkeitsmengen in Dämmstoffen:

- Mineralfaser-Dämmstoffe 1 Vol-%
- Kunststoffschäume
- offenzellig 1 Vol-%
- gemischtzellig 3 Vol-%
- geschlossenzellig 5 Vol-%

Zahlenbeispiel 1:

Bei einem Dampfdruckgefälle von 500 Pa, einer Dämmdicke von 60 mm und einem Sperrwert der Dampfbremse von 50 m beträgt die jährliche Feuchtezunahme im Dämmstoff 0.10 Vol-% (bzw. 1.0 Vol-% in 10 Jahren).

Zahlenbeispiel 2:

Das Umgebungsklima sei 20 °C, 50 % rF und die Temperatur im Lüftungskanal 5°C. Dann ist der Dampfdruck der Umgebungsluft 1170 Pa, der Dampfdruck zwischen Kanal und Dämmung (Annahme: Luftfeuchtigkeit 100 %) 872 Pa und somit das Dampfdruckgefälle 298 Pa. Beträgt die Dämmdicke 60 mm und der Sperrwert 20 m, so ergibt sich in diesem Dämmsystem eine Feuchtezunahme von 0.15 Vol-%/a.

2.4 Brandschutz

Die mit einer TA (Technischen Auskunft) der VKF (Vereinigung kantonaler Feuerversicherungsanstalten) beurteilten Brandschutzverkleidungen von Lüftungskanälen und -rohren sind im „Brandschutzregister“ der VKF aufgeführt. Für die Verkleidung von Lüftungskanälen und -rohren mit Mineralfasermatten oder -platten müssen folgende minimalen Dämmdicken vorgesehen werden (geprüfte Produkte).

Rohre und Kanäle Rohre
Raumgewicht 80 kg/m³ (Matten)
Für F30 50 mm
Für F60 100 mm
Für F90 120 mm

Kanäle
Raumgewicht 120 kg/m³ (Platten)
30 + 30 = 60 mm 2-lagig
30 + 40 = 70 mm 2-lagig
50 + 50 = 100 mm 2-lagig

Besonders zu beachten sind:

- Kantonale Vorschriften
- Befestigung des Dämmstoffs Kanaldurchführungen durch Wände, insbesondere bei Brandabschnitten. Ausführung der Aufhängekonstruktionen.

2.5 Schallschutz

Schalldämpfung

Auf seinem Weg vom Ventilator über Kanäle/Rohre zum Luftauslass erfährt der Schall eine sog. „natürliche Dämpfung“ (im Gegensatz zur „künstlichen Dämpfung“ mit Schalldämpfern), für die in der Regel nur geringe Kosten aufzuwenden sind, z.B. durch innere Auskleidung der Kanäle mit schallabsorbierenden Dämmstoffen. Bei inneren Auskleidungen muss Abfaserung vermieden werden (Reinalufolie, Anstriche mit Wasserglas oder Dispersion).

Schalldämmung

Die Schalldämmung von Kanälen/Rohren verbessert z.B. durch Erhöhung des Flächengewichts der Ummantelung, wobei letztere schallbrückenfrei verlegt sein muss. Zu beachten ist, dass die Aufhängekonstruktion schwingungsgedämmt montiert wird.

Unterschreiten der obgenannten Verkleidungsdicken sind jedoch mit entsprechenden Prüfungen nachzuweisen.

2.6 Datenblatt

Firma _____ Ort _____
Adresse _____ Tel. _____
Branche _____

Anlage _____
Ort _____
Ziele der Dämmung _____

1. Das Dämmsystem ist wie folgt zu spezifizieren:

Mindest-Dämmdicke gemäss Energieverordnung _____ ja/nein
Wirtschaftliche Dämmdicke _____ ja /nein
Max. zulässiger Temperaturabfall. _____ ° C/Std.
Tauwasservermeidung _____ ja/nein

2. Technische Daten

Medium (Zuluft/Abluft/Umluft usw.) _____
– Strömungsgeschwindigkeit _____ m/s
– Temperatur _____ ° C
– rel. Luftfeuchtigkeit _____ %

Umgebung _____
– Temperatur _____ ° C
– Rel. Luftfeuchtigkeit _____ %
– Windanfall _____ m/sec.

Betriebsart _____
– Dauerbetrieb _____ ja/nein*
– intermittierender Betrieb _____ ja/nein*
– Stillstandszeit pro Unterbruch _____ Std.
Gewünschte Lebensdauer _____ Jahre
Montageorte _____

3. Umwelteinflüsse

Wasser (z.B. Spritzwasser, etc.) _____
Mech. Einflüsse _____
Dämpfe und Säuren _____

*Nichtzutreffendes streichen

4. Anlagespezifikation

Material Stahlqualität* _____
 Chromstahl* _____
 Kupfer* _____
 Kunststoff* _____

5. Korrosionsschutz _____

6. Schallschutz _____

7. Brandschutz _____

Brandkennziffer* Feuerwiderstandsklasse*
BKZ F30/F60/F90

8. Dimensionen und Masse

aus Plan Nr. _____
Vorausmass vom _____ durch _____

9. Angabe zur Montage

Die Räume, in denen die Arbeiten ausgeführt werden sollen, sind begehrbar*/befahrbar*/bekriechbar

10. Allfällige Vorbehalte _____

Aufgrund der vorliegenden Angaben wird das Dämmsystem bestimmt.

Ort und Datum: _____

Für die Richtigkeit: _____

*Nichtzutreffendes streichen

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

2.7 Anhang

2.7.1 Taupunkttemperaturen

Lufttemperatur X °C	Taupunkttemperatur θ_s ¹⁾ in °C bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von													
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
30	10.5	12.9	14.9	16.8	18.4	20.0	21.4	22.7	23.9	25.1	26.2	27.2	28.2	29.1
29	9.7	12.0	14.0	15.9	17.5	19.0	20.4	21.7	23.0	24.1	25.2	26.2	27.2	28.1
28	8.8	11.1	13.1	15.0	16.6	18.1	19.5	20.8	22.0	23.2	24.2	25.2	26.2	27.1
27	8.0	10.2	12.2	14.1	15.7	17.2	18.6	19.9	21.1	22.2	23.3	24.3	25.2	26.1
26	7.1	9.4	11.4	13.2	14.8	16.3	17.6	18.9	20.1	21.2	22.3	23.3	24.2	25.1
25	6.2	8.5	10.5	12.2	13.9	15.3	16.7	18.0	19.1	20.3	21.3	22.3	23.2	24.1
24	5.4	7.6	9.6	11.3	12.9	14.4	15.8	17.0	18.2	19.3	20.3	21.3	22.2	23.1
23	4.5	6.7	8.7	10.4	12.0	13.5	14.8	16.1	17.2	18.3	19.4	20.3	21.3	22.2
22	3.6	5.9	7.8	9.5	11.1	12.5	13.9	15.1	16.3	17.4	18.4	19.4	20.3	21.2
21	2.8	5.0	6.9	8.6	10.2	11.6	12.9	14.2	15.3	16.4	17.4	18.4	19.3	20.2
20	1.9	4.1	6.0	7.7	9.3	10.7	12.0	13.2	14.4	15.4	16.4	17.4	18.3	19.2
19	1.0	3.2	5.1	6.8	8.3	9.8	11.1	12.3	13.4	14.5	15.5	16.4	17.3	18.2
18	0.2	2.3	4.2	5.9	7.4	8.8	10.1	11.3	12.5	13.5	14.5	15.4	16.3	17.2
17	-0.6	1.4	3.3	5.0	6.5	7.9	9.2	10.4	11.5	12.5	13.5	14.5	15.3	16.2
16	-1.4	0.5	2.4	4.1	5.6	7.0	8.2	9.4	10.5	11.6	12.6	13.5	14.4	15.2
15	-2.2	-0.3	4.5	3.2	4.7	6.1	7.3	8.5	9.6	10.6	11.6	12.5	13.4	14.2
14	-2.9	-1.0	0.6	2.3	3.7	5.1	6.4	7.5	8.6	9.6	10.6	11.5	12.4	13.2
13	-3.7	-1.9	-0.1	1.3	2.8	4.2	5.5	6.6	7.7	8.7	9.6	10.5	11.4	12.2
12	-4.5	-2.6	-1.0	0.4	1.9	3.2	4.5	5.7	6.7	7.7	8.7	9.6	10.4	11.2
11	-5.2	-3.4	-1.8	-0.4	1.0	2.3	3.5	4.7	5.8	6.7	7.7	8.6	9.4	10.2
10	-6.0	-4.2	-2.6	-1.2	0.1	1.4	2.6	3.7	4.8	5.8	6.7	7.6	8.4	9.2

¹⁾ Näherungsweise darf gradlinig poliert werden.

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISO 15926

Wasserdampf- Sättigungsdrücke

Temperatur °C	Wasserdampf-Sättigungsdruck Pa									
	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
30	4244	4269	4294	4319	4344	4369	4394	4419	4445	4469
29	4006	4030	4053	4077	4101	4124	4148	4172	4196	4219
28	3781	3803	3826	3848	3871	3894	3916	3939	3961	3984
27	3566	3588	3609	3631	3652	3674	3695	3717	3739	3759
26	3362	3382	3403	3423	3443	3463	3484	3504	3525	3544
25	3169	3188	3208	3227	3246	3266	3284	3304	3324	3343
24	2985	3003	3021	3040	3059	3077	3095	3114	3132	3151
23	2810	2827	2845	2863	2880	2897	2915	2932	2950	2968
22	2645	2661	2678	2695	2711	2727	2744	2761	2777	2794
21	2487	2504	2518	2535	2551	2566	2582	2598	2613	2629
20	2340	2354	2369	2384	2399	2413	2428	2443	2457	2473
19	2197	2212	2227	2241	2254	2268	2283	2297	2310	2324
18	2065	2079	2091	2105	2119	2132	2145	2158	2172	2185
17	1937	1950	1963	1976	1988	2001	2014	2027	2039	2052
16	1918	1830	1841	1854	1866	1878	1889	1901	1914	1926
15	1706	1717	1729	1739	1750	1762	1773	1784	1795	1806
14	1599	1310	1621	1631	1642	1653	1663	1674	1684	1695
13	1498	1508	1518	1528	1538	1548	1559	1569	1578	1588
12	1403	1413	1422	1431	1441	1450	1460	1470	1479	1488
11	1312	1321	1330	1340	1349	1358	1367	1375	1385	1394
10	1228	1237	1245	1254	1262	1270	1279	1287	1296	1304
9	1148	1156	1163	1171	1179	1187	1195	1203	1211	1218
8	1073	1081	1088	1096	1103	1110	1117	1125	1133	1140
7	1002	1008	1016	1023	1030	1038	1045	1052	1059	1066
6	935	942	949	955	961	968	975	982	988	995
5	872	878	884	890	896	902	907	913	919	925
4	813	819	825	831	837	843	849	854	861	866
3	759	765	770	776	781	787	793	798	803	808
2	705	710	716	721	727	732	737	743	748	753
1	657	662	667	672	677	682	687	691	696	700
0	611	616	621	626	630	635	640	645	648	653
-0	611	605	600	595	592	587	582	577	572	567
-1	562	557	552	547	543	538	534	531	527	522
-2	517	514	509	505	501	496	492	489	484	480
-3	476	472	468	464	461	456	452	448	444	440
-4	437	433	430	426	423	419	415	412	408	405
-5	401	398	395	391	388	385	382	379	375	372
-6	368	365	362	359	356	353	350	347	343	340
-7	337	336	333	330	327	324	321	318	315	312
-8	310	306	304	301	298	296	294	291	288	286
-9	284	281	279	276	274	272	269	267	264	262
-10	260	258	255	253	251	249	246	244	242	239
-11	237	235	233	231	229	228	226	224	221	219
-12	217	215	213	211	209	208	206	204	202	200
-13	198	197	195	193	191	190	188	186	184	182
-14	181	180	178	177	175	173	172	170	168	167
-15	165	164	163	162	161	160	159	158	157	156
-16	150	149	148	146	145	144	142	141	139	138
-17	137	136	135	133	132	131	129	128	127	126
-18	125	124	123	122	121	120	118	117	116	115
-19	114	113	112	111	110	109	107	106	105	104
-20	103	102	101	100	99	98	97	96	95	94

3. Berechnungsmethoden

3.1 Wärmeübertragung

Allgemein:

$$Q = \frac{\Delta\theta}{R} \text{ Wärmestrom} = \frac{\text{Temperaturgefälle}}{\text{Wärmedurchgangswiderstand}} \quad (1)$$

Obige Beziehung entspricht dem Ohm'schen Gesetz;
Stromstärke = Spannung/elektrischer Widerstand

Ebene:

$$R_E = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{S_1}{\lambda_1} + \frac{S_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{S_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_a} \quad (2)$$

Hohlzylinder (Rohr):

$$R_R = \frac{1}{\pi\alpha_i d_i} + \frac{1}{2\pi\lambda_1} \ln \frac{d_1}{d_i} + \frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln \frac{d_2}{d_1} + \dots + \frac{1}{\pi\alpha_a d_a} \quad (3)$$

Q	Wärmestrom	
	- senkrecht durch Ebene (Wärmestromdichte)	W/m ²
	- radial durch Hohlzylinder	W/m
Δθ	Temperaturgefälle	K
R	Wärmedurchgangswiderstand	
R _E	senkrecht durch Ebene	m ² K/W
R _R	radial durch Hohlzylinder	m K/W
d	Durchmesser	m
s	Dämmdicke	m
	Wärmeübergangskoeffizient	
α _i	- innen	W/(m ² K)
α _a	- aussen	W/(m ² K)
λ	Wärmeleitfähigkeit	W/(m K)

Zahlenbeispiel 1

Lüftungskanal, mit Drahtnetzmatte 50 mm dick gedämmt, λ = 0.036 W/(m K).
Mit α_i = 25 W/(m²K) und α_a = 8 W/(m²K) wird:

$$R = \frac{1}{25} + \frac{0.050}{0.036} + \frac{1}{8} = 1.554 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Bei einem Temperaturgefälle von 20 K ergibt sich somit ein Wärmestrom von Q = 20/1.554 = 12.9 W/m².

