

**Schweizerischer
Ingenieur- und Architekten-Verein**

Sia Empfehlung **380/3**
Ausgabe 1990

Wärmedämmung von Leitungen, Kanälen und Behältern in Gebäuden

8/1991

Herausgeber:
Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein
Postfach, 8039 Zürich Telefon 01/201 15 70, Fax 01/201 63 35
Normen- und Drucksachenverkauf, Telefon 01/201 15 72

Zusammenhang zwischen den SIA Normen in den Bereichen Hochbau und Haustechnik

Hochbau

Haustechnik

Ermittlung der Gebäudekennwerte

<p>416 <i>«Flächen und Inhalte»</i> - Ermittlung des Gebäudeinhaltes (m³) oder der Gebäudeflächen (m²) als Grundlage zur Kostenermittlung</p>	<p>180/4 <i>«Energiekennzahl»</i> - Berechnung der Energiebezugsfläche EBF - Vorausermittlung des Energieverbrauchs (MJ/m² a) mittels Energiekennzahlen - Bestimmung der Energiekennzahl aus dem Verbrauch</p>
<p>180/1 <i>Nachweis des mittleren k-Wertes der Gebäudehülle</i></p>	

Thermische und akustische Behaglichkeit

<p>180 <i>«Wärmeschutz im Hochbau»</i> - Sicherstellung der thermischen Behaglichkeit und Vermeidung von Bauschäden k-Wert-Berechnung/Dampfdiffusion</p>	<p>181 <i>«Schallschutz im Hochbau»</i> - Sicherstellung der akustischen Behaglichkeit - Schallschutzmassnahmen zur Erfüllung der Eidg. Lärmschutzverordnung LSV</p>
--	--

Ermittlung der Energiebilanz

<p>380/1 <i>Energie im Hochbau</i> - Vorausbestimmung des Energieverbrauches - Erstellen der Energiebilanz - Systemanforderungen - Einzelanforderungen für Kleinbauten und Umbauten</p>

Berechnung und Ausführung

<p>160 <i>«Einwirkungen auf Tragwerke»</i></p> <p>161 <i>«Stahlbauten»</i></p> <p>162 <i>«Betonbauten»</i></p> <p>164 <i>«Holzbauten»</i></p> <p>177 <i>«Mauerwerk»</i></p>	<p>380 <i>Grundlagen</i></p> <p>380/3 <i>«Wärmedämmung von Leitungen, Kanälen und Behältern»</i></p> <p>381 <i>Tabellen</i></p> <p>381/1 <i>«Baustoffkennwerte»</i></p> <p>381/2 <i>«Klimadaten»</i></p> <p>381/3 <i>«Heizgradtage»</i></p> <p>382 <i>Lüftungs- und Klimaanlage</i></p> <p>382/1 <i>«Technische Anforderungen»</i></p> <p>382/2 <i>«Kühlleistungsbedarf»</i></p> <p>382/3 <i>«Bedarfsnachweis»</i></p> <p>383 <i>Elektrische Anlagen (Normen des SEV)</i></p> <p>384 <i>Heizungs-Anlagen</i></p> <p>384/1 <i>«Zentralheizungen»</i></p> <p>384/2 <i>«Wärmeleistungsbedarf»</i></p> <p>384/4 <i>«Kamine Dimensionierung»</i></p> <p>385 <i>Sanitär-Anlagen</i></p> <p>385/3 <i>«Warmwasserversorgungen»</i></p>
<p>Hochbaunormen - Technische Anforderungen und Ausführungen</p>	

Werkvertrag

<p>Hochbaunormen - Leistung und Lieferung</p>	<p>118 <i>«Allgemeine Bedingungen für Bauarbeiten»</i></p> <p>380/7 <i>«Haustechnik»</i></p>
---	--

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite		Seite
0	Geltungsbereich	5	5
0 1	Zweck	5	5
0 2	Geltungsbereich	5	5
0 3	Mitgeltende Bestimmungen	5	5
1	Verständigung	6	
1 1	Physikalische Begriffe	6	
1 2	Konstruktionsbegriffe.....	6	
2	Planung	7	
2 1	Allgemeines	7	
2 2	Heizungsleitungen.....	8	
2 3	Kanäle und Rohre für Lüftungs - technische Anlagen	8	
2 4	Kälte- bzw. Kühlwasserleitungen und Armaturen	9	
2 5	Sanitärleitungen	9	
2 6	Behälter	10	
3	Berechnung der Wärmeverluste	11	
3 1	Vorbemerkung	11	
3 2	Grundsatz	11	
3 3	Berechnungsverfahren	11	
4	Werkstoffe	14	
5	Ausführung	15	
5 1	Allgemeines	15	
5 2	Dämmungen	15	
5 3	Tragkonstruktionen	16	
5 4	Begleitheizungen	17	
7	Leistung und Lieferung	18	
7 1	Ausschreibungsunterlagen	18	
7 2	Leistungen des Planers	18	
7 3	Leistungen des Unternehmers.....	18	
7 4	Ausmassvorschriften.....	18	
	Anhang	21	
A 1	Wärmeverluste, Tabellen	23	
A 2	Materialkennwerte, Tabellen	26	
A 3	Richtlinien der Anwendung von Dämmsystemen nach Montageort Tabellen	29	
A 4	Erläuterungen und Rechenbeispiele.....	35	
A 5	Publikationen	40	

0 GELTUNGSBEREICH

0 1 Zweck

Die vorliegende Empfehlung SIA 380/3 <Wärmedämmung von Leitungen, Kanälen und Behältern in Gebäuden> enthält Grundlagen für die Planung, Berechnung und Ausführung der erforderlichen Wärmedämmung zur Erfüllung der gestellten Anforderungen.