Zahlenbeispiel 2

Lüftungsrohr Durchmesser 100 mm, mit Lamellmatten 30 mm dick gedämmt, $\lambda = 0.040 \text{ W/(m K)}$.
Mit $\alpha_i = 25 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ und $\alpha_a = 8 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ wird:

$$R = \frac{1}{\pi \cdot 25 \cdot 0.100} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 0.040} \cdot \ln \frac{0.160}{0.100} + \frac{1}{\pi \cdot 8 \cdot 0.160}$$

$$R = 0.127 + 1.870 + 0.249 = 2.249 = \text{m k/W}$$

Bei einem Temperaturgefälle von 20 K ergibt sich somit ein Wärmestrom von $Q = 20/2.246 = 8.9 \text{ W/m}$

3.2 Temperaturänderung

Strömendes Medium in Leitung:

$$\theta_{Me} = \theta_U + e \quad : \quad \frac{k_R L}{c \cdot m} \quad : \quad (\theta_{Ma} - \theta_U) \quad (4)$$

$$\text{Näherungsgleichung: } \Delta\theta_M = 3.6 \frac{Q_R}{c \cdot m} \cdot L \quad (5)$$

Q_R	mittlerer Wärmestrom	W/m
k_R	mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient	W/(mK)
L	Länge	m
c	spezifische Wärme	kJ/(kgK)
m	Massenstrom	kg/h
θ_U	Temperatur der Umgebung	°C
	Temperatur des Mediums	
θ_{Ma}	- am Anfang des Rohrs	°C
θ_{ME}	- am Ende des Rohrs	°C
$\Delta\theta$	Temperaturänderung des Mediums	°C
3.6	Umrechnungsfaktor $1 \text{ Wh} = 3.6 \text{ kJ}$	

Zahlenbeispiel 3

Durch das im Zahlenbeispiel 2 aufgeführte Lüftungsrohr strömen pro Stunde 250 kg Luft. Deren Temperatur beträgt am Anfang des Rohres 5 °C. Die Umgebungstemperatur sei 25 °C, das Temperaturgefälle also 20 K, wie im Zahlenbeispiel 2 erwähnt. Spezifische Wärme von Luft bei 10 °C = 1.0 kJ/(kgK). - Für eine 20 Meter lange Leitung ergibt sich mit diesen Daten gemäss Näherungsgleichung (5) folgende Temperaturänderung:

$$\Delta\theta = 3.6 \cdot \frac{8.9}{1.0 \cdot 250} \cdot 20 = 2.6 \text{ K}$$

Somit beträgt die Temperatur der Luft im Rohr nach 20 Metern $5.0 + 2.6 = 7.6 \text{ °C}$.

3.3. Wärmedurchgangskoeffizient (k-Wert)

Allgemein:

$$k = \frac{1}{R} \quad (6)$$

Ebene:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{s_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_a}} \quad (7)$$

k	Wärmedurchgangskoeffizient	W/(m ² K)
R	Wärmedurchgangswiderstand	m ² K/W
s	Dämmdicke	m
	Wärmeübergangskoeffizient	
α _i	- innen	W/(m ² K)
α _a	- aussen	W/(m ² K)
λ	Wärmeleitfähigkeit	W/(m K)

Zahlenbeispiel 4

Lüftungskanal, mit Drahtnetzmatte 50 mm dick gedämmt, λ = 0.036 W/(mK).
Mit α_i = 25 W/(m²K) und α_a = 8 W/(m²K) wird

$$k = \frac{1}{\frac{1}{25} + \frac{0.050}{0.036} + \frac{1}{8}} = 0.064 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

3.4 Oberflächentemperatur

$$\Delta\theta_o = \frac{k}{\alpha_a} \cdot \Delta\theta \quad (8)$$

$\Delta\theta_o$	Temperaturgefälle zwischen Oberfläche und Umgebung	K
$\Delta\theta$	Temperaturgefälle	K
α_a	Äusserer Wärmeübergangskoeffizient	W/(m ² K)
k	Wärmedurchgangskoeffizient	W/(m ² K)

Zahlenbeispiel 5

Beträgt das Temperaturgefälle $\Delta\theta = 10$ K, der Wärmedurchgangskoeffizient $k = 0.80$ W/(m²K) und der äussere Wärmedurchgangskoeffizient $\alpha_a = 8$ W/(m²K), so ergibt sich zwischen äusserer Oberfläche und Umgebung ein Temperaturgefälle von:

$$\Delta\theta_o = \frac{0.8}{8} \cdot 10 = 1 \text{ K}$$

Die äussere Oberflächentemperatur liegt also 1 K über bzw. unter der Umgebungstemperatur, je nach Richtung des Temperaturgefälles.

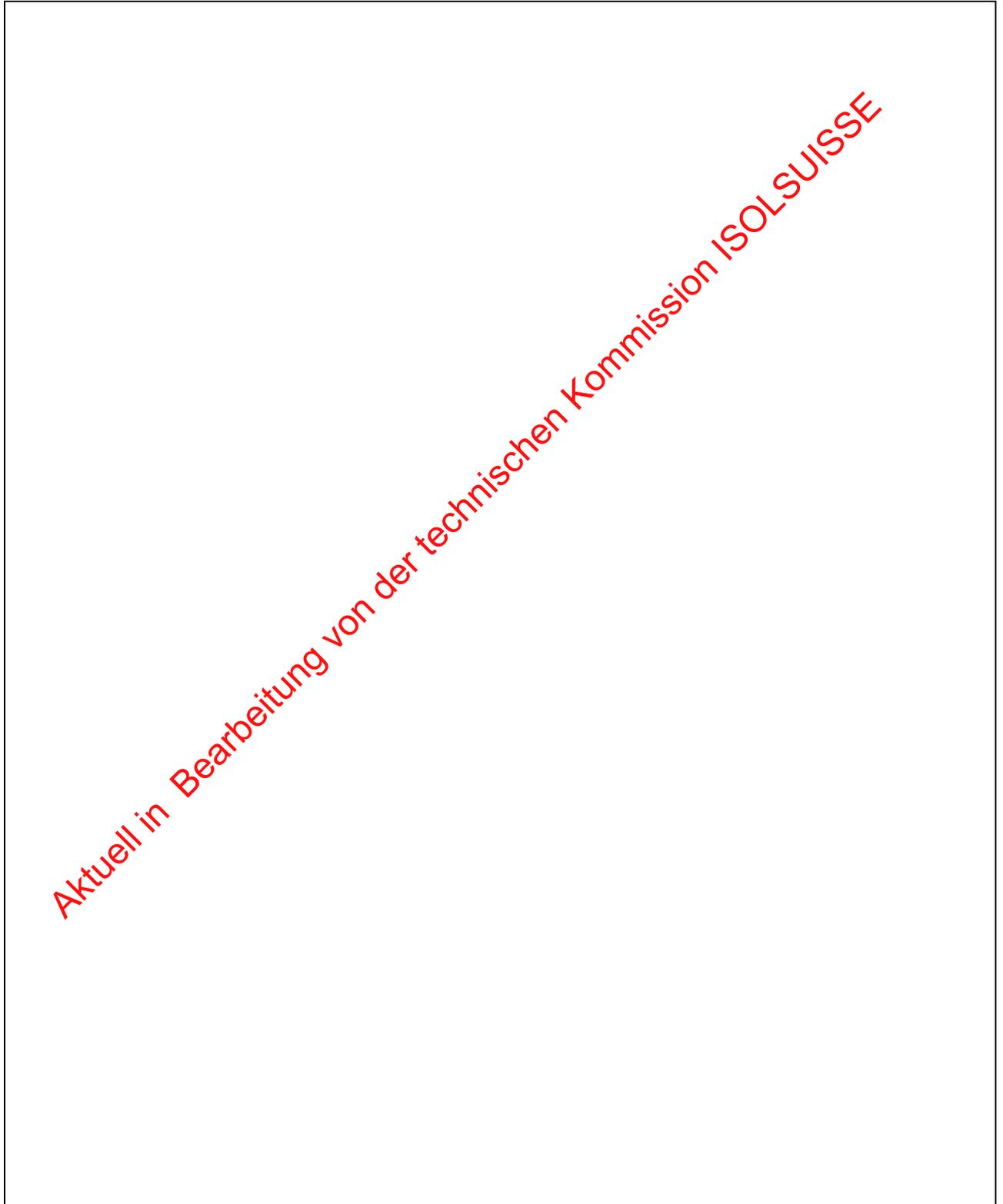
Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOL SU/SE

3.5 Vermeidung von Oberflächentauwasser

Bestimmung der Dämmdicke

Zahlenbeispiel:

Relative Luftfeuchtigkeit 80 %, Lufttemperatur +25 °C, Zulufttemperatur +5 °C, Wärmeleitzahl 0.06 W/mK, Rohr-Durchmesser NW 100 mm. Das Diagramm ergibt eine minimale Dämmdicke von 42 mm.



3.6 Feuchtezunahme im Dämmstoff

Ebene:

$$F = 0.000584 \cdot \frac{\Delta p}{sD \cdot s} \quad (9)$$

Hohlzylinder:

$$F = 0.000584 \cdot \frac{d_i \cdot 1.2s}{d_i + s} \cdot \frac{\Delta p}{sD \cdot s} \quad (10)$$

F	Feuchtezunahme	Vol-% / a
Δp	Dampfdruckgefälle	Pa
sD	diffusionsäquivalente Luftschichtdicke (Sperrwert des Dämmsystems)	m
s	Dämmdicke	m
d_i	Innendurchmesser des Dämmsystems	m

Zahlenbeispiel 6

Die Feuchtezunahme eines ebenen Dämmsystems von 0.08 m Dicke und einem Sperrwert von 50 m beträgt bei einem Dampfdruckgefälle von 500 Pa:

$$0.000584 \cdot \frac{500}{50 \cdot 0.08} = 0.07 \text{ Vol-\%/a}$$

Zahlenbeispiel 7

Die Feuchtezunahme eines Dämmsystems von 0.08 m Dicke und einem Sperrwert von 50 m für ein Rohr von 0.30 m Aussendurchmesser beträgt bei einem Dampfdruckgefälle von 500 Pa:

$$0.000584 \cdot \frac{0.46}{0.38} \cdot \frac{500}{50 \cdot 0.08} = 0.09 \text{ Vol-\%/a}$$

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

3.7 Sperrwert

Aus der zulässigen Feuchtezunahme kann der Sperrwert bestimmt werden:

Wand:

$$sD \geq 0.000584 \cdot \frac{\Delta p}{f \cdot s} \quad (11)$$

Hohlzylinder:

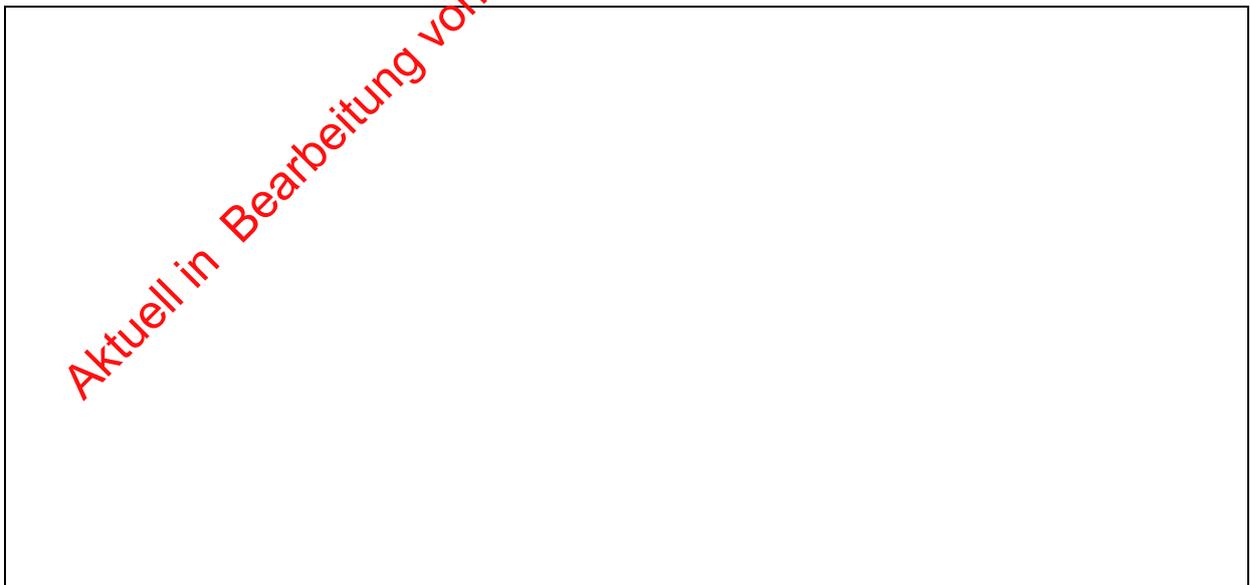
$$sD \geq 0.000584 \cdot \frac{d_i + 2s}{d_i + s} \cdot \frac{\Delta p}{f \cdot s} \quad (12)$$

Zahlenbeispiel 8

Die zulässige Feuchtezunahme des 0.08 m dicken Dämmsystems eines Lüftungskanals beträgt 1 Vol-% in 10 a. Dann ist bei einem Dampfdruckgefälle von 500 Pa der minimal nötige Sperrwert:

$$0.000584 \cdot \frac{500}{0.1 \cdot 0.08} = 36.5 \text{ m}$$

3.7.1 Sperrwert [m] bei Verwendung synthetischen Kautschuks mit unterschiedlich hohem Wasserdampfdiffusionswiderstand

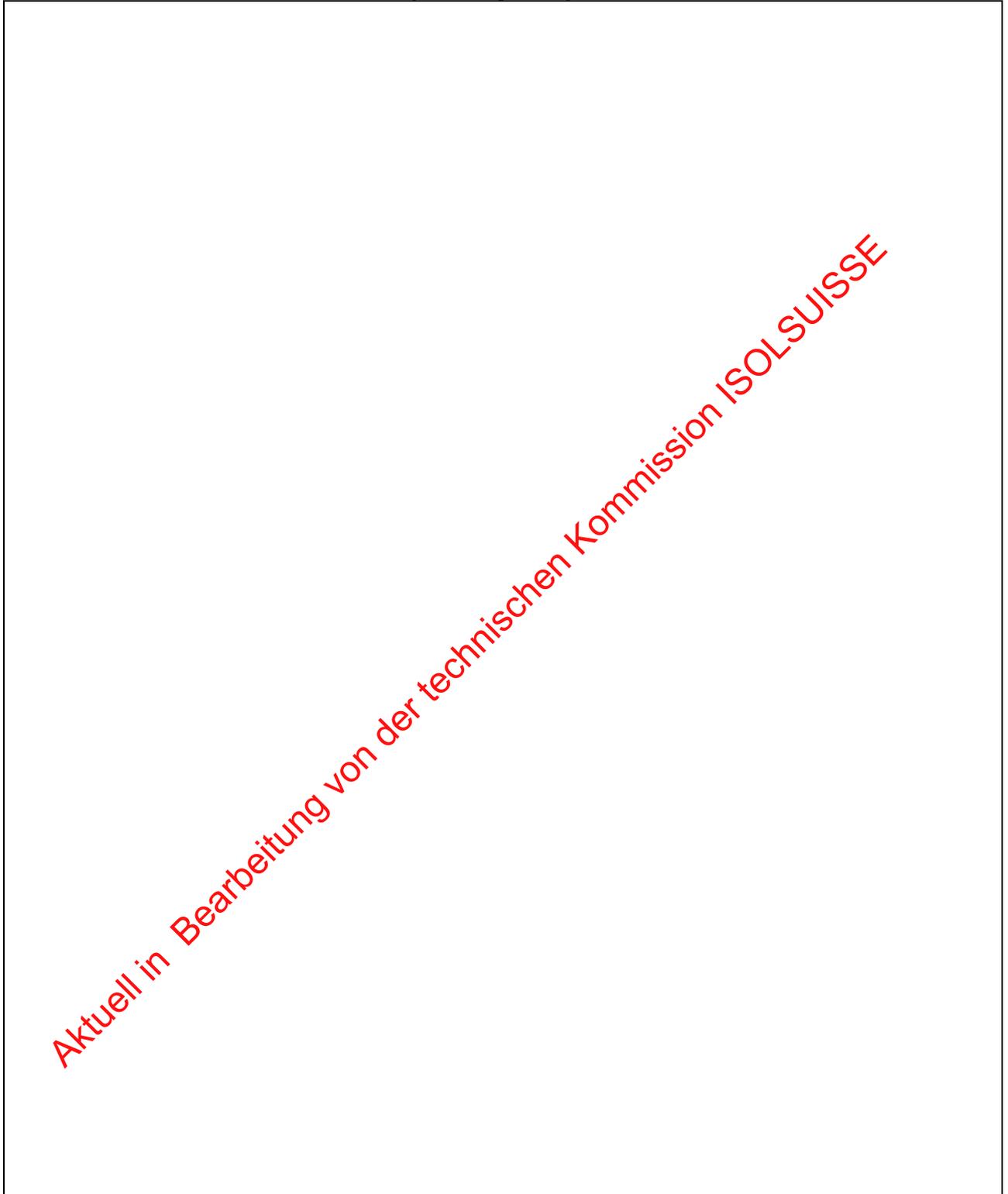


Beispiel:

Isolierschlauch M für Rohr DN 32
Dämmschichtdicke $s = 22 \text{ mm}$
Wasserdampfdiffusionswiderstand $\mu = 7000$
Ergebnis: Sperrwert = 154 m

3.8 Dampfdruckgefälle

Bestimmung des Dampfdruckgefälles



Mediumtemperatur	t_1 _____ °C
Lufttemperatur der Umgebung	t_2 _____ °C
relative Luftfeuchtigkeit der Umgebung	φ_2 _____ %
Dampfteildruck auf der Oberfläche der Umhüllung	ρ_2 _____ Pa
Sättigungsdruck auf der Rohroberfläche	ρ_{s1} _____ Pa
Dampfdruckgefälle	$\rho_2 - \rho_{s1} = \Delta\rho$ _____ Pa

3.9 Schalldämpfung

Auf seinem Weg vom Ventilator über Kanäle/Rohre zum Luftauslass erfährt der Schall eine sogenannte „natürliche Dämpfung“ (im Gegensatz zur „künstlichen Dämpfung“ mit Schalldämpfern), für die in der Regel nur geringe Kosten aufzuwenden sind, z.B. durch innere Auskleidung der Kanäle mit schallabsorbierenden Dämmstoffen (sogenannten „Duct Liners“).

Kanäle

$$D = 1.5 \cdot \alpha \cdot \frac{U}{F} \quad (13)$$

Rohre

$$D = 6 \cdot \frac{\alpha}{d} \quad (14)$$

D	spezielle Schalldämpfung	dB/m
α	Schallabsorptionskoeffizient der Kanal-/Rohrwand	-
U	Umfang des Kanals	m
F	Querschnittfläche des Kanals	m ²
d	Durchmesser des Rohrs	m

Zahlenbeispiel 9

Wird ein Lüftungskanal 1.50 x 0.30 m mit schallabsorbierendem Dämmstoff ($\alpha = 0.4$) ausgekleidet, so beträgt die spezielle Schalldämpfung:

$$D = 1.5 \cdot 0.4 \cdot \frac{2 \cdot (1.50 + 0.30)}{1.50 \cdot 0.30} = 4.8 \text{ dB/m}$$

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

4. Dämmstoffe

Materialbezeichnung	Raumgewicht kg/m ³	BKZ	Anwendungsbereich bis °C	Wärmeleitfähigkeit nach W/(m k)	Kurzbeschreibung
Glasfaserprodukte					
Lamellmatten, Alikraft	20	6q.3	200	0.040	niedere R.G
Lamellmatten, Alu	20	6q.3	200	0.040	niedere R.G
Platten	30-35	6q.3	200	0.035	niedere R.G
Platten	50-55	6q.3	200	0.033	mittlere R.G.
Platten	110	6q.3	150	0.040	hohe R.G.
Platten mit Alu Dampfbremse	30-35	6.3	200	0.035	niedere R.G
dito	50-55	6.3	200	0.033	mittlere R.G.
dito	110	6.3	150	0.040	hohe R.G.
Steinwoll Produkte					
Lamellmatten, Alukraft	32	6q.3	250	0.040	mittlere R.G.
Beschichtung		5.3			
Brandschutzmatten					
Reinalugitter verstärkt	80	6q.3	750	0.036	hohe R.G.
Drahtnetzmatte	80	6q.3	750	0.036	hohe R.G.
Platten	32	6q.3	250	0.039	niedere R.G
Platten	60	6q.3	250	0.036	mittlere R.G.
Platten	100	6q.3	250	0.036	hohe R.G.
Platten, Alukraft	32	6q.3	250	0.039	niedere R.G
Beschichtung		5.3			
Platten, Alukraft	60	6q.3	250	0.036	mittlere R.G.
Beschichtung		5.3			
Platten, Reinalu	32	6q.3	250	0.039	niedere R.G
Platten, Reinalu	60	6q.3	250	0.036	mittlere R.G.
Brandschutz Platten	120.	6q.3	750	0.037	hohe R.G
Brandschutz Platten, Reinalu	120	6q.3	750	0.037	hohe R.G.
Synthetischer Kautschukschaum	50-90	5q.2	85	0.040	hohe Flexibilität
Elastomer 2500 - 7000 µ					guter Sperrwert

4.1. Hilfswerkstoffe

Materialbezeichnung	Anforderungen
Aluklebeband, Polyester bedampft	haftfest
Alu-Klebeband, Reinalu	haftfest, feuerbeständig
PVC-Klebeband	haftfest
Befestigungsstoffe, selbstklebend	haftfest, korrosionsbeständig
Befestigungsstifte zum anschweißen	zugfest, korrosionsbeständig
Haltlipse	rutschfest, korrosionsbeständig
Bindedraht, verzinkt	korrosionsbeständig, feuerbeständig
Stahlband, verzinkt	dito
Winkelprofile	dito
Schrauben	dito
Nieten	dito
Dübel	zugfest, feuerbeständig
Dichtungskitt	haftfest, diffusionswiderstandsfähig, dauerelastisch
Glasseidengewebe	reissfest
Kleber	haftfest, verträglich gegenüber Objekt und Dämmstoff, geruchsneutral, temperaturbeständig
Kleber für Brandschutzdämmungen	wie zuvor, zuzüglich feuerbeständig

4.2 Umhüllungen, Abglättungen

Material	Dicke in mm	BKZ	Temperaturbeständigkeit in °C	Kurzbeschreibungen
Gips-Hartmantel mit Glasseidengewebe- oder Drahtgeflecht-Armierung	15	6	ca. 150	gute Schalldämmung, geringe mech. Festigkeit, feuchtigkeitsempfindlich
Drahtgeflecht aus rostfreiem Stahl Maschenweite 25x25	0.7	6	ca. 600	einfache mech. Sicherung, geringe Festigkeit
Aluminiumfolie	0.1	6	ca. 300	sehr geringe Festigkeit, mech. nicht beanspruchbar
ALUMAN-100 halbiert	0.6 - 1.0	6	ca. 300	mittlere Festigkeit, gute atmosphärische und chemische Beständigkeit, sehr gut verformbar
PERALUMAN-150	0.6 - 1.0	6	ca. 300	mittlere Festigkeit, gute Korrosionsbeständigkeit, gut verformbar
Stahlblech verzinkt	0.6 - 1.0	6	ca. 350	gute Festigkeit, mech. stark beanspruchbar, Korrosionsgefahr an Schnittstellen
Stahlblech rostfrei V2A Werkstoff Nr. 1.43 01	0.4 - 0.9	6	ca. 400	ca. 400 hohe Festigkeit und hohe chemische Beständigkeit, mittelschwer verformbar
Stahlblech rostfrei V4A Werkstoff Nr. 1.44 35	0.4 - 0.9	6	ca. 400	hohe Festigkeit, sehr hohe chemische Beständigkeit, schwierig verformbar

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOL SUISSE

4.3 Anwendung der Dämmsysteme nach Montageort

Diese gelten als Beispiele. Für Berechnungen und konkrete Vorschläge stehen die Fachfirmen des VSI zur Verfügung.

VSI Ausführungs Nr.	Zentralen	sichtbar	Zwischendecken		Steigschächte Bodenkanäle	im Freien
			unbelüftet	belüftet		
301.00.000	xx	x	xx	-	xx	!
301.03.000	xx	xx	-	-	-	xx
301.04.000	xx	xx	-	-	-	xx
301.09.000	xx	xx	x	xx	xx	!
401.00.000	x	x	xx	-	xx	!
401.03.000	xx	xx	-	-	-	xx
401.04.000	xx	xx	-	-	-	xx
401.09.000	xx	xx	x	xx	xx	!
301.00.000	x	x	xx	-	xx	!
301.03.000	xx	xx	-	-	-	xx
301.04.000	xx	xx	-	-	-	xx
301.09.000	xx	xx	x	xx	x	!
301.00.050	x	xx	xx	-	xx	!
301.03.050	xx	x	-	x	-	xx
307.00.000	xx	xx	xx	xx	xx	!
401.00.000	x	x	xx	-	xx	!
401.03.000	xx	xx	-	-	-	xx
401.04.000	xx	xx	-	-	-	xx
401.09.000	xx	xx	x	xx	x	!
401.00.050	x	x	x	xx	x	!
401.03.050	xx	xx	-	x	-	xx
401.04.050	xx	xx	-	x	-	xx
407.00.000	xx	xx	xx	xx	xx	!
311.00.007	-	-	xx	!	xx	!
311.04.007	xx	xx	-	x	-	xx
311.09.007	xx	xx	-	xx	xx	!
311.00.008	xx	xx	x	xx	x	!
311.04.008	xx	xx	-	-	-	xx
311.09.008	-	-	xx	!	xx	!
311.00.009	-	-	xx	!	xx	!
311.04.009	xx	xx	-	x	x	xx
311.09.009	xx	xx	xx	xx	xx	-
411.09.007	-	-	xx	!	xx	!
411.04.007	xx	xx	-	x	x	xx
411.00.007	-	-	xx	!	xx	!
411.00.008	-	-	xx	!	xx	!
411.04.008	x	xx	-	x	x	xx
411.09.008	-	-	xx	!	xx	!
411.00.009	-	-	xx	!	xx	!
411.04.009	xx	xx	-	x	x	xx
411.09.009	-	-	xx	!	xx	!
301.04.000	xx	xx	xx	xx	xx	xx
301.04.002	xx	xx	xx	xx	xx	xx
301.04.003	xx	xx	xx	xx	xx	xx
301.00.005	xx	xx	x	x	x	!
401.04.001	xx	xx	xx	xx	xx	xx
401.04.002	xx	xx	xx	xx	xx	xx
401.04.003	xx	xx	xx	xx	xx	xx
401.04.005	xx	xx	x	x	x	!

Je nach vorgegebener Schalldämmungsanforderung !