0 2 Geltungsbereich

Diese Empfehlung gilt für die Wärmedämmung von Leitungen, Kanälen und Behältern in Gebäuden, für die folgenden Fachbereiche:

- H Heizungsanlagen
- L Lüftungstechnische Anlagen
- K Kälteanlagen
- S Sanitäranlagen

Sie ersetzt den Teil <Wärmeisolierung> aus der Norm SIA 148 <Bedingungen für Wärme-, Kälte- und Schallisolierungen> (1951). Für die einzelnen Fachbereiche gelten insbesondere folgende Abgrenzungen :

- | | | |
|--|----------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> H | Heizungsanlagen | Verteilleitungen in Gebäuden, Armaturen, Heisswasser und Dampfleitungen für Betriebstemperaturen $\leq 130^{\circ}\text{C}$ |
| <input type="checkbox"/> L | Lüftungstechnische Anlagen | Apparate, Kanäle und Lüftungsrohre |
| <input type="checkbox"/> K | Kälteanlagen | Leitungen und Armaturen für Kältemittel, bis etwa -30°C |
| <input type="checkbox"/> S | Sanitäranlagen | Leitungen und Armaturen für Kaltwasser, Warmwasser und Entsorgungsanlagen |
| <input type="checkbox"/> H, <input type="checkbox"/> K, <input type="checkbox"/> S | | Behälter wie Speicher, Wasserwärmer, Wärmetauscher und Ausdehnungsgefässe für Betriebstemperaturen $\leq 130^{\circ}\text{C}$. |

Nicht behandelt werden in dieser Empfehlung die industriellen Anlagen, Fernheizungen, werkgedämmte Apparate sowie die speziellen Probleme der Schalldämmung und des Brandschutzes. In dieser Empfehlung sind keine Anforderungen bezüglich der Dämmdicke enthalten, da diese in den entsprechenden Energie und Baugesetzen festgehalten und in der Empfehlung SIA 380/1 aufgeführt werden.

0 3 Mitgeltende Bestimmungen

Im Text dieser Norm wird auf die nachfolgend aufgeführten Normen und Empfehlungen verwiesen. Diese sind ganz oder in Teilen, im Sinne des Verweises mitgeltend.

- | | |
|----------------------|---|
| Norm SIA 118 | <i>Allgemeine Bedingungen für Bauarbeiten</i> |
| Norm SIA 181 | <i>Schallschutz im Hochbau</i> |
| Norm SIA 183 | <i>Brandschutz</i> |
| Norm SIA 279 | <i>Wärmedämmstoffe, Materialprüfung, Toleranzen und Rechenwerte</i> |
| Empfehlung SIA 380/1 | <i>Energie im Hochbau</i> |
| Norm SIA 380/7 | <i>Haustechnik</i> |
| Empfehlung SIA 381/1 | <i>Baustoff-Kennwerte</i> |
| Norm SIA 384/1 | <i>Zentralheizungen</i> |
| Norm SIA 385/3 | <i>Warmwasserversorgungen für Trinkwasser in Gebäuden</i> |

1 VERSTÄNDIGUNG

1.1 Physikalische Begriffe

Auslegungstemperatur	Die den Berechnungen zugrunde gelegte maximale resp. minimale Betriebstemperatur
Dampfbremse	Im Gegensatz zu den Hochbaunormen ist im Sinne dieser Empfehlung die Dampfbremse eine Schicht mit einem Diffusionswiderstand $s_d \geq 10 \text{ m}$
Dampfsperre	Im Gegensatz zu den Hochbaunormen ist im Sinne dieser Empfehlung die Dampfsperre eine Schicht aus Werkstoffen, die nachweisbar keinen Dampfdurchgang zulässt und eine entsprechende Verarbeitung erfordert.
Mitteltemperatur	Die für die Wärmeleitfähigkeit massgebende mittlere Dämmstofftemperatur
Wärmedämmsystem	Mehrschichtiger Aufbau von Komponenten, die bezüglich Funktion sowie chemischer und physikalischer Eigenschaften auf die Einsatzbedingungen abgestimmt sind
Wärmedämmung	Schicht aus wärmedämmenden Stoffen mit einer Wärmeleitfähigkeit von $\lambda \leq 0,08 \text{ W/mK}$, gemessen bei einer Temperatur von 55°C

1.2 Konstruktionsbegriffe

Auflager	Formstücke aus druckfesten Stoffen mit niedriger Wärmeleitfähigkeit; sie übertragen die Lasten aus dem Objekt.
Befestigungsmittel	Werkstoffe und Elemente zum Befestigen der Wärmedämmsysteme wie Binder, Schrauben, Nieten, Kleber usw.
Stützkonstruktion	Stützkonstruktionen halten die Ummantelung im Abstand der Dämmdicke vom Objekt.
Tragkonstruktion	Bei Dämmungen an senkrechten oder stark geneigten Objekten ist das Gewicht der Dämmung durch Tragkonstruktionen aufzunehmen.
Ummantelung	Schutzschicht der Wärmedämmung von äusseren Einflüssen, welche separat montiert wird, oder als äussere verdichtete Schicht der Wärmedämmung erstellt wird; diese kann auch die Funktion einer Dampfbremse übernehmen.

2 PLANUNG

2 1 Allgemeines

2 1 1 Qualität der Dämmungen

Es sind nur solche Werkstoffe zu verwenden, die den Anforderungen bezüglich der Gesundheit und dem Umweltschutz entsprechen. Insbesondere gilt dies für Kunststoffschäume, Klebstoffe und Anstriche.

Die Dämmstoffe sind entsprechend der Temperatur des Mediums auszuwählen.

Es sind solche Dämmstoffe zu verwenden, die ihre Dämmwirkung (Wärmeleitung, Formstabilität) bei vorgegebenen Betriebsbedingungen beibehalten.

Die zur Verwendung gelangenden Stoffe müssen mit den angrenzenden Werkstoffen verträglich sein. Dämmstoffe dürfen keine Bestandteile enthalten, die bei der vorgesehenen Betriebsart schädlich auf die zu dämmende Installation einwirken können.

Die Dämmstoffe sind genau zu umschreiben.

Art und Werkstoff der zu dämmenden Leitungen und Apparate müssen bekannt sein.

Die Dämmdicken haben den gestellten Anforderungen bezüglich der Wärmeverluste zu genügen.

2 1 2 Ummantelung der Dämmung

Geeignete Werkstoffe für Ummantelungen sind aus Tabelle 8 Anhang A 2 ersichtlich.

Der Werkstoff der Ummantelung kann das Brandverhalten des Dämmsystems massgeblich beeinflussen; dies ist bei der Auswahl des Mantelmaterials zu berücksichtigen.

Wo notwendig sollen die Ummantelungen die Dämmstoffe gegen mechanische Beschädigungen und Witterungseinflüsse schützen, die Ummantelungen können darüber hinaus noch die Funktion einer Dampfbremse übernehmen.

Werden in explosionsgefährdeten Bereichen elektrostatisch aufladbare Mantelstoffe verwendet (z. B. nichtleitende Kunststoffe), so müssen sie geerdet werden. Diese Arbeiten sind von einer Elektrofachfirma auszuführen.

Bei sichtbar verlegten Leitungen und Leitungen in luftführenden Deckenhohlräumen ist eine Ummantelung der Dämmung notwendig.

Bei übrigen Schächten, Kanälen und Deckenhohlräumen sowie unter Putz verlegten gedämmten Leitungen ist keine Ummantelung erforderlich.

Werden Dämmungen mit einer Dampfbremse versehen, so ist es mit Ausnahme der unter Putz verlegten Leitungen empfehlenswert, diese mittels einer Ummantelung zu schützen.

2 1 3 Brandschutz

Bei der Wahl der Wärmedämmungen sind die Anforderungen, gemäss Empfehlung SIA 183 sowie der <Wegleitung für Feuerpolizeivorschriften> der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF), zu berücksichtigen.

Die brandschutztechnischen Eigenschaften der Wärmedämmung von Leitungen werden nach der Klassierung <Brennbarkeit und Qualmbildung> (Brandkennziffer) angegeben. Für Lüftungskanäle und -rohre ist die Klassierung nach dem <Feuerwiderstand> massgebend.

Bei Brandabschnitten ist der Abschottung von Wand- und Deckendurchführungen besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

2 1 4 Schalldämmung

Bei Wand und Deckendurchführungen von Kanälen und Rohrleitungen sowie bei der Befestigung von Apparaten ist auf die Schalldämmung zu achten.

Grundsätzlich ist für die Schalldämmung die Norm SIA 181 zu beachten.

2 1 5 Korrosionsschutz

Die zu dämmenden Leitungen, Apparate und Behälter sind mit einem zweckmässigen Korrosionsschutz zu versehen.

2 1 6 **Hygienische Bedingungen**

Die verwendeten Werkstoffe dürfen keine unzulässigen Mengen von Stoffen mit gesundheitsschädlichem Charakter ausscheiden.

2 1 7 **Platzbedarf für Dämmungen**

Bei der Planung der Dämmungen ist es unbedingt notwendig, dass der verantwortliche Planer den Gesamtleiter über den Platzbedarf der zu dämmenden Anlageteile informiert.

2 1 8 **Wärmedämmsysteme**

Aufbau und Anwendung von gebräuchlichen Wärmedämmsystemen sind in Anhang A 3 enthalten.

2 1 9 **Verteiler und Armaturen**

Je nach den gestellten Anforderungen ist in der Regel auch bei Verteilern und Armaturen für Heizung und Warmwasser eine Wärmedämmung anzubringen.

2 2 **Heizungsleitungen**

Die Anwendung geeigneter Dämmsysteme geht, je nach Montageort, aus der Tabelle 9 im Anhang A 3 hervor.

2 3 **Kanäle und Rohre für Lüftungstechnische Anlagen**

2 3 1 **Allgemeines**

Die Anwendung geeigneter Dämmsysteme geht, je nach Montageort, aus der Tabelle 12 im Anhang A 3 hervor.

Im allgemeinen sind Um-, Ab- und Fortluftkanäle bzw. -rohre nicht zu dämmen. Eine Ausnahme können Anlagen mit Wärmerückgewinnung, Sonder- und Industrieanlagen bilden. In Spezialfällen sind die gleichen Überlegungen wie in Ziffer 2 3 2 anzustellen und entsprechende Berechnungen durchzuführen.

2 3 2 **Zuluftkanäle und Zuluftrohre**

Zuluftkanäle und Zuluftrohre sind wie Aussenluftkanäle und -rohre zu dämmen, sofern die Temperaturdifferenz zwischen dem durchströmenden Medium und der umgebenden Luft grösser ist als 5 K. Bei kleineren Temperaturdifferenzen ist im Normalfall keine Kanal- bzw. Rohrdämmung notwendig.

2 3 3 **Aussenluftkanäle und Aussenluftrohre**

Innendämmung:

Zur Verhinderung von Oberflächenkondensat sind Kanäle und Rohre auf der Innenseite genügend dick zu dämmen. Die Oberfläche der Dämmung soll bei einer Strömungsgeschwindigkeit bis mindestens 30 m/s abriebfest sein. Dämmstoffe sind dauerhaft und gegen äussere Einflüsse resistent an den Kanalwänden zu befestigen.

Aussendämmung:

Zur Verhinderung von Oberflächenkondensat und Kondensation im Wandinnern sind Kanäle und Rohre genügend dick zu dämmen. Wo notwendig, sind diese Dämmstoffe mit einer Ummantelung gegen Beschädigungen zu schützen. Diese Ummantelung kann, entsprechend gedichtet, zugleich als Dampfbremse dienen. Andernfalls ist eine zusätzliche Dampfbremse anzubringen.

2 3 4 **Wasserdampfkondensation**

Besteht die Gefahr von Kondensatbildung auf der Innen- oder Aussenseite von Kanälen und Rohren, so muss die Wärmedämmung mit einer lückenlosen Dampfbremse ummantelt werden.

2 4 K Kälte- bzw. Kühlwasserleitungen und Armaturen

2 4 1 Allgemeines

Die Anwendung geeigneter Dämmsysteme geht, je nach Montageort, aus den Tabellen 11 und 14 im Anhang A 3 hervor.

Bei der Planung muss besonders beachtet werden:

- Die Oberflächenbehandlung der zu dämmenden Leitungen und Armaturen muss einen sicheren Korrosionsschutz ergeben.
- Die Oberflächenbehandlung und der Ansetzstoff müssen aufeinander abgestimmt sein.
- Die Dampfbremse ist so zu bemessen, dass die Feuchtezunahme im Dämmstoff zulässige Grenzen nicht überschreitet.

2 4 2 Dämmung

Als Dämmung können Schalen, Ortsschäume oder Fertigdämmsysteme verwendet werden. Schalen sind satt am Rohr mit einem geeigneten Material anzusetzen. Die Längs- und Stossfugen sind vollständig mit einem geeigneten Dichtstoff zu schliessen. Alle Dämmstoffe sind mit einer äusseren lückenlosen Dampfbremse zu ummanteln.

2 4 3 Ummantelung

Die Ummantelung dient als Schutz der Dampfbremse und sollte in Metall ausgeführt werden. Bei Ortsschaum muss die Ummantelung die notwendige Dampfbremse bilden.