Legende: xx empfehlenswert
 x möglich
 - nicht empfehlenswert
 ! nicht anwendbar

5. Ausführungsbeschriebe

5.1 Wärmeschutz

Lüftungsrohre

301.00.000 Anorganische Faserstoffe, roh

- Mineralfaser-Lamellmatten Alukraft gitterverstärkt
- Längs- und Querstösse mit Aluklebeband verklebt
- mechanisch gesichert mit Bindedraht oder Aluband

301.09.000 Anorganische Faserstoffe, Umhüllung aus rostfreiem Drahtgeflecht

- Mineralfaser-Lamellmatten Alukraft gitterverstärkt
- Längs- und Querstösse mit Aluklebeband verklebt
- mechanisch gesichert durch die Umhüllung aus rostfreiem Drahtgeflecht

301.03.000 Anorganische Faserstoffe Umhüllung aus Leichtmetallblech

301.04.000 Anorganische Faserstoffe Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

- Mineralfaser-Lamellmatten Alukraft gitterverstärkt
- mit Bindedraht, Aluband oder Klebeband befestigt
- Umhüllung aus Leichtmetallblech/galvanisiertem Stahlblech

Lüftungskanäle

401.00.000 Anorganische Faserstoffe, roh

- Mineralfaser-Lamellmatten Alukraft gitterverstärkt oder Mineralfaser-Platten mit aufkaschierter Alufolie RD 50 - 60 kg/m³
- Längs- und Querstösse mit Aluklebeband verklebt
- mechanisch gesichert mit Stic-Clips oder aufgeschweissten Haltebolzen

401.09.000 Anorganische Faserstoffe, Umhüllung aus rostfreiem Drahtgeflecht

- Mineralfaser-Lamellmatten Alukraft gitterverstärkt oder Mineralfaser-Platten mit aufkaschierter Alufolie RD 50-60 kg/m³

- Längs- und Querstösse mit Aluklebeband verklebt
- mechanisch gesichert mit Stic-Clips oder aufgeschweissten Haltebolzen
- Umhüllung aus rostfreiem Drahtgeflecht

401.03.000 Anorganische Faserstoffe, Umhüllung aus Leichtmetallblech

401.04.000 Anorganische Faserstoffe, Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

- Mineralfaser-Lamellmatten Alukraft gitterverstärkt oder Mineralfaser-Platten mit aufkaschierter Alufolie RD 50-60 kg/m³
- mechanisch gesichert mit Stic-Clips oder aufgeschweissten Haltebolzen
- Umhüllung aus Leichtmetallblech
- Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

5.2 Tauwasserschutz

Lüftungshöhre

301.00.000 Anorganische Faserstoffe mit Alufolie, verklebt

Sperrwert $\mu \times s$ bis 10

- Mineralfaser-Lamellmatten Alukraft gitterverstärkt
- Längs- und Querstösse mit Aluklebeband verklebt
- mechanisch gesichert mit Bindedraht oder Aluband

301.09.000 Anorganische Faserstoffe mit Alufolie, verklebt, Umhüllung aus rostfreiem Drahtgeflecht

Sperrwert $\mu \times s$ bis 10

- Mineralfaser-Lamellmatten Alukraft gitterverstärkt
- Längs- und Querstösse mit Aluklebeband verklebt
- mechanisch gesichert durch die Umhüllung mit rostfreiem Drahtgeflecht

301.03.000 Anorganische Faserstoffe mit Alufolie, verklebt, Umhüllung aus Leichtmetallblech

301.04.000 Anorganische Faserstoffe mit Alufolie, verklebt, Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

Sperrwert $\mu \times s$ bis 10

- Mineralfaser-Lamellmatten Alukraft gitterverstärkt

- Längs- und Querstösse mit Aluklebeband verklebt
- Umhüllung aus Leichtmetallblech
- Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

301.00.050 Anorganische Faserstoffe mit Alufolie und zusätzlicher Alufolie, verklebt

Sperrwert $\mu \times s$ bis 100

- Mineralfaser-Lamellmatten Alukraft gitterverstärkt
- Längs- und Querstösse mit Aluklebeband verklebt
- mechanisch gesichert mit Bindedraht oder Aluklebeband
- Umhüllung mit Alufolie 0,1 mm als zusätzliche Dampfbremse
- Längs- und Querstösse mit Aluklebeband verklebt.

301.03.050 Anorganische Faserstoffe mit Alufolie und zusätzlicher Alufolie, verklebt, Umhüllung aus Leichtmetallblech, Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

Sperrwert $\mu \times s$ bis 100

- Mineralfaser-Lamellmatten Alukraft gitterverstärkt
- Längs- und Querstösse mit Aluklebeband verklebt
- mechanisch gesichert mit Bindedraht oder Aluklebeband
- Umhüllung mit Alufolie 0,1 mm als zusätzliche Dampfbremse
- Längs- und Querstösse mit Aluklebeband verklebt
- Umhüllung aus Leichtmetallblech
- Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

307.00.000 Synthetischer Kautschuk, verklebt

Sperrwert $\mu \times s \geq 30$ m

- Synthetische Kautschuk-Platten RD ca. 75 kg/m³
- vollflächig mit Spezialklebstoff aufgeklebt
- Längs- und Querstösse mit Spezialklebstoff verklebt

Lüftungskanäle

401.00.000 Anorganische Faserstoffe mit Alufolie, verklebt

Sperrwert $\mu \times s$ bis 10

- Mineralfaser-Platten Alukraft gitterverstärkt RD 50-60 kg/m³
- mit speziellem Kleber am Kanal befestigt

- Längs- und Querstösse mit Aluklebeband verklebt
- mechanisch gesichert mit Randwinkel aus Aluman und Aluband gebunden

401.09.000 Anorganische Faserstoffe mit Alufolie, verklebt, Umhüllung aus rostfreiem Drahtgeflecht

Sperrwert $\mu \times s$ bis 10

- Mineralfaser-Platten Alukraft gitterverstärkt RD 50-60 kg/m³
- mit speziellem Kleber am Kanal befestigt
- Längs- und Querstösse mit Aluklebeband verklebt
- mechanisch gesichert durch die Umhüllung aus rostfreiem Drahtgeflecht

401.03.000 Anorganische Faserstoffe mit Alufolie, verklebt, Umhüllung aus Leichtmetallblech

401.04.000 Anorganische Faserstoffe mit Alufolie, verklebt, Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

Sperrwert $\mu \times s$ bis 10

- Mineralfaser-Platten Alukraft gitterverstärkt RD 50-60 kg/m³
- mit speziellem Kleber am Kanal befestigt
- Längs- und Querstösse mit Aluklebeband verklebt
- Umhüllung aus Leichtmetallblech
- Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

401.00.050 Anorganische Faserstoffe mit Alufolie und zusätzlicher Alufolie, verklebt

Sperrwert $\mu \times s$ bis 100

- Mineralfaser-Platten Alukraft gitterverstärkt RD 50-60 kg/m³
- mit speziellem Kleber am Kanal befestigt
- Längs- und Querstösse mit Aluklebeband verklebt
- mechanisch und gesichert mit Randwinkel aus Aluman und Aluband gebunden
- Umhüllung mit Alufolie 0,1 mm als zusätzliche Dampfbremse
- Längs- und Querstösse mit Aluklebeband verklebt

01.03.050 Anorganische Faserstoffe mit Alufolie und zusätzlicher Alufolie, verklebt, Umhüllung aus Leichtmetallblech

401.04.050 Anorganische Faserstoffe mit Alufolie und zusätzlicher Alufolie, verklebt, Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

Sperrwert $\mu \times s$ bis 100

- Mineralfaser-Platten Alukraft gitterverstärkt RD 50-60 kg/m³
- mit speziellem Kleber am Kanal befestigt
- Längs- und Querstösse mit Aluklebeband verklebt
- Umhüllung mit Alufolie 0,1 mm als zusätzliche Dampfbremse
- Längs- und Querstösse mit Aluklebeband verklebt
- Umhüllung aus Leichtmetallblech
- Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

407.00.000 Synthetischer Kautschuk, verklebt

Sperrwert $\mu \times s \geq 30$ m

- Synthetische Kautschuk-Platten RD ca. 75 kg/m³
- vollflächig mit Spezialklebstoff aufgeklebt
- Längs- und Querstösse mit Spezialklebstoff verklebt

5.3 Brandschutz

Lüftungsrohre

311.09.007 Anorganische Brandschutzmatte, Umhüllung aus rostfreiem Drahtgeflecht

F30

- Mineralfaser-Brandschutzmatten 50 mm, Reinalu gitterverstärkt RD 80 kg/m³
- mechanisch gesichert mit Bindedraht oder Stahlband
- Umhüllung aus rostfreiem Drahtgeflecht

311.00.007 Anorganische Faserstoffmatte, roh

F30

- Mineralfaser-Drahtnetzmatte 50 mm RD 80 kg/m³
- mechanisch gesichert mit Bindedraht oder Stahlband

311.03.007 Anorganische Brandschutzmatte, Umhüllung aus Leichtmetallblech

311.04.007 Anorganische Brandschutzmatte, Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

F30

- Mineralfaser-Brandschutzmatten 50 mm, Reinalu gitterverstärkt RD 80 kg/m³, oder Mineralfaser Drahtnetzmatte 50 mm RD 80 kg/m³
- mechanisch gesichert mit Bindedraht oder Stahlband
- Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

311.09.008 Anorganische Brandschutzmatte, Umhüllung aus rostfreiem Drahtgeflecht

F60

- Mineralfaser-Brandschutzmatten 100 mm, Reinalu gitterverstärkt RD 80 kg/m³
- mechanisch gesichert mit Bindedraht oder Stahlband
- Umhüllung aus rostfreiem Drahtgeflecht

311.00.008 Anorganische Faserstoffmatte, roh

F60

- Mineralfaser-Drahtnetzmatte 100 mm RD 80 kg/m³
- mechanisch gesichert mit Bindedraht oder Stahlband

311.04.008 Anorganische Brandschutzmatte, Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

F60

- Mineralfaser-Brandschutzmatten 100 mm, Reinalu gitterverstärkt RD 80 kg/m³, oder Mineralfaser-Drahtnetzmatte 100 mm RD 80 kg/m³
- mechanisch gesichert mit Bindedraht oder Stahlband
- Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

311.09.009 Anorganische Brandschutzmatte, Umhüllung aus rostfreiem Drahtgeflecht

F90

- Mineralfaser-Brandschutzmatten, Reinalu gitterverstärkt RD 80 kg/m³ in 2 Lagen à 60 mm Dämmdicke 120 mm
- mechanisch gesichert mit Bindedraht oder Stahlband
- Umhüllung aus rostfreiem Drahtgeflecht

311.00.009 Anorganische Faserstoffmatte, roh

F 90

- Mineralfaser-Drahtnetzmatte RD 80 kg/m³ in 2 Lagen à 60 mm Dämmdicke = 120 mm

- mechanisch gesichert mit Bindedraht oder Stahlband

311.04.009 Anorganische Brandschutzmatte, Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

F90

- Mineralfaser-Brandschutzmatten, Reinalu gitterverstärkt RD 80 kg/m³ in 2 Lagen à 60 mm Dämmdicke = 120 mm, oder Mineralfaser-Drahtnetzmatte RD 80 kg/m³ in 2 Lagen à 60 mm Dämmdicke = 120 mm
- mechanisch gesichert mit Bindedraht oder Stahlband
- Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

Lüftungskanäle

411.00.007 Anorganische Brandschutzplatte, roh

F30

- Mineralfaser-Brandschutzplatten RD 120 kg/m³ in 2 Lagen à 30 mm Dämmdicke = 60 mm, Fugen versetzt, Plattenstösse feuerbeständig verklebt
- mechanisch gesichert mit speziellen Stic-Clips oder aufgeschweissten Haltebolzen
- Umhüllung aus rostfreiem Drahtgeflecht

411.03.007 Anorganische Brandschutzplatte, Umhüllung aus Leichtmetallblech

411.04.007 Anorganische Brandschutzplatte, Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

F30 - Mineralfaser-Brandschutzplatten RD 120 kg/m³ in 2 Lagen à 30 mm Dämmdicke = 60 mm, Fugen versetzt, Plattenstösse feuerbeständig verklebt

- mechanisch gesichert mit speziellen Stic-Clips oder aufgeschweissten Haltebolzen
- Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

411.00.008 Anorganische Brandschutzplatte, roh

F60

- Mineralfaser-Brandschutzplatten RD 120 kg/m³ in 2 Lagen 30 mm und 40 mm Dämmdicke = 70 mm, Fugen versetzt, Plattenstösse feuerbeständig verklebt
- mechanisch gesichert mit speziellen Stic-Clips oder aufgeschweissten Haltebolzen

411.09.008 Anorganische Brandschutzplatte, Umhüllung aus rostfreiem Drahtgeflecht

F60

- Mineralfaser-Brandschutzplatten RD 120 kg/m³ in 2 Lagen 30 mm und 40 mm Dämmdicke = 70 mm, Fugen versetzt, Plattenstösse feuerbeständig verklebt

- mechanisch gesichert mit speziellen Stic-Clips oder aufgeschweissten Haltebolzen
- Umhüllung aus rostfreiem Drahtgeflecht

411.03.008 Anorganische Brandschutzplatte Umhüllung aus Leichtmetallblech

411.04.008 Anorganische Brandschutzplatte, Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

F60

- Mineralfaser-Brandschutzplatten RD 120 kg/m³ in 2 Lagen 30 mm und 40 mm Dämmdicke = 70 mm, Fugen versetzt, Plattenstösse feuerbeständig verklebt
- mechanisch gesichert mit speziellen Stic-Clips oder aufgeschweissten Haltebolzen
- Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

411.00.009 Anorganische Brandschutzplatte, roh

F90

- Mineralfaser-Brandschutzplatten RD 120 kg/m³ in 2 Lagen à 50 mm Dämmdicke = 100 mm, Fugen versetzt, Plattenstösse feuerbeständig verklebt
- mechanisch gesichert mit speziellen Stic-Clips oder aufgeschweissten Haltebolzen

411.09.009 Anorganische Brandschutzplatte, Umhüllung aus rostfreiem Drahtgeflecht

F90

- Mineralfaser-Brandschutzplatten RD 120 kg/m³
- in 2 Lagen à 50 mm Dämmdicke = 100 mm, Fugen versetzt, Plattenstösse feuerbeständig verklebt
- mechanisch gesichert mit speziellen Stic-Clips oder aufgeschweissten Haltebolzen
- Umhüllung aus rostfreiem Drahtgeflecht

411.04.009 Anorganische Brandschutzplatte, Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

F90

- Mineralfaser-Brandschutzplatten RD 120 kg/m³ in 2 Lagen à 50 mm Dämmdicke = 100 mm, Fugen versetzt, Plattenstösse feuerbeständig verklebt
- mechanisch gesichert mit speziellen Stic-Clips oder aufgeschweissten Haltebolzen
- Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

5.4 Schallschutz

Lüftungsrohre

301.04.001 Anorganische Faserstoffmatte, Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

Schalldämmung 3-5 dB bei einer Dämmdicke von mindestens 60 mm

- Mineralfaser-Matten Reinalu gitterverstärkt RD 80 kg/m³
- mechanisch gesichert mit Bindendraht oder Aluband
- Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

301.04.002 Anorganische Faserstoffmatte, Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech entdröhnt

Schalldämmung 6-10 dB bei einer Dämmdicke von mindestens 60 mm

- Mineralfaser-Matten Reinalu gitterverstärkt RD 80 kg/m³
- mechanisch gesichert mit Bindendraht oder Aluband
- Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech mit ca. 3.0 mm Antidröhn beschichtet!

301.04.003. Anorganische Faserstoffe, zweilagig, Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech, entdröhnt

Schalldämmung 11-15 dB bei einer Dämmdicke von mindestens 2x50 = 100 mm

- Mineralfaser-Matten Reinalu gitterverstärkt RD 80 kg/m³ als 1. Lage, 2. Lage Mineralfaser-Lamellmatten Alukraft gitterverstärkt RD 30 kg/m³
- mechanisch gesichert mit Bindendraht oder Aluband
- Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblechmantel mit ca. 3,0 mm Antidröhn beschichtet!