2 4 4 Verteiler und Armaturen

Folgende drei Lösungen sind möglich:

- Verteiler und Armaturen werden mit einer speziellen Spritzdämmung versehen. Vor Ausführung der Dämmarbeiten ist ein Korrosionsschutz vorzusehen.
- Will man die Verteiler und deren Abgänge mit einer anderen Dämmung als Spritzdämmung versehen, so können sie wie Rohrleitungen gedämmt werden. Sollen die Armaturen ebenfalls anders als mit Spritzdämmung gedämmt werden, so sind die Spindeln der einzubauenden Ventile, Schieber usw. nicht senkrecht nach oben, sondern waagrecht, etwas nach vorne hängend oder senkrecht nach unten zeigend zu montieren. Die gleiche Montageausführung gilt auch für Thermometer- und Fühlerstützen usw. Die Rohrteile und Armaturen sind vor Ausführung der Dämmarbeiten gegen Korrosion zu behandeln. Bei unsorgfältiger Planung oder unsachgemässer Ausführung können bei einer solchen Dämmung schwere Korrosionsschäden entstehen.
- Die Verteiler und Armaturen werden nicht gedämmt. Das an den Verteilerbalken, Rohrabgängen und Armaturen auftretende Schwitzwasser wird mit einer geeigneten Vorrichtung aufgefangen und abgeleitet. Alle nicht gedämmten Rohrteile und Armaturen sind gegen Korrosion zu schützen.

2 4 5 Rohrbefestigungen

Rohrbefestigungen müssen korrosionsgeschützt sein. Ihnen ist bereits bei der Planung besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Wärmebrücken sind unbedingt zu vermeiden. Auf alle Fälle sind Befestigungen so anzuordnen, dass eventuell auftretendes Schwitzwasser nicht in die Dämmung, sondern immer von der Dämmung wegfließt.

Gedämmte Anlageteile dürfen in der Regel nicht für die Befestigung anderer Installationen benützt werden. (Ausnahmen sind ohne weiteres möglich, wenn die Befestigung z. B. kleiner Rohre mittels über die Metall-Ummantelung angebrachter Briden erfolgt.)

2 5 S Sanitärleitungen

2 5 1 Kaltwasserleitungen

Die Anwendung geeigneter Dämmsysteme geht, je nach Montageort, aus der Tabelle 10 im Anhang A 3 hervor.

Der Aufbau der Dämmung, inklusive einer allenfalls notwendigen Dampfbremse, ist auf die Kaltwassertemperatur sowie die Temperatur und Feuchtigkeit ausserhalb der Dämmung abzustimmen.

2 5 2 Warmwasserverteil- und Zirkulationsleitungen

Die Anwendung geeigneter Dämmsysteme geht, je nach Montageort, aus der Tabelle 9 im Anhang A 3 hervor.

2 5 3 Regen- und Schmutzabwasserleitungen in Gebäuden

Die Anwendung geeigneter Dämmsysteme geht, je nach Montageort, aus der Tabelle 10 im Anhang A 3 hervor.

Wo Kondensat auftreten kann, das von der Raumnutzung her unerwünscht ist, werden die Regenabwasserleitungen und Einläufe gedämmt. Fällt das Kondensationswasser bei Leitungen in untergeordneten Räumen wie z. B. Garagen an, so kann auf eine Dämmung verzichtet werden. Regenwassereinläufe sind mittels eines angepassten Schaumstoffkörpers zu dämmen.

Diese Leitungen sind gegebenenfalls gegen Schallübertragung zu dämmen.

2 5 4 Begleitheizung

Sanitärleitungen sind so zu führen, dass sie nicht frostgefährdet sind. Ist dies nicht möglich, so müssen sie nicht nur gedämmt, sondern zusätzlich gegen Frost geschützt werden, z. B. durch Begleitheizkabel.

2 6 Behälter

H, K, L

Die Anwendung geeigneter Dämmsysteme geht, je nach Montageort, aus der Tabelle 13 bzw. 14, im Anhang A 3 hervor

Die Behälter, mit Ausnahme der Kühl- und Kaltwasserspeicher, können mit Schaumstoff- oder Fasermatten bzw. -platten oder auch mit Ortsschaum gedämmt werden. Die Mannlochdeckel und Heizregisterflanschen sind immer mit derselben Dämmdicke zu dämmen wie der Behälter selbst.

Zum Schutz der Dämmstoffe ist eine Ummantelung erforderlich.

Besteht die Gefahr von Kondensatbildung, so muss die Ummantelung eine lückenlose Dampfbremse bilden.

3 BERECHNUNG DER WÄRMEVERLUSTE

3.1 Vorbemerkung

Das Berechnungsverfahren, gemäss 3.3, führt zu physikalisch korrekten Werten für die Wärmeverluste in Leitungen, Behältern und Kanälen. Aufgrund seiner Vollständigkeit und Detailliertheit ist es jedoch relativ aufwendig. Für kleinere Anlagen, gemäss Empfehlung SIA 380/1 (< 500 m² EBF) ist deshalb ein vereinfachtes Verfahren zulässig, in welchem die Ziel und Grenzwerte für die Wärmeverluste angegeben sind, die Verteilverluste jedoch überschlagsmässig ermittelt werden.

3.2 Grundsatz

Die gesamten Wärmeverluste setzen sich aus den Verlusten aller Einzelkomponenten eines Wärmeverteilsystems, d. h. Rohrleitungen, Behältern und Armaturen, zusammen. Damit sich die Wärmeverluste im einzelnen bestimmen lassen, müssen deshalb neben der Wärmeleitfähigkeit des Dämmmaterials auch die Verluste über Aufhängungen und Armaturen und von Behältern berücksichtigt werden.

Damit sich die Wärmeverluste im einzelnen bestimmen lassen, müssen diese weiteren Einflüsse quantifiziert werden.

Die bisher bekannten Werte sind in den Tabellen 2, 3 und 4 im Anhang A 1 angegeben.

Die gesamten Wärmeverluste eines Verteilsystems berechnen sich demnach wie folgt:

$$Q_{\text{TOT}} = Q_{\text{R}} + Q_{\text{A}} + Q_{\text{B}} + Q_{\text{E}} \quad (\text{MJ/a})$$

Q_{TOT} = Gesamte Wärmeverluste pro Jahr

Q_{R} = Wärmeverluste von Rohrleitungen

Q_{A} = Wärmeverluste von Armaturen und Rohrbefestigungen

Q_{B} = Wärmeverluste von Behältern und Apparaten

Q_{E} = Wärmeverluste von Warmwassereinzelleitungen, gemäss SIA 385/3

Für luftführende Verteilsysteme (Kanäle) findet sich die Berechnung in 3.5.