301.00.005 Anorganische Faserstoffmatte, zweilagig, mit Hartmantelabglättung

Schalldämmung 11-15 dB bei einer Dämmdicke von mindestens 2 x 50 = 100 mm

- Mineralfaser-Matten Reinalu gitterverstärkt RD 80 kg/m³ als 1. Lage, 2. Lage Mineralfaser-Drahtnetzmatte RD 80 kg/m³
- mechanisch gesichert mit Bindendraht oder Aluband
- Darüber Hartmantelabglättung min. 15 mm Dicke, mit eingebetteter Armierung

Lüftungskanäle

401.04.001 Anorganische Faserstoffplatte, Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

Schalldämmung 3-5 dB bei einer Dämmdicke von mindestens 60 mm

- Mineralfaser-Platten Alukraft gitterverstärkt RD 60 kg/m³
- mechanisch gesichert mit Stic-Clips oder aufgeschweissten Haltebolzen
- Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech

401.04.002 Anorganische Faserstoffplatte, Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech, entdröhnt

Schalldämmung 6-10 dB bei einer Dämmdicke von mindestens 60 mm

- Mineralfaser-Platten Alukraft gitterverstärkt RD 60 kg/m³
- mechanisch gesichert mit Stic-Clips oder aufgeschweissten Haltebolzen
- Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech mit 3,0 mm Antidröhn beschichtet

401.04.003 Anorganische Faserstoffplatte, zweilagig, Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech, entdröhnt

Schalldämmung 11-15 dB bei einer Dämmdicke von mindestens 2 x 50 = 100 mm

- Mineralfaser-Platten RD 100 kg/m³ als 1. Lage, 2. Lage Mineralfaser-Platte RD 60 kg/m³
- mechanisch gesichert mit Stic-Clips oder aufgeschweissten Haltebolzen
- Umhüllung aus galvanisiertem Stahlblech mit 3,0 mm Antidröhn beschichtet

401.00.005 Anorganische Faserstoffplatte, zweilagig, mit Hartmantelabglättung

Schalldämmung 11-15 dB bei einer Dämmdicke von mindestens 2 x 50 = 100 mm

- Mineralfaser-Platten RD 100 kg/m³ als 1. Lage, 2. Lage Mineralfaser-Platte RD 60 kg/m³
- mechanisch gesichert mit Stic-Clips oder aufgeschweissten Haltebolzen
- Darüber Hartmantelabglättung min. 15 mm Dicke, mit eingebetteter Armierung und Kantenschutzprofilen

Hinweis: Durch den Einbau von schwingungsgedämpften Konstruktionen anstelle von Stic-Clips oder Haltebolzen kann die Schalldämmung um ca. 2-5 dB verbessert werden.

Mitglieder der Technischen Kommission:

- **Heinrich Vogt, Obmann**
Novisol AG, Rheinfelden
- **Walter Baumann**
Schneider Dämmtechnik AG, Winterthur
- **Walter Jehle**
Novisol AG, Rheinfelden
- **Fredy Kleeb**
Lambda Dämmtechnik AG, Bern
- **Gerd Müller**
Steiert Isolierungen AG, Rheinfelden

Weitere Publikationen:

Richtlinien für Dämmungen im Tauwasserbereich 1996

Richtlinien für Dämmungen im Wärmebereich Haustechnik, 1996

Richtlinien für Wärmedämmungen von technischen Anlagen im Temperaturbereich von 100 °C bis 650 °C

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

Richtlinie für Dämmungen

im

Tauwasserbereich

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

Inhaltsverzeichnis

- 1. Allgemeines**
 - 1.1 Vorwort
 - 1.2 Ziele
 - 1.3 Geltungsbereich
 - 1.3.1 Dampfbremsen
 - 1.4 Mitgeltende Bestimmungen
- 2. Planungsrichtlinien für Architekten und Ingenieure**
- 3. Montagerichtlinien für Installation- und Isolierfirmen**
- 4. Datenblatt**
- 5. Berechnungsmethoden**
 - 5.1 Bezeichnungen und Einheiten
 - 5.2 Formelsammlung
 - 5.3 Zulässige Abkühlung bis zur Tauwasserbildung
- 6. Bestimmungen der Dämmdicke**
- 7. Bestimmung des Sperrwertes**
- 8. Dämmstoffe / Dampfsperren / Umhüllungen**
 - 8.1 Dämmstoffe
 - 8.2 Dampfsperren
 - 8.3 Sperrwert
 - 8.4 Umhüllungen
- 9. Anwendung der Dämmsysteme nach Montageorten**
- 10. Ausführungsbeschreibung für Dämmungen Rohrleitungssysteme und Armaturen**
- 11. Ausführungsbeschreibung für Dämmungen Apparate**

1. Allgemeines

1.1 Vorwort

In kaum einem Bereich der Dämmtechnik ist das Uebereinstimmen und Planen von

- Wärmeschutz
- Tauwasserschutz
- Brandschutz

so wichtig wie bei Dämmungen im Tauwasserbereich. Bei der Dämmung von Kühl- und Kälteanlagen sind die physikalischen Gesetzmässigkeiten besonders zu beachten. Korrosionsschäden, die in den letzten Jahren festgestellt wurden, sind zum Teil auf planerische, bauliche oder installationsbedingte Mängel zurückzuführen.

Die vorliegende Richtlinie fasst den heutigen Stand der Technik zusammen. Für die Planung und Ausführung soll sie helfen, Energieverluste klein zu halten und Schäden an den Anlagen in Zukunft zu vermeiden.

1.2 Ziele

Mit Dämmungen im Tauwasserbereich müssen folgende Ziele angestrebt werden:

1. Vermeiden der Tauwasserbildung
2. Schutz des Mediums vor Erwärmung
3. Reduktion der Energieverluste
4. Schutz der Anlage vor Korrosion

Hierzu sind folgende Grundlagen zu beachten:

1. Klima- und kältetechnische Anlagen erzeugen und fördern Medien, deren Temperaturen meist unter den Taupunkttemperaturen der Umgebungsluft liegen.
2. Die Oberflächentemperatur des Dämmsystems muss über der Taupunkttemperatur mindestens gleich der Umgebungsluft liegen.

3. Feuchtigkeitsaufnahme der Dämmung durch Diffusion ist durch geeignete Dampfsperren dauerhaft auf ein Minimum zu begrenzen.

4. Zur Reduzierung von Energieverlusten strömender oder stillgelegter Medien muss das verwendete Dämmsystem seine physikalischen Eigenschaften auf Dauer gewährleisten.

1.3 Geltungsbereich

Die Richtlinie gilt für Dämmungen im Tauwasserbereich für Medientemperatur von +1°C bis +10°C.

z.B.

- Eiswasser	+1°C bis +5°C
- Kühlwasser	+6°C bis +12°C
- Kühlwasser	+12°C bis +18°C
- Kaltwasser	+8°C bis +20°C
- Wärmerückgewinnung	+5°C bis +20°C

Für spezielle Anlagen und extreme bauliche Verhältnisse ist immer eine Fachfirma zur Planung und Beratung beizuziehen.

Bei Dämmungen im Tauwasserbereich ist die Wasserdampfdiffusion aufgrund eines Konzentrations- oder Dampfdruckgefälles bei gleich hohem Gesamtdruck **nicht** zu vermeiden. Die Diffusion bewirkt bei Erreichen des Wasserdampfgesättigungsdruckes im Innern der Dämmsysteme ein Auscheiden von Tauwasser. Dadurch verliert der Dämmstoff viel von seiner Wirkung. Die Oberfläche der Anlage kann je nach Materialart korrodieren.

Jedes Dämmsystem besitzt damit eine bestimmte, eingeschränkte Lebensdauer. Diese hängt vom Zeitpunkt des Erreichens der zulässigen Grenze des Wassergehaltes im Dämmstoff ab. Dabei sollen die Anlagenteile intakt bleiben.

Die Lebensdauer einer Dämmung wird **von der Qualität der Dampfbremse(n) bestimmt.**

1.3.1 Die Dampfbremse besteht aus einer oder mehreren Schichten, die eine Feuchtigkeitsaufnahme infolge Diffusion und einen Feuchtigkeitsaustausch durch Luftströmung im Dämmstoff vermindert.

Um einen Luftaustausch und eine Wasserdampfdiffusion zu verhindern, wäre eine hundertprozentige Dampfsperre erforderlich.

Dies lässt sich nur mit hohem technischen Aufwand herstellen. Zwar stehen genügend dampfdichte Materialien, z.B. Metallfolien oder Bleche, zur Verfügung. Es fehlen aber kostengünstige Verbindungstechniken für luft- und dampfdichte Abschlüsse an Nähten und/oder Durchdringungen. Jede Dämmung im Tauwasserbereich muss deshalb periodisch überwacht werden können. Gleichzeitig soll der Korrosionsschutz der Anlage überprüft werden.

1.3.2 Die notwendigen Dampfbremsensperwerte können jedoch auch mit Geschlossenzelligen-Stoffen erreicht werden. Synthetische Kautschuke mit hohem Wasserdampfdiffusionswiderstand verhindern eine Luftströmung in der Dämmung und somit einen Feuchtigkeitsaustausch. Der Sperrwert $\mu \cdot s$ ist stoffabhängig.

1.4 Mitgeltende Bestimmungen

- Normen und Empfehlungen des SIA im allgemeinen

Im speziellen

- Eidgenössische kantonale Energiegesetze, Rechtserlasse, Verordnungen, Vorschriften
- Betriebsinterne Normen, Richtlinien, Anweisungen, Empfehlungen
- Begleitung der Feuerpolizeivorschriften der Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF)
- Brandschutzdossier Brandverhütungsdienst für Industrie und Gewerbe
- Brandschutzregister VKF Verzeichnis der technischen Auskünfte

2. Planungsrichtlinien für Architekt und Ingenieur

- 2.1 Erfassen der Mediumtemperatur, Umgebungstemperatur, relative Feuchtigkeit, Betriebsarten, Umwelteinflüsse (siehe Datenblatt).
- 2.2 Festhalten des Verwendungszweckes der Räume, z.B. Computerraum, Lebensmittellager.
- 2.3 Beachten der brandschutztechnischen Vorschriften, Brandabschnitte, Durchbrüche.
- 2.4 Bestimmen der gewünschten Lebensdauer der Anlage und des Dämmsystems.
- 2.5 Bestimmen eines geeigneten Korrosionsschutzsystems.
- 2.6 Wählen des Dämmsystems nach Anwendungsbereich.
- 2.7 Konzipieren der Anlage unter Berücksichtigung, dass das Dämmsystem gewartet werden muss.
- 2.8 Die Rohrleitungen und Armaturen müssen so geplant sein, dass rund um das vorgesehene Dämmsystem ein Mindestabstand von 100 mm vorhanden ist. Apparate müssen allseitig zugänglich sein.
- 2.9 Zur Vermeidung von Kältebrücken dürfen die Anlageteile und ihre Halterungen bzw. Befestigungen keine direkten Verbindungen aufweisen.
- 2.10 Fixpunkte müssen so geplant werden, dass eine Dämmung der Rohrhalterungen möglich ist.
- 2.11 Die Voraussetzungen für die Einhaltung der Verarbeitungsvorschriften für das Dämmsystem müssen bauseitig erfüllt werden.
- 2.12 Thermometerstutzen, Fühler etc. müssen mindestens 20 mm über das Dämmsystem herausragen und mit Gefälle vom Rohr geplant werden.
- 2.13 Nichtgedämmte Armaturen sind, wo möglich, horizontal eingebaut zu planen. Es sind Tauwassersammler einzuplanen.

- 2.14 Die gedämmten Anlageteile dürfen nicht für die Befestigung von anderen Installationen vorgesehen werden.

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

3. Montagerichtlinien für Installations- und Isolierfirmen

- 3.1 Das bauseits vorgesehene Dämmsystem ist aufgrund der angegebenen technischen Daten nachzuprüfen.
- 3.2 Die zu dämmenden Anlageteile sind auf die Eignung der gestellten Anforderungen zu prüfen (Ort, Zugänglichkeit).
- 3.3 Die zu dämmenden Anlageteile müssen abgepresst sein (Druckprobe).
- 3.4 Die Anlage darf bis zur Fertigstellung des Dämmsystems nicht in Betrieb genommen werden.
- 3.5 Die zu dämmenden Anlageteile müssen schmutz-, rost- und fettfrei sein.
- 3.6 Die Rohrleitungen und Armaturen müssen so montiert sein, dass rund um das vorgesehene Dämmsystem ein Mindestabstand von 100 mm vorhanden ist. Apparate müssen allseitig zugänglich sein.
- 3.7 Die korrosionsgefährdeten Anlageteile sind gemäss den Richtlinien für Korrosionsschutz zu behandeln
- 3.8 Zur Vermeidung von Kältebrücken dürfen die Anlageteile und ihre Halterungen, bzw. Befestigungen keine direkten Verbindungen aufweisen.
- 3.9 Fixpunkte müssen so konstruiert und montiert sein, dass eine Dämmung der Rohrhalterung möglich ist.
- 3.10 Das Dämmsystem muss auch im Bereich der Mauerdurchführungen gewährleistet sein.
- 3.11 Die Voraussetzungen für die Einhaltung der Verarbeitungsvorschriften für das Dämmsystem müssen bauseitig erfüllt werden.
- 3.12 Bezeichnungsschilder und elektrische Anschlussleitungen dürfen nicht direkt auf die zu dämmenden Anlageteile montiert werden.

- 3.13 Thermometerstutzen, Fühler, usw. müssen mindestens 20 mm über das Dämmsystem herausragen und mit Gefälle vom Rohr montiert werden.
- 3.14 Bei nicht gedämmten Armaturen sind Tauwassersammler einzubauen.
- 3.15 Entlüftungen und Entleerungen sind ab Anlageteil mindestens 500 mm zu dämmen.

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

4. Datenblatt

Firma _____ Ort _____
Adresse _____ Tel. _____
Branche _____

Anlage _____
Ort _____
Ziele der Dämmung _____

1. Technische Daten

Medium

Mediumtemperatur _____ ° C
Umgebungstemperatur _____ ° C
Rel. Luftfeuchtigkeit _____ %

Betriebsarten

- Dauerbetrieb _____ ja/nein *
- Intermittierender Betrieb _____ ja/nein*
- Stillstandzeit pro Unterbruch _____ Std.
- Gewünschte Lebensdauer _____ Jahre
- Montageorte _____

Windanfall _____ m/s

2. Berechnungsdaten

- Wärmepreis _____ Fr. _____ kWh *
- Betriebskosten _____ Fr. _____ Jahr
- Amortisationszeit _____ Jahre
- Kapitalverzinsung _____ %
- Jahresbetriebsstunden _____ Std.

* Nichtzutreffendes streichen

Brandkennziffer * Feuerwiderstandsklasse *
BKZ F 30 / F 60 / F 90

3. Umwelteinflüsse

Brandschutz
Wasser (z.B. Spritzwasser, etc.)
Mech. Einflüsse
Dämpfe, Säuren

4. Anlagespezifikation

Material Stahlqualität*
 Chromstahl*
 Kupfer*
 Kunststoff*

5. Korrosionsschutz

6. Dimensionen und Masse

aus Plan Nr.
Vorausmass vom

durch

7. Allfällige Vorbehalte

Auf Grund der vorliegenden Angaben wird das Dämmsystem bestimmt.

Ort und Datum:

Für die Richtigkeit:

* Nichtzutreffendes streichen

5. Berechnungsmethoden

5.1. Bezeichnungen und Einheiten

Bezeichnung	Zeichen	Einheit	Einheit alt	Umrechnung
Dichte, Rohdichte	ρ	kg/m ³	kg/m ³	
Spezifische Wärmekapazität		kJ/(kg K)	kcal/(kg °C)	1 kJ/(kg K) = 0.239 kcal/(kg °C)
Wärmedurchgangskoeffizient für die ebene Fläche	k	W/(m ² K)	kcal/(m ² h °C)	1 W/(m ² K) = 0.860 kcal/(m ² h °C)
Wärmedurchgangswiderstand	1/k	m ² K/W	m ² h °C/kcal	1 m ² K/W = 1.163 m ² h °C/kcal
Wärmeleitfähigkeit	λ	W/(m K)	kcal/(m h °C)	1 W/(m K) = 0.860 kcal/(m h °C)
Wärmeübergangskoeffizient	α	W/(m ² K)	kcal/(m ² h °C)	1 W/(m ² K) = 0.860 kcal/(m ² h °C)
Wärmestrom	\dot{Q}	W	kcal/h	1 W = 0.860 kcal/h
Wasserdampfleitfähigkeit	λ_D	g/(m h Pa)	g/(m h mm Hg)	1 g/(m h Pa) = 133 g/(m h mm Hg)
Diffusionswiderstandszahl	μ	-	-	$\mu \cong 1/(1.5 \cdot \lambda_D)$
Sperrwert (diffusionsäquivalente Luftschichtdicke)	s_D	m	m	$s_D = \mu \cdot s$
Länge	l		m	
Durchmesser	d		m	
Dämmschichtdicke	s		m	
Temperatur	ϑ ; T		°C, K	T in K = ϑ in °C + 273.15
Massestrom	\dot{m}		kg/s	
Strömungsgeschwindigkeit	\dot{w}		m/s	

5. Berechnungsmethoden

5.2 Formelsammlung

Gesuchte Grösse	Einheit	Gleichung
1. Wärmedurchgangskoeffizient (k-Wert) Für die ebene Fläche Für das Rohr	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$ $\frac{W}{m \cdot K}$	$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_a}}$ $k_R = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_i \cdot d_i} + \frac{1}{2 \cdot \lambda} \cdot \ln\left(\frac{d_a}{d_i}\right) + \frac{1}{\alpha_a \cdot d_a}}$
2. Wärmestrom Für die ebene Fläche (Wärmestromdichte) Für das Rohr (Wärmestrom je m Rohrlänge)	$\frac{W}{m^2}$ $\frac{W}{m}$	$q = (\vartheta_i - \vartheta_a) \cdot k$ $Q_R = (\vartheta_i - \vartheta_a) \cdot k^R$
3. Oberflächentemperatur Für die ebene Fläche Für das Rohr	$[^{\circ}C]$ $[^{\circ}C]$	$\vartheta_i = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_a}} \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a) + \vartheta_a$ $\vartheta_o = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i \cdot d_i} + \frac{1}{2 \cdot \lambda} \cdot \ln\left(\frac{d_a}{d_i}\right) + \frac{1}{\alpha_a \cdot d_a}} \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a) + \vartheta_a$
4. Verhinderung von Tauwasserbildung Dämmschichtdicke auf der ebenen Fläche Dämmschichtdicke auf dem Rohr	$[m]$ $[m]$	$s_F = \frac{\lambda}{\alpha_a} \cdot \left(\frac{\vartheta_a - \vartheta_i}{\vartheta_a - \vartheta_K} - \frac{\alpha_a}{\alpha_i} - 1 \right)$ $s_R = \frac{d_a - d_i}{2} \cdot \left(\frac{\vartheta_a - \vartheta_i}{\vartheta_a - \vartheta_K} - \frac{\lambda}{\alpha_a} - 1 \right)$
5. Temperaturveränderung strömendes Medium stillstehendes Medium Korrektur (nach CEN)	$[K]$ $[K]$ $[K]$	$\Delta\vartheta = \frac{Q \cdot 3600}{m \cdot c}$ $\Delta\vartheta = \frac{Q}{m \cdot c + m_R \cdot c_R} \cdot t \cdot 3600$ $\Delta\vartheta' = (\vartheta_{Anf} - \vartheta_a) \left[1 - \exp\left(-\frac{\Delta\vartheta}{\vartheta_{Anf} - \vartheta_a}\right) \right]$

5.2. Formelsammlung

Gesuchte Grösse	Einheit	Gleichung
6. Einfrierzeit (Wasser) für das Rohr ($\vartheta_{\text{Anf}} = 0 \text{ } ^\circ\text{C}, f > 0\%$)	[h]	$t = \frac{f \cdot \pi \cdot d_{\text{Ri}}^2 \cdot 213.4}{\dot{Q}_{\text{R}}}$
7. Diffusionskoeffizient Für die ebene Fläche Für das Rohr	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}}$ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}}$	$k_{\text{diff}} = \frac{\delta}{s}$ $k_{\text{R,diff}} = \frac{1}{2 \delta} \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_a}{d_i}\right)$
8. Diffusionsstrom Für die ebene Fläche Für das Rohr (Wärmestrom je m Rohrlänge)	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$ $\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{h}}$	$\dot{q}_{\text{diff}} = (P_{\text{D,i}} - P_{\text{D,a}}) \cdot k_{\text{diff}}$ $\dot{Q}_{\text{R,diff}} = (P_{\text{D,i}} - P_{\text{D,a}}) \cdot k_{\text{R,diff}}$
9. Feuchtegehalt Für die ebene Fläche Für das Rohr	$\frac{\text{kg}}{\text{kg}}$ [%]	$v(t) = \frac{\dot{q}_{\text{diff}} \cdot t_{\text{diff}} \cdot 8.76 \cdot 10^5}{\rho \cdot s}$ $v(t) = \frac{\dot{Q}_{\text{R,diff}} \cdot t_{\text{diff}} \cdot 3.5 \cdot 10^6}{\rho \cdot \pi \cdot (d_a^2 - d_i^2)}$
10. Wärmeleitfähigkeit des feuchten Dämmstoffs	$\left[\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \right]$	$\lambda_{\text{AF}}(v(t)) = \lambda_0 + 0.0377 \cdot \frac{4.3 \cdot v(t)}{100}$

Zeichenerklärung

α_a	= Wärmeübergangskoeffizient (ausser)	$[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	\dot{m}	Massenstrom (Medium)	$[\text{kg}/\text{h}]$
α_i	= Wärmeübergangskoeffizient (innen)	$[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	m	Masse (Medium)	$[\text{kg}]$
c	= spez. Wärmekapazität (Medium)	$[\text{J}/\text{kg} \cdot \text{K}]$	m_{R}	Masse (Rohr- oder Behälter)	$[\text{kg}]$
c_{R}	= spez. Wärmekapazität (Rohr- oder Behälterwerkstoff)*	$[\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$	$P_{\text{D,a}}$	Wasserdampf-Partialdruck (ausser)	$[\text{Pa}]$
d_a	= Aussendurchmesser des gedämmten Rohres	$[\text{m}]$	$P_{\text{D,i}}$	Wasserdampf-Partialdruck (innen)	$[\text{Pa}]$
d_i	= Aussendurchmesser des ungedämmten Rohres	$[\text{m}]$	\dot{Q}	absoluter Wärmestrom	$[\text{W}]$
d_{Ri}	= Innendurchmesser des Rohres	$[\text{m}]$	ρ	Dichte des Wassers	$[\text{kg}/\text{m}^3]$
δ	= Wasserdampf- Diffusionsleitkoeffizient	$[\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{K})]$	s	Dämmschichtdicke	$[\text{m}]$
f	= Eisansatz	$[\%]$	t	Zeit	$[\text{h}]$
λ	= Wärmeleitfähigkeit	$[\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}]$	t_{diff}	Zeit	$[\text{a}]$
λ_0	= Wärmeleitfähigkeit des trockenen Dämmstoffs	$[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$	ϑ_a	Umgebungstemperatur	$[\text{ } ^\circ\text{C}]$
			ϑ_{Anf}	Anfangstemperatur	$[\text{ } ^\circ\text{C}]$
			ϑ_i	Mediumtemperatur	$[\text{ } ^\circ\text{C}]$
			ϑ_k	Taupunkttemperatur	$[\text{ } ^\circ\text{C}]$

* Kann bei flüssigen Medien in der Regel vernachlässigt werden

5.3. Zulässige Abkühlung bis zur Tauwasserbildung

Grösstmöglicher Feuchtigkeitsgehalt der Luft und mögliche Abkühlung in K bis zur Tauwasserbildung bei verschiedenen Luftfeuchtigkeiten.

Aus der Tabelle kann sofort die Differenz $\vartheta_a - \vartheta_k$ abgelesen werden.

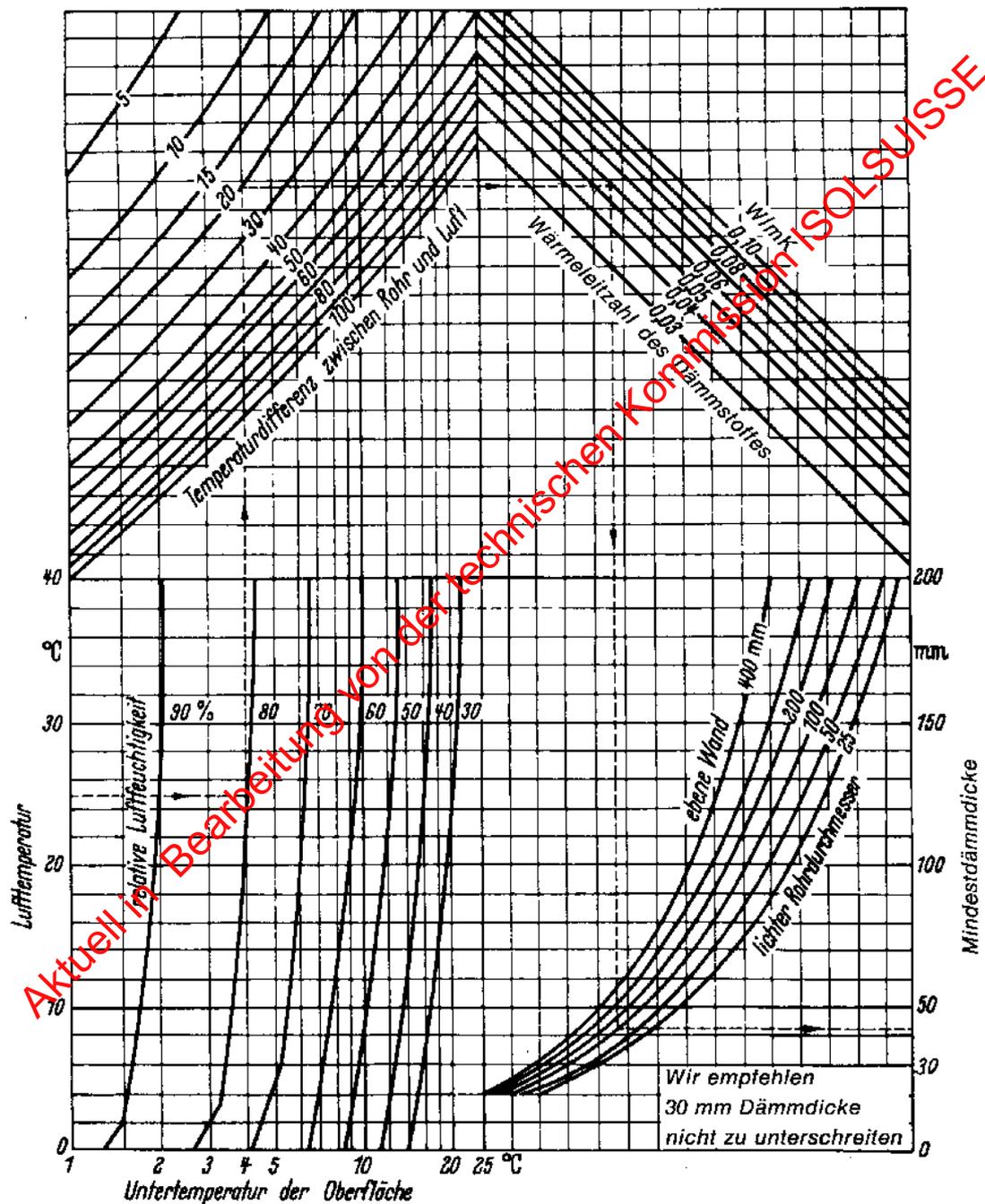
Lufttemperatur °C	Maximale Feuchtigkeitsgehalt g/m ³	Zulässige Abkühlung der Luft in °C bis zur Tauwasserbildung bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von :														Maximale Feuchtigkeitsgehalt g/m ³	Lufttemperatur °C
		30 %	35 %	40 %	45 %	50 %	55 %	60 %	65 %	70 %	75 %	80 %	85 %	90 %	95 %		
-20	0,9	-	10.4	9.1	8.0	7.0	6.0	5.2	4.5	3.7	2.9	2.3	1.7	1.1	0.5	0,9	- 20
- 15	1.4	12.3	10.8	9.6	8.3	7.3	6.4	5.4	4.6	3.8	3.1	2.5	1.9	1.2	0.6	1.4	- 15
- 10	2.1	12.9	11.3	9.9	8.7	7.6	6.6	5.7	4.8	3.9	3.2	2.5	1.8	1.2	0.6	2.1	- 10
- 5	3.3	13.4	11.7	10.3	9.0	7.9	6.8	5.8	5.0	4.1	3.3	2.6	1.9	1.2	0.6	3.3	- 5
± 0	4.9	13.9	12.2	10.7	9.3	8.1	7.1	6.0	5.1	4.2	3.5	2.7	1.9	1.3	0.7	4.9	± 0
2	5.6	14.3	12.6	11.0	9.7	8.5	7.4	6.4	5.4	4.6	3.8	3.0	2.2	1.5	0.7	5.6	2
4	6.4	14.7	13.0	11.4	10.1	8.9	7.7	6.7	5.8	4.9	4.0	3.1	2.3	1.5	0.7	6.4	4
6	7.3	15.1	13.4	11.8	10.4	9.2	8.1	7.0	6.1	5.1	4.1	3.2	2.3	1.5	0.7	7.3	6
8	8.3	15.6	13.8	12.2	10.8	9.6	8.4	7.3	6.2	5.1	4.2	3.2	2.3	1.5	0.8	8.3	8
10	9.4	16.0	14.2	12.6	11.2	10.0	8.6	7.4	6.3	5.2	4.2	3.3	2.4	1.6	0.8	9.4	10
12	10.7	16.5	14.6	13.0	11.6	10.1	8.8	7.5	6.4	5.3	4.3	3.3	2.4	1.6	0.8	10.7	12
14	12.2	16.9	15.1	13.4	11.7	10.3	8.9	7.6	6.5	5.4	4.3	3.4	2.5	1.6	0.8	12.2	14
16	13.8	17.4	15.5	13.6	11.9	10.4	9.0	7.7	6.6	5.5	4.4	3.5	2.5	1.7	0.8	13.8	16
18	15.6	17.8	15.7	13.8	12.1	10.6	9.2	7.9	6.7	5.6	4.5	3.5	2.6	1.7	0.8	15.6	18
20	17.6	18.1	15.9	14.0	12.3	10.7	9.3	8.0	6.8	5.6	4.6	3.6	2.6	1.7	0.8	17.6	20
22	19.8	18.4	16.1	14.2	12.5	10.9	9.5	8.1	6.9	5.7	4.7	3.6	2.6	1.7	0.8	19.8	22
24	22.2	18.6	16.4	14.4	12.6	11.0	9.6	8.2	7.0	5.8	4.7	3.7	2.7	1.8	0.8	22.2	24
26	24.9	18.9	16.6	14.7	12.8	11.2	9.7	8.4	7.1	5.9	4.8	3.7	2.7	1.8	0.9	24.9	26
28	27.8	19.2	16.6	14.9	13.0	11.4	9.9	8.5	7.2	6.0	4.9	3.8	2.8	1.8	0.9	27.8	28
30	31.1	19.5	17.1	15.1	13.2	11.6	10.1	8.6	7.3	6.1	5.0	3.8	2.8	1.8	0.9	31.1	30
35	41.1	20.2	17.7	15.7	13.7	12.0	10.4	9.0	7.6	6.3	5.1	4.0	2.9	1.9	0.9	41.1	35
40	53.5	20.9	18.4	16.4	14.2	12.4	10.8	9.3	7.9	6.5	5.3	4.1	3.0	2.0	1.0	53.5	40
45	69.2	21.6	19.0	16.7	14.7	12.8	11.2	9.6	8.1	6.8	5.5	4.3	3.1	2.1	1.0	69.2	45
50	90.2	22.3	19.7	17.3	15.2	13.3	11.6	9.9	8.4	7.0	5.7	4.4	3.2	2.1	1.0	90.2	50