3.3 Berechnungsverfahren

3.3.1 Wärmeverluste von Rohrleitungen

Die Rohrleitungen werden in Abschnitten äquivalenter Ausführung eingeteilt. Einteilungskriterien sind der Rohraussendurchmesser, die Dämmdicke und der Einbau (horizontal, vertikal, Wandverlegung). Für jeden Abschnitt wird der Wärmeverlust separat berechnet. Die Summierung der Einzelwärmeverluste über alle Abschnitte ergibt den Gesamtwärmeverlust.

$$Q_{\text{R}} = Q_{\text{R1}} + Q_{\text{R2}} + \dots + Q_{\text{Rn}} \quad (\text{MJ/a})$$

Die einzelnen Verlustsummanden errechnen sich wie folgt:

$$Q_{\text{R,j}} = k_{\text{R,j}} \cdot l_{\text{R,j}} \cdot \Delta\vartheta_{\text{R,j}} \cdot Z \cdot F_{\text{R,j}} \cdot \frac{3,6}{1000} \quad (\text{MJ/a})$$

Der Index j bezeichnet den j-ten Abschnitt der Rohrleitung.

$k_{R,i}$ = Wärmeverlust pro m Rohrlänge und pro K Temperaturdifferenz (W/m²K)

$$k_{R,j} = \frac{\Pi}{\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_{a,j}}{d_{i,j}} + \frac{1}{\alpha_a \cdot d_{a,j}}}$$

$d_{i,j}$ = Aussendurchmesser der Rohrleitung (m)

$d_{a,j}$ = Aussendurchmesser der Wärmedämmung (m)

λ = Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes (Rechenwert, bezogen auf die mittlere Dämmstofftemperatur, siehe Anhang A 41) (W/m²K)

α_a = Äusserer Wärmeübergangskoeffizient gedämmte Rohre (W/m²K)
 Rechenwerte: $\alpha_a = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$ für horizontale Rohre
 $\alpha_a = 12 \text{ W/m}^2\text{K}$ für vertikale Rohre

$l_{R,j}$ = Länge des j-ten Abschnittes (m)

$\Delta\vartheta_{R,j}$ = mittlere Temperaturdifferenz zwischen Medium und Umgebung während der Betriebszeit für Abschnitt j (K)

z = jährliche Betriebszeit (h/a)

\ln = Logarithmus naturalis

$F_{R,j}$ = Korrekturfaktor für den j-ten Rohrabschnitt; $F_{R,j}$ setzt sich im allgemeinsten Fall aus mehreren Einzelfaktoren zusammen (–)

$$F_{R,j} = f_{j1} \cdot f_{j2} \cdot f_{j3} \cdot \dots \cdot f_k \quad (–)$$

Tabelle 2 im Anhang A1 gibt eine Übersicht über die Einzel- Korrekturfaktoren f für Rohrleitungen.

3 3 2 Wärmeverluste von zusätzlichen Bauteilen

Durch zusätzliche Bauteile wie Flanschen, Armaturen, Befestigungen usw. ergeben sich Zusatzwärmeverluste. Die Zusatzwärmeverluste pro Element können gemäss untenstehender Formel berechnet werden, falls ein gemessener Wert, z.B. aus einer Typenprüfung, vorliegt. Durch Addition der Einzelwerte aller Zusatzwärmeverluste ergibt sich der gesamte Zusatzwärmeverlust:

$$\dot{Q}_A = \Delta\vartheta \cdot z \cdot \frac{3,6}{1000} \left[\dot{Q}_{A1} + \dot{Q}_{A2} + \dots + \dot{Q}_{Ak} \right] \quad (\text{MJ/a})$$

Für eine angenäherte Berechnung wärmegegedämmter Armaturen und Rohraufhängungen können die Werte aus der Tabelle 3 im Anhang A1 benutzt werden.

$\dot{Q}_{A,i}$ = spezifischer Wärmeverlust des zusätzlichen Bauteils gemäss Typenprüfung (W/K)

$\Delta\vartheta$ = mittlere Temperaturdifferenz zwischen Medium und Umgebung während der Betriebszeit (K)

z = Betriebsdauer der Anlage pro Jahr (h/a)

3 3 3 Wärmeverluste von Behältern

Die Behälter können in zwei Kategorien eingeteilt werden:

- werksgedämmte Behälter
- ortsgedämmte Behälter

Bei werksgedämmten Behältern kann der Wärmeverlust Q_B aus Resultaten von Typenprüfungen entnommen werden.

Bei ortsgedämmten Behältern kann der Wärmeverlust Q_B gemäss folgender Beziehung berechnet werden:

$$Q_B = z \cdot \Delta\vartheta_B \cdot \frac{3,6}{1000} \left[k_B \cdot A_B \cdot F_B + \dot{Q}_{BZ} \right] \quad (\text{MJ/a})$$

k_B = k-Wert der Wärmedämmung des Behälters (W/m²K)

$$k_B = \frac{1}{\sum \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_a}}$$

α_a = äusserer Wärmeübergabekoeffizient (Rechenwert: $\alpha_a=8$ W/m²K) (W/m²K)

s = Dicke einer Dämmschicht (m)

λ = Wärmeleitfähigkeit einer Dämmschicht (W/mK)

A_B = Behälteroberfläche (m²)

$\Delta\vartheta_B$ = Mittlere Temperaturdifferenz zwischen Behältermedium und Umgebung während der Betriebszeit (K)

z = Betriebsdauer der Anlage pro Jahr (h/a)

F_B = Korrekturfaktor für Zusatzwärmeverluste (–)

F_B setzt sich aus verschiedenen Einzelfaktoren $f_{B1} \dots f_{Bn}$ zusammen:

$$F_B = f_{B1} \cdot f_{B2} \cdot \dots \cdot f_{Bn} \quad (–)$$

\dot{Q}_{BZ} = Zusatzwärmeverluste durch Speicheranbauten wie Flansche, Rohrabgänge, Standbeine usw. (siehe Tabelle 4 im Anhang A1) (W/K)

3 3 4 Wärmeverluste von Einzelleitungen

Abhängig von der Anzahl sowie der zeitlichen Abfolge von Warmwasserentnahmen, ergeben sich entsprechende Wärmeverluste. Man unterscheidet

- Häufige Wasserentnahmen, bei denen sich das Wasser in den Leitungen zwischen den einzelnen Wasserentnahmen nur wenig abzukühlen vermag. Die Berechnung der Verluste erfolgt daher gemäss 3 3 1.
- Gelegentliche Wasserentnahmen, bei denen der Wärmeverlust wie folgt berechnet wird:

$$Q_E = c \cdot N_a \cdot l \cdot \Delta\vartheta \cdot \frac{3,6}{1000} \quad (\text{MJ/a})$$

c = mittlere Wärmespeicherfähigkeit der Rohrleitung inkl. Medium (W/m²K)

N_a = Gesamtzahl der Entnahmezyklen pro Jahr 1/a

l = gesamte Länge der Einzelleitungen (m)

$\Delta\vartheta$ = Mittlere Temperaturdifferenz zwischen Medium und Umgebung während der Betriebszeit (K)