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOL SUISSE

6. Approximative Bestimmung der Dämmdicke

Zahlen-Beispiel:

Relative Luftfeuchtigkeit 80 %, Lufttemperatur + 25 °C, Frischwassertemperatur + 5 °C, Wärmeleitzahl 0.06 W/mK, Rohr Ø NW 100 mm. Das Diagramm ergibt eine minimale Dämmdicke von 42 mm. Diese ist auf 50 mm Normdicke aufzurunden.



Abdruck des Diagramms mit Verfassergenehmigung aus dem Buch von Dr. J.S. Cammerer „Der Wärme- und Kälteschutz in der Industrie“, 4. Auflage 1962, Springer-Verlag

Dämmungen im Tauwasserbereich

Mediumtemperaturen + 1 Grad C bis + 20 Grad C

7. Bestimmung des Sperrwertes

Einleitung

Ein Dampfdruckgefälle von der Oberfläche der Umhüllung zur Rohroberfläche bewirkt Wasserdampfdiffusion durch das Dämmsystem und Ausscheiden von Tauwasser in demselben. Die richtige Dampfbremse verhindert ein Überschreiten der zulässigen Feuchtigkeitszunahme im Dämmsystem.

Beispiel

$t_1 = 6 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_2 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi_2 = 80 \%$
 $d_1 = 60 \text{ mm}$, $z = 10 \text{ Jahre}$, $F = 3 \%$

Bestimmung der Dämmdicke gemäss separatem Diagramm.

Gewählte Dämmdicke:
 $s = 40 \text{ mm}$

Bestimmung des Dampfdruckgefälles aus Diagramm
 Seite 2:

$P_2 = 1870 \text{ Pa}$, $P_{s1} = 940 \text{ Pa}$, $\Delta p = 930 \text{ Pa}$
 Bestimmung des Sperrwertes aus Diagramm
 Seite 3:
 $\mu_s = 65 \text{ mm}$

Begriffe

- t_1 Mediumtemperatur
- t_2 Lufttemperatur
- φ_2 relative Luftfeuchtigkeit der Umgebung
- d_1 Aussendurchmesser des Rohres bzw. Innendurchmesser der Dämmung
- z Zeit, während welcher die zulässige Feuchtigkeitszunahme im Dämmstoff nicht überschritten werden darf.
- F zulässige Feuchtigkeitszunahme des Dämmstoffes
- s zur Ausführung vorgesehene Dämmdicke
- Δp Dampfdruckgefälle von der Oberfläche der Umhüllung zur Rohroberfläche
- μ_s min. erforderliche diffusionsäquivalente Luftschichtdicke der Dampfbremse, damit während der Zeit z die Feuchtigkeitszunahme F nicht überschritten wird.

Berechnung:

Anlage:

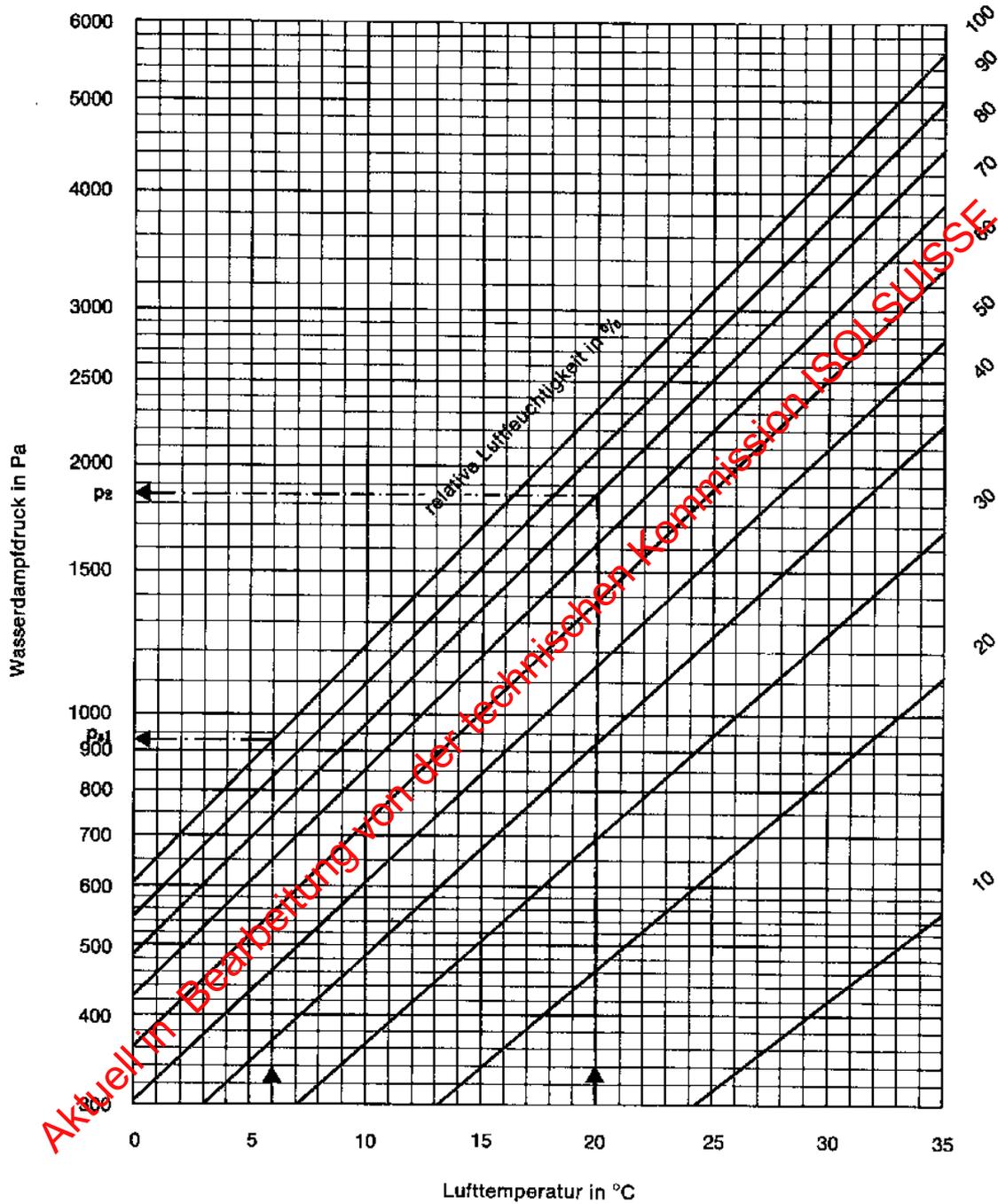
.....

t_1							$^\circ\text{C}$
t_2							$^\circ\text{C}$
φ_2							%
d_1							mm
z							Jahre
F							Vol. %
s							mm
Δp							Pa
μ_s							m

Bemerkungen:

.....

Bestimmung des Druckgefälles



Mediumtemperatur	t_1	°C
Lufttemperatur der Umgebung	t_2	°C
relative Luftfeuchtigkeit der Umgebung	φ_2	%
Dampfdruck auf der Oberfläche der Umhüllung	ρ	Pa
Sättigungsdruck auf der Rohroberfläche	ρ	Pa
Dampfdruckgefälle	$\rho_2 - \rho_{s1} = \Delta\rho$	Pa

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE

8.1 Dämmstoffe

	Rohrdichte	Anwendungstemperatur	BKZ	Wärmeleitfähigkeit bei 25 °C
PIR-Hartschaumshalen ohne FCKW	30 - 33 kg/m ³	-20 °C bis + 100 °C	5.3	0.030 W/m K
Schaumglasschalen oder Segmente	450 - 500 kg/m ³	-200 °C / bis + 600 °C	6.3	0.060 W/m K
Synthetischer Kautschuk	80 -90 kg/m ³	-40 °C bis + 105 °C	5.2	0.038 W/m K
PU Schaum ohne FCKW	45 - 50 kg/m ³	-60 °C bis + 100 °C	5.1	0.030 W/m K

8.2. Dampfsperren

Sperrwert (diffusionsäquivalente Luftschicht $\mu \cdot s$ [m])

Sperrstoff	Materialdicke (Mindestanforderung) mm	Sperrwertzahl $\mu \cdot s$ (m)				
		1000	200	100	50	10
Ansetzmasse bitumen-lösungsmittelfrei	Hohlraum- und Fugenfüllend					
– Flüssigüberstrich	0.3 - 0.5				X	
– Flüssigkunststoff zweifach	0.8 - 1.0			X		
– Flüssigkunststoff mehrlagig	1.2 - 1.5		X			
Klebebänder						
– Alu	0.05		X			
Folien						
– Alu Längs- und Querstösse verklebt	0.1	X				

Trockenschichtdicke Flüssigkunststoff = ½ Nassdicke

8.3 Sperrwert [m] bei Verwendung synthetischen Kautschuks mit unterschiedlich hohem Wasserdampfdiffusionswiderstand



Beispiel:
 Isolierschlauch M für Rohr DN 32
 Dämmschichtdicke $s = 22 \text{ mm}$
 Wasserdampfdiffusionswiderstand $\mu = 7000$
 Ergebnis: Sperrwert = 154 m

8.4 Umhüllungen

Material	Dicke	RfZ	Temperaturbeständigkeit in °C	Kurzbeschreibung
Hart-PVC-Folie	0.3 - 0.4	5.2	ca. 70 - 75	Geringe Festigkeit, für die Anwendung im Innern von Gebäuden geeignet, nicht UV-beständig, hohe chemische Resistenz
Alu-Grobkornfolie	0.2 - 0.3	6	ca. 300	Geringe Festigkeit, für die Anwendung im Innern von Gebäuden geeignet. Längs- und Querstösse mit aluklebebänder zusätzliche verklebt.
Alu-Folie	0.1	6	ca. 300	Sehr geringe Festigkeit, mechanisch nicht beanspruchbar.
Aluman 100 halbhart	0.6 - 1.0	6	ca. 300	Mittlere Festigkeit, gute atmosph. Beständigkeit, gute chem. Beständigkeit, sehr gut umformbar
Peraluman 150	0.6 - 1.0	6	ca. 300	Gute Festigkeit, hohe Korrosionsbeständigkeit.
Verz. Stahlblech	0.6 - 1.0	6	ca. 420	Gute Festigkeit, mechanisch stark beanspruchbar, Korrosionsgefahr an den Schittflächen
Chromstahl 1.4301	0.4 - 0.9	6	ca. 300	Hohe Festigkeit, hohe chemische Beständigkeit, mittelschwere Bearbeitung
Chromstahl 1.4435/36	0.4 - 0.9	6	ca. 400	Hohe Festigkeit, hohe chemische Beständigkeit, hohe Korrosionsbeständigkeit, schwierige Bearbeitung

Hinweis

Brandschutztechnische Anforderungen für Gewerbe, Industrie und Wohnungsbau

Hierbei empfehlen wir keine bitumen- und lösungsmittelhaltigen Dampfsperren und Ansetzmassen zu verarbeiten. Ebenso PVC-Umhüllungen. Die Anwendungsmethoden, Schichtdicken, Dämmstärken etc. sind jeweils objektspezifisch und gemäss Lieferantenspezifikation (Produktesystemwahl) festzulegen.