33 5 Wärmeverluste von Kanälen

Für Kanäle berechnen sich die Wärmeverluste wie folgt:

$$Q_{k,j} = k_{k,j} \cdot U_{k,j} \cdot I_{k,j} \cdot \Delta\vartheta_{k,j} \cdot z \cdot F_{k,j} \cdot \frac{3,6}{1000} \quad (\text{MJ/a})$$

Diese Annäherung berücksichtigt weder Wärmebrücken noch allfällige Leckverluste.

$$k_{k,j} = \text{k-Wert der Kanalwände} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_a}} \quad (\text{W/m}^2\text{K})$$

$$\alpha_i = \text{Innerer Wärmeübergangskoeffizient für gedämmte Kanäle} \quad (\text{W/m}^2\text{K})$$

Rechenwerte: $\alpha_i = 15 \text{ W/m}^2\text{K}$ für $w = 5 \text{ m/s}$
 $\alpha_i = 30 \text{ W/m}^2\text{K}$ für $w = 10 \text{ m/s}$

$$w = \text{Luftgeschwindigkeit im Kanal} \quad (\text{m/s})$$

$$s = \text{Dicke einer Dämmschicht} \quad (\text{m})$$

$$\lambda = \text{Wärmeleitfähigkeit einer Dämmschicht} \quad (\text{W/m}^2\text{K})$$

Rechenwert aus SIA 279 oder SIA 381/1 zu entnehmen

$$\alpha_a = \text{Äusserer Wärmeübergangskoeffizient *) für gedämmte Kanäle} \quad (\text{W/m}^2\text{K})$$

Rechenwert: $\alpha_a = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$U_{k,j} = \text{äusserer gedämmter Kanalumfang} \quad (\text{m})$$

$$I_{k,j} = \text{Kanallänge} \quad (\text{m})$$

$$\Delta\vartheta_{k,j} = \text{mittlere Temperaturdifferenz zwischen Medium und Umgebung} \quad (\text{K})$$

$$z = \text{Betriebsdauer der Anlage pro Jahr} \quad (\text{h/a})$$

$$F_{k,j} = \text{Korrekturfaktor (Wert noch offen)} \quad (-)$$

*) α_a für Alumanummantelung $\cong 5 \text{ W/m}^2\text{K}$, wenn Oberfläche glänzend (unverschmutzt);
der Einfluss von α_a auf die Wärmeverluste ist gering, dagegen grösser auf die
Oberflächentemperatur.

4 WERKSTOFFE

4 1 Die Qualität der Werkstoffe muss den im Kapitel 2 sowie in den Tabellen bzw. der Figur 1 im Anhang A 2 festgelegten Anforderungen entsprechen. Sie müssen untereinander und mit den angrenzenden Materialien verträglich sein.

4 2 Die Materialkennwerte bzw. Wärmeleitfähigkeiten finden sich

- für Dämmstoffe in den Tabellen 5 und 6 sowie in Figur 1
- für Dämpfbremsen in Tabelle 7
- für Ummantelungen, die zugleich auch als Dämpfbremsen dienen können, in Tabelle 8.

5 AUSFÜHRUNG

5 1 Allgemeines

1. Alle verwendeten Werkstoffe müssen den von der Planung festgelegten Anforderungen genügen.
2. Die zu dämmenden Rohrleitungen müssen fertiggestellt und einer Dichtigkeitsprüfung unterzogen worden sein.
3. Die Anlage darf während der Montage der Dämmung nicht in Betrieb sein.
4. Die zu dämmenden Anlageteile müssen trocken, schmutz-, rost- und fettfrei sein.
5. Korrosionsgefährdete Anlageteile müssen geschützt sein.
6. Rohrleitungen, Armaturen und Apparate müssen so montiert werden, dass der für das Anbringen der Dämmung notwendige Raum vorhanden ist.
7. Gedämmte Anlageteile dürfen in der Regel nicht für die Befestigung anderer Installationen benutzt werden. Ausnahmen sind möglich, wenn die Befestigung z.B. kleiner Rohre mittels über die Metallummantelung angebrachter Briden erfolgt.
8. Im Bereich der Armaturen dürfen Bezeichnungsschilder, Thermometer, Entleer und Entlüftungshähnen und -leitungen sowie elektrische Anschlussleitungen die verlangte Dämmdicke wie auch die Montage von festen und demontierbaren Kappen nicht beeinträchtigen.
9. Die Rohrführung bei Wand- und Deckendurchbrüchen muss so angelegt sein, dass die Einhaltung der Dämmdicke und die Ausführung des vorgesehenen Dämmsystems gewährleistet sind. Die Wegleitungen der Kant. Gebäudeversicherungen sind zu beachten.

5 2 Dämmungen

5 2 1 Dämmungen von Rohrleitungen

H, **S**, **K**

1. Die gemeinsame Dämmung mehrerer Rohrleitungen mit unterschiedlichen Mediumtemperaturen ist zu vermeiden.
2. Die Wärmedämmung ist vor Witterungseinflüssen und mechanischen Beschädigungen zu schützen.
3. Wärmedämmungen sind satt gestossen und fugenversetzt anzubringen.
4. Hohlräume zwischen Rohrleitungen und Dämmstoff sind zu vermeiden.
5. Dämmsysteme sind so zu montieren, dass demontierbare Armaturen ohne Beschädigungen der Dämmung ein- und ausgebaut werden können, z. B. Berücksichtigung von Schraubenlängen bei Flanschverbindungen.

5 2 2 Dämmungen von Kanälen und Rohren für Lüftungstechnische Anlagen

L

Bei Innendämmungen ist zu berücksichtigen:

1. Bei aufgeklebter Dämmung ist diese ganzflächig mit Klebstoff zu befestigen.
2. Der Klebstoff darf beim Anlagebetrieb keine unzulässigen Mengen von Schadstoffen abgeben.
3. Die besondere Gefahr des Abriebs besteht an den Stössen, weshalb diese durch Überkleben oder Überdecken zu sichern sind. Bei grossflächigen Dämmungen ist auch in der Fläche eine Befestigung anzubringen.

Aussendämmungen sind wie Dämmungen von Rohrleitungen, gemäss 5 2 1, auszuführen.

5 2 3 Behälter

H, **S**, **K**

1. Bei der Wahl der Stützkonstruktion ist auf den Werkstoff und die Ausführung (Schweisbarkeit) des Behälters Rücksicht zu nehmen.
2. Der Dämmstoff ist satt gestossen und fugenversetzt anzubringen.

3. Hohlräume zwischen Behälter und Dämmstoff sind zu vermeiden. Anschlussstutzen sind zu dämmen.
4. Die zur Befestigung des Dämmstoffes gewählten Elemente dürfen die Dehnungen des Behälters in keiner Weise behindern.
5. Bei der Montage der Verschalungsbleche sind die radialen und axialen Dehnungen des Behälters zu berücksichtigen.
6. Abnehmbare Dämmungen von Mannlöchern und andern Behälterteilen müssen leicht demontierbar sein.
7. Die Dämmung ist durch geeignete Massnahmen vor Witterungseinflüssen und mechanischen Beschädigungen zu schützen.

5 2 4 Dampfbremse

[L], [K], [S]

1. Die Dampfbremse soll den Dämmstoff luftdicht umschliessen. Sie muss auch bei Durchdringungen, Übergängen, Anschlüssen, Auflagern und Stützkonstruktionen voll wirksam sein.
2. Der Untergrund für die Dampfbremse muss trocken und frei von Verunreinigungen, z. B. Schmutz, Öl, sein. Grobe Ungleichmässigkeiten der Oberfläche müssen ausgeglichen werden.
3. Der verwendete Werkstoff darf keine die Nutzung der Räume beeinträchtigenden Geruchsbelastigungen erzeugen.

5 2 5 Ummantelungen

[H], [L], [K], [S]

1. Es darf keine Flüssigkeit in die Dämmung eindringen. Wenn diese Gefahr besteht, muss die Ummantelung inkl. Überlappungen, Sicken usw. dicht ausgeführt werden.
2. Wird die Dämmung verschraubt, so ist eine darunter liegende Dampfbremse vor Verletzungen zu schützen.
3. Dient die verschraubte Ummantelung zugleich als Dampfbremse, so sind sämtliche Sicken, Stösse und Durchdringungen luftdicht abzuschliessen.

5 2 6 Befestigungsmittel und Hilfswerkstoffe

1. Der Klebstoff darf die Eigenschaften der Dämmstoffe nicht beeinflussen.
2. Die Verarbeitungsvorschriften der Hersteller sind einzuhalten.
3. Der verwendete Kleber darf keine die Nutzung der Räume beeinträchtigenden Geruchsbelastigungen erzeugen.
4. Es dürfen nur korrosionsbeständige Schrauben, Nieten, Bindedrähte usw. verwendet werden.
5. Bandagen und Kaltbitumenanstriche müssen korrosionsverhindernd sein und dürften keine die Nutzung der Räume beeinträchtigenden Geruchsbelastigungen erzeugen.

5 2 7 Demontierbare Dämmteile

1. Demontierbare Dämmteile müssen ohne Beschädigung gut abnehmbar sein.
2. Sie sollen möglichst hohlraumfrei angepasst und mit dauerhaft funktionierenden Befestigungen versehen sein.
3. Anlageteile und metallische Ummantelungen dürfen sich nicht berühren.

5 3 Tragkonstruktionen

[H], [L], [K], [S]

5 3 1 Befestigungen

1. Bei der Montage von Warmwasser-, Kaltwasser-, insbesondere aber von Kühlwasserleitungen sind Wärmebrücken, wenn immer möglich, zu vermeiden. Auch die Schalldämmung ist zu beachten.
2. Werden Befestigungen über der Dämmung angebracht, so müssen zur Aufnahme der Druckbelastungen zwischen Dämmung und Befestigung Lastverteilbleche angebracht werden.

3. Halterungen und Fixpunkte sollen so ausgeführt werden, dass die Einhaltung der vorgesehenen Dämmdicke ohne zusätzliche Anpassungsarbeiten gewährleistet ist.
4. Fixierungen müssen konstruktiv so ausgebildet sein, dass die auftretenden Schubkräfte sicher übertragen werden; dabei kann eine metallische Verbindung unvermeidbar sein.

5 3 2 Auflager

1. Auflager müssen so ausgeführt sein, dass Dämmstoffe, Dampfbremsen und Ummantelungen fachgerecht angeschlossen werden können.
2. Auflager sind mit entsprechend druckfesten Dämmstoffen wärmebrückenfrei zu konstruieren.
3. Die zulässigen Druckspannungen der Dämmstoffe für statisch aufgebrachte Dauerlasten dürfen die Angaben des Herstellers nicht überschreiten. Reicht deren Festigkeit nicht aus, können andere Stoffe mit niedriger Wärmeleitfähigkeit, z. B. Holz, verwendet werden.
4. Die Dampfbremsen sind auch im Bereich des Auflagers funktionsgerecht auszuführen. Der Dämmstoff der anschliessenden Dämmung ist fugendicht an das Auflager anzuschliessen.

5 3 3 Tragkonstruktionen

1. Bei Dämmungen an lotrechten oder stark geneigten Objekten ist das Gewicht der Dämmung durch Tragkonstruktionen aufzunehmen.
2. Um Wärmebrücken zu vermeiden, können Formstücke aus geeigneten Dämmstoffen unmittelbar am Objekt befestigt werden; in diesem Fall muss die Tragkonstruktion nur die Lasten der Ummantelung aufnehmen. Die Tragkonstruktion ist über der Dampfbremse anzubringen.

5 3 4 Stützkonstruktionen

1. Stützkonstruktionen sind bei Dämmstoffen erforderlich, die nicht selbst eine Stützfunktion übernehmen können, sowie bei Dämmungen, die eine geringe Druckfestigkeit aufweisen.
2. Als Stützkonstruktionen werden im allgemeinen Schalen, Segmente oder sonstige Formstücke aus druckfesten Dämmstoffen, Kunststoffen oder Holz verwendet.
3. Sie können auch aus Metallringen oder -schienen mit Stegen bestehen, wobei metallische Kontakte mit geeigneten Dämmstreifen zu unterbinden sind.

5 4 Begleitheizungen

S, **H**, **K**

Bei Begleitheizungen darf sich kein Dämmstoff zwischen der Begleitheizung und dem zu beheizen- den Anlageteil befinden.

7 LEISTUNG UND LIEFERUNG

7 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, gemäss Kapitel 2 (Planung)
- Art der Rohraufhängungen und Stützenkonstruktionen
- Begleitheizungen, Überwachungs- und Steuereinrichtungen usw.
- Können Formstücke noch nicht bestimmt werden, so ist ein prozentualer Zuschlag festzulegen.

7 2 Leistungen des Planers

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

- Leitungsführungen
- Art der Leitungen, Werkstoff und Funktion der Leitung
- Abmessungen der Rohre, Behälter und Kanäle
- Standorte von Apparaten, Armaturen usw.
- Raumklima.