9. Anwendung der Dämmsysteme nach Montageorten

Diese gelten als Beispiele. Für Berechnungen und konkrete Vorschläge stehen die Fachfirmen des schweizerischen Isoliergewerbes zur Verfügung

Ausführungs Nr.:	Verteiler-räume + Zentralen	sichtbar	Zwischendecken		Hohl-räume	Fernleitung Kanal		im Freie n	Verteiler-räume + Zentralen	in Freien	Verteiler-räume + Zentralen	im Freien
			unbe-lüftet	belüftet		unbe-geh-bar	begeh-bar					
VSI	μ x s	10 m	Rohre					Apparate		Armaturen		
102.00.030	-	-	0	0	x	x	x	-	-	-	-	-
107.00.000	0	0	-	0	-	-	0	-	0	-	0	-
102.02.030	0	0	0	0	x	0	0	-	-	-	x	-
102.03.030	0	0	x	x	-	0	0	0	0	0	0	0
103.03.300	0	0	0	0	x	x	0	0	0	0	0	0
102.06.200	-	-	x	x	-	0	x	x	-	-	-	-
102.12.000	0	0	0	0	x	0	0	-	-	-	x	0
VSI	μ x s	50 m	Rohre					Apparate		Armaturen		
102.00.440	-	-	0	0	x	0	x	-	-	-	-	-
102.00.340	-	-	0	0	x	0	x	-	-	-	-	-
107.00.000	0	0	0	0	-	0	0	-	0	-	0	-
102.02.340	0	0	0	0	x	0	0	-	-	-	x	-
102.02.440	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0
VSI	μ x s	100 m	Rohre					Apparate		Armaturen		
102.00.440	-	-	0	0	x	0	x	-	-	-	-	-
102.00.340	-	-	0	0	x	0	x	-	-	-	-	-
107.00.000	0	0	-	0	-	0	0	-	0	-	0	-
102.02.340	0	0	0	0	x	0	0	-	-	-	x	-
102.03.340	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0

Legende: 0 = empfehlenswert x = möglich - = nicht empfehlenswert

Hinweis: Rohrleitungen und Apparate

Als Schutzschicht für Dampfbremsen empfehlen wir die Verwendung nichtdämmender Materialien, Schutzlagen z.B. PVC- / oder Alugrobkornfolie.

10. Ausführungsbeschreibung für Rohre / Armaturen

Vorbemerkung

Die Dämmung versteht sich immer auf gegen Korrosion (mindestens 200 μ) geschützte Anlageteile. Der Korrosionsschutz der Anlageteile wird in einer separaten Richtlinie behandelt.

10.1 Dämmsysteme mit einem Sperrwert ($\mu \times s$) bis 10

Ohne Umhüllung

- 102.00.030 PIR-Hartschaumschalen ohne FCKW fugensatt am Rohr montiert, mit plastifiziertem Draht befestigt. Ueberstrich mit Flüssigkunststoff
- 107.00.000 Synthetischer Kautschuk mit Spezialklebstoff diffusionsdicht verklebt. Schlauchmaterial am Rohr abgeschottet.

Mit Umhüllung

- 102.02.030 PIR-Hartschaumschalen ohne FCKW fugensatt am Rohr montiert, mit plastifiziertem Draht befestigt. Ueberstrich mit Flüssigkunststoff. Umhüllung mit PVC-Folie oder Alu Grobkornfolie.
- 102.12.030 PIR-Hartschaumschalen, trocken montiert, Flüssigkunststoff-Überstrich einlagig, Umhüllung aus Alu-Grobkornfolie 0.3 mm.
- 102.03.030 PIR-Hartschaumschalen ohne FCKW fugensatt am Rohr montiert, mit plastifiziertem Draht befestigt. Ueberstrich mit Flüssigkunststoff. Umhüllung aus Leichtmetallblech gesickt und genietet.
- 103.03.300 Fettbandage auf das bauseitig gereinigte und mit einem Korrosionsschutz-Anstrich versehene Rohr umwickelt und glattgestrichen. Isolieren der umwickelten Rohre mit PUR Ortsschaum ohne FCKW, RG ca. 40 - 50 kg/m³. Distanzhalterringe, in Abständen bis ca. 1000 mm auf Fettbandage befestigt. Umhüllung aus Leichtmetallblech gesickt, gedichtet, geschraubt oder genietet. Umhüllung gereinigt.

Erdverlegte Leitungen

- 102.06.200 PIR-Hartschaumschalen ohne FCKW mit Ansetzmasse an Rohr montiert, mit verz. Draht befestigt. Umhüllung mit Dachpappe und Bitumenüberstrich, Baumwollgewebebandagierung, Bitumenüberstrich.

10. Ausführungsbeschreibung für Rohre / Armaturen

Vorbemerkung

Die Dämmung versteht sich immer auf gegen Korrosion (mindestens 250 μ) geschützte Anlageteile. Der Korrosionsschutz der Anlageteile wird in einer separaten Richtlinie behandelt.

10.2 Dämmsysteme mit einem Sperrwert ($\mu \times s$) bis 50

Ohne Umhüllung

- 102.00.440 PIR-Hartschaumschalen ohne FCKW mit bitumen- und lösmittelfreier Ansetzmasse am Rohr montiert, mit plastifiziertem Draht befestigt und mit Flüssigkunststoff zweifach mit Zwischentrocknung und Bandagierung überstrichen.
- 102.00.340 Fettbandage auf das bauseitig gereinigte, und mit einem Korrosionsschutz-Anstrich versehene Rohr umwickelt und glattgestrichen. PIR-Hartschaumschalen ohne FCKW fugensatt auf das mit einer Fettbandage versehene Rohr montiert. Mit plastifiziertem Draht befestigt und mit Flüssigkunststoff zweifach mit Zwischentrocknung und Bandageneinglättung überstrichen.
- 107.00.000 Synthetischer Kautschuk in der nötigen Dämmstärke mit Spezialklebstoff diffusionsdicht verklebt. Schlauchmaterial am Rohr abgeschottet.

Mit Umhüllung

- 102.02.340 Fettbandage auf das bauseitig gereinigte und mit einem Korrosionsschutz-Anstrich versehene Rohr montiert. Mit plastifiziertem Draht befestigt und mit Flüssigkunststoff zweifach mit Zwischentrocknung und Bandageneinglättung überstrichen. Umhüllung aus PVC- oder Alu-Grobkornfolie. Stösse verschweisst oder mit Aluklebeband verklebt.
- 102.02.440 Fettbandage auf das bauseitig gereinigte und mit einem Korrosionsschutz-Anstrich versehene Rohr umwickelt und glattgestrichen. PIR-Hartschaumschalen ohne FCKW fugensatt auf das mit einer Fettbandage versehene Rohr montiert. Mit plastifiziertem Draht befestigt und mit Flüssigkunststoff zweifach mit Zwischentrocknung und Bandageneinglättung überstrichen. Schutz der Dampfsperre mit Polyäthylenstreifen. Umhüllung aus Leichtmetallblech gesickt und genietet. Stösse abgedichtet.

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLBUSSE

10. Ausführungsbeschreibung für Rohre / Armaturen

Vorbemerkung

Die Dämmung versteht sich immer auf gegen Korrosion (mindestens 300 μ) geschützte Anlageteile. Der Korrosionsschutz der Anlageteile wird in einer separaten Richtlinie behandelt.

10.3 Dämmsysteme mit einem Sperrwert ($\mu \times s$) x 100

Ohne Umhüllung

- 102.00.440 PIR-Hartschaumschalen ohne FCKW mit bitumen- und lösmittelfreier Ansetzmasse am Rohr montiert, mit plastifiziertem Draht befestigt und mit Flüssigkunststoff mehrfach mit Zwischentrocknungen und Bandageneinglättung überstrichen.
- 102.00.340 Fettbandage auf das bauseitig gereinigte und mit einem Korrosionsschutz-Anstrich versehene Rohr umwickelt und glattgestrichen. PIR-Hartschaumschalen ohne FCKW mit plastifiziertem Draht befestigt und mit Flüssigkunststoff mehrfach mit Zwischentrocknung und Bandageneinglättung überstrichen.
- 107.00.000 Synthetischer Kautschuk in der nötigen Dämmstärke mit Spezialklebstoff diffusionsdicht verklebt. Schlauchmaterial am Rohr abgeschottet.

Mit Umhüllung

- 102.02.340 Fettbandage auf das bauseitig gereinigte und mit einem Korrosionsanstrich versehene Rohr montiert PIR-Hartschaumschalen ohne FCKW mit plastifiziertem Draht befestigt und mit Flüssigkunststoff mehrfach mit Zwischentrocknung und Bandageneinglättung überstrichen. Schutz der Dampfbremse mit Polyäthylenstreifen. Umhüllung aus PVC- oder Alu-Grobkornfolie.
- 102.03.340 Fettbandage auf das bauseitig gereinigte und mit einem Korrosionsschutz-Anstrich versehene Rohr montiert PIR-Hartschaumschalen ohne FCKW mit plastifiziertem Draht befestigt und mit Flüssigkunststoff mehrfach mit Zwischentrocknung und Bandageneinglättung überstrichen. Schutz der Dampfbremse mit Polyäthylenstreifen. Umhüllung aus Leichtmetallblech gesickt und genietet.

11. Ausführungsbeschreibung für Apparate

11.1 Dämmsysteme mit Sperrwert ($\mu \times s$) bis 10

Ohne Umhüllung

- 802.00.030 PIR-Hartschaumsegmente fugensatt montiert mit plastifiziertem Draht befestigt. Ueberstrich mit Flüssigkunststoff.
- 807.00.000 Synthetischer Kautschuk in der nötigen Dämmstärke mit Spezialklebstoff auf die bauseits gereinigten und mit einem Korrosionsanstrich versehenen Apparate vollflächig aufgeklebt. Stösse auf gesamter Dämmstärke diffusionsdicht verklebt.

Mit Umhüllung

- 803.03.300 Fettbandage auf die bauseits gereinigten und mit einem Korrosionsanstrich versehenen Apparate umwickelt und glattgestrichen. Isolieren der umwickelten Apparate mit PUR Ortsschaum ohne FCKW, ρ ca. 40-50 kg/m³. Distanzhalterringe mit Abständen bis ca. 1000 mm auf Fettbandagen befestigt. Umhüllung aus Leichtmetallblech, geschraubt oder genietet. Umhüllung gereinigt
- 802.03.030 PIR-Hartschaumsegmente fugensatt montiert mit plastifiziertem Draht befestigt. Ueberstrich mit Flüssigkunststoff. Umhüllung mit Leichtmetallblech gesickt, gedichtet mit Nieten befestigt.

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISO SUISSE

11. Ausführungsbeschreibung für Apparate

11.2 Dämmsysteme mit Sperrwert ($\mu \times s$) bis 50

Ohne Umhüllung

802.00.440 PIR-Hartschaumsegmente ohne FCKW mit bitumen- und lösungsmittelfreier Ansetzmasse am Apparat montiert, mit plastifiziertem Draht befestigt und mit Flüssigkunststoff zweifach mit Zwischentrocknung und Bandagierung überstrichen.

807.00.00 Synthetischer Kautschuk in der nötigen Dämmstärke mit Spezialklebstoff auf die bauseits gereinigten und mit einem Korrosionsanstrich versehenen Apparate vollflächig aufgeklebt. Stösse auf gesamter Dämmstärke diffusionsdicht verklebt.

Mit Umhüllung

802.03.340 Fettbandage auf die bauseits gereinigten und mit einem Korrosionsanstrich versehenen Apparate umwickelt und glattgestrichen. Isolieren der Apparate mit PIR-Hartschaumsegmente ohne FCKW dergestalt aufgesetzt, mit plastifiziertem Draht befestigt und mit Flüssigkunststoff zweifach mit Zwischentrocknung und Bandageneinglättung überstrichen. Umhüllung aus Leichtmetallblech gesickt, gedichtet mit Schrauben oder Nieten befestigt.

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUIS

11. Ausführungsbeschreibung für Apparate

11.3 Dämmsysteme mit Sperrwert ($\mu \times s$) bis 100

Ohne Umhüllung

802.00.440 PIR-Hartschaumsegmente ohne FCKW mit bitumen- und lösungsmittelfreier Ansetzmasse am Apparat montiert, mit plastifiziertem Draht befestigt und mit Flüssigkunststoff mehrfach mit Zwischentrocknung und Bandageneinglättung überstrichen.

807.00.000 Synthetischer Kautschuk in der nötigen Dämmstärke mit Spezialklebstoff auf die bauseits gereinigten und mit einem Korrosionsanstrich versehenen Apparate vollflächig aufgeklebt. Stösse auf gesamter Dämmstärke diffusionsdicht verklebt.

Mit Umhüllung

802.03.340 Fettbandage auf die bauseits gereinigten und mit einem Korrosionsanstrich versehenen Apparate umwickelt und glattgestrichen. Isolieren der Apparate mit PIR-Hartschaumsegmente ohne FCKW dergensatt aufgesetzt, mit plastifiziertem Draht befestigt und mit Flüssigkunststoff mehrfach mit Zwischentrocknungen und Bandageneinglättung überstrichen. Umhüllung aus Leichtmetallblech gesickt, gedichtet mit Schrauben oder Nieten befestigt.

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUIS

Mitglieder der Technischen Kommission:

- **Heinrich Vogt, Obmann**
Novisol AG, Rheinfelden
- **Walter Baumann**
Schneider Dämmtechnik AG, Winterthur
- **Walter Jehle**
Novisol AG, Rheinfelden
- **Fredy Kleeb**
Lambda Dämmtechnik AG, Bern
- **Gerd Müller**
Steiert Isolierungen AG, Rheinfelden

Weitere Publikationen:

Richtlinien für Dämmungen im von Lüftungs- und Klimaanlage im Bereich Haustechnik 1996

Richtlinien für Dämmungen im Wärmebereich Haustechnik, 1996

Richtlinien für Wärmedämmungen von technischen Anlagen im Temperaturbereich von 100 °C bis 650 °C

F:\WORD\VSI\ORIGINAL\TK-TAU.DOC

Aktuell in Bearbeitung von der technischen Kommission ISOLSUISSE