7 3 Leistungen des Unternehmers

7 3 1 Inbegriffene Leistungen

- Vorlage von unmontierten Mustern in Originalgrösse, sofern dies technisch möglich ist
- Kontrolle der Abmessungen, der zu dämmenden Anlageteile
- Kontrolle der Arbeitsausführung
- Massaufnahme nach Arbeitsbeendigung, sofern nicht eine Pauschalübernahme vereinbart wurde
- Zurverfügungstellung der notwendigen Werkzeuge und Maschinen
- Schützen der Umgebung vor Verunreinigungen, insbesondere bei Arbeiten mit Bitumen und Ortsschaum
- Kontrolle des vorhandenen Korrosionsschutzes, der zu dämmenden Anlageteile auf Vollständigkeit.

7 3 2 Nicht inbegriffene Leistungen

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

- Arbeitsgerüste für Arbeiten über 3 m Arbeitshöhe
- sämtliche Zuputzarbeiten bei Durchbrüchen, Schlitzten 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.

7 4 Ausmassvorschriften

7 4 1 Leitungen

H, **S**, **S**

- Gerade Rohre werden zwischen den Normbogen bzw. bis Mitte Flanschenpaar per Laufmeter gemessen.
- Unterbrüche bis 50 cm Länge werden durchgemessen.
- Normbogen werden per Stück verrechnet.
- Krümmer werden über die gedämmte Aussenlänge gemessen und doppelt berechnet.
- Die Verrechnung für Abzweiger Reduktionen, Kappen, Flanschen, Abschlüsse, Abflachungen, wegnehmbare Dämmungsteile erfolgt als Zuschlag per Stück. Dabei sind bei Abzweigern und Reduktionen die grösseren Durchmesser massgebend.

7 4 2 Kanäle

L

- Gerade Kanäle werden zwischen den Krümmeranschlüssen bzw. bis Mitte Flanschenpaar per mZ oder Laufmeter gemessen.
- Unterbrüche und Aussparungen bis 0,5 m² werden nicht abgezogen.
- Normbogen werden per Stück oder m² verrechnet.
- Die Verrechnung für Abweiger, Reduktionen, Flanschen und wegnehmbare Dämmungsteile usw. erfolgt als Zuschlag per Stück oder m². Bei Abweigern und Reduktionen sind die grösseren Querschnitte massgebend.
- Für die Abwicklung gilt das Aussenmass der fertiggedämmten Oberfläche.

7 4 3 Armaturen

H, L, K, S

- Dämmungen für Armaturen werden per Stück verrechnet.

7 4 4 Apparate und Behälter

H, L, K, S

- Für die Abwicklung gilt das Aussenmass der fertiggedämmten Oberfläche.
- Sofern gewölbte Böden gedämmt werden, wird die Höhe bzw. Länge des zylinderischen Teils über die gedämmte Wölbung dieser Böden gemessen.
- Aussparungen bis 0,5 m² werden nicht abgezogen.
- Böden, <Façonarbeiten>, An- und Abschlüsse, Abflachungen und wegnehmbare Dämmteile werden per Stück verrechnet.

ANHANG

A 1 TABELLEN ZUR BERECHNUNG DER WÄRMEVERLUSTE

Tabelle 1 Ursachen einer Erhöhung der Wärmeverluste in Verteilungen

Ursache der Erhöhung	Berücksichtigung mittels	Ermittlung durch	Berechnungsgrundlagen
1. Werkstoffeigenschaften			
1.1 Emissionsvermögen der Rohrleitung	multiplikativer Faktor f_i	Berechnung/Experiment	IFP
1.2 Äusserer Wärmeübergangskoeffizient	multiplikativer Faktor f_i	Berechnung	
1.3 Alterungsvorgänge	multiplikativer Faktor f_i	Messungen	IFP, Lit. (11), (9), (10)
2. Montageeinflüsse			
2.1 Querstösse zwischen Wärmedämmungen	Zusatzwärmeverlust	Messungen	Lit. (1), Messung IFP
2.2 Längsfugen in Wärmedämmungen	Zusatzwärmeverlust	Messungen	
2.3 Luftspalten zwischen Rohr und Wärmedämmung	multiplikativer Faktor f_i	Berechnung/Messung	Lit. (3), (4), (5), (1)
2.4 Rohrbefestigungen	Zusatzwärmeverlust	Berechnung/Messung	Lit. (2), Messung IFP
2.5 Wanddurchbrüche			
2.6 Verlegen in Innendämmung	multiplikativer Faktor f_i	Berechnung	Lit. (6), (11), (13), IFP
3. Gesamtsystem			
3.1 Flanschen	Zusatzwärmeverlust	Berechnung/Messung	Lit. (8)
3.2 Armaturen	Zusatzwärmeverlust	Berechnung/Messung	Lit. (7), (8)
3.3 Nicht dämmbare Einbauten (Pumpen, Wärmezähler usw.)	Zusatzwärmeverlust	Berechnung/Messung	keine
3.4 Parallele Rohre	multiplikativer Faktor f_i	Berechnung/Messung	Lit. (11), (13)
3.5 Speicher	Zusatzwärmeverlust	Berechnung/Messung	EIR, Kt. Bern
4. Betriebseinflüsse			
4.1 Dynamische Einflüsse		Berechnung/Messung	Lit. (11)
4.2 Temperaturabsenkungen	multiplikativer Faktor f_i	Berechnung/Messung	keine
4.3 Zirkulationsunterbrüche	multiplikativer Faktor f_i	Berechnung/Messung	keine
4.4 Einfluss von Entnahmestellen	Zusatzwärmeverlust	Berechnung/Messung	keine

IFP = Institut für Physik der Universität Basel

Die bereits bekannten Faktoren wurden in das Berechnungsverfahren der Wärmeverteilverluste übernommen. Die Tabellen 2, 3 und 4 enthalten die entsprechenden Faktoren bzw. Richtwerte.

Tabelle 2 Einzel-Korrekturfaktoren F_i , für Rohrleitungen (siehe 3 3 1)

Montageeinflüsse	PIR	Faser	PE	Gummi
enganliegende Dämmung	1	1	1	1
nicht enganliegende Dämmung				
– vertikale Rohre	1,5	1,2	1,3	1,1
– horizontale Rohre	1,1	1,1	1,1	1,1
Wandverlegung				
– normale Dämmstärke	1	1	1	1
– 25% Dämmstärke	2	2	2	2
– ungedämmt	8	8	8	8
Wanddurchbrüche				
– normale Dämmstärke	1	1	1	1
– 50% Dämmstärke	2	2	2	2
Rohranordnung				
parallele Rohre	0,9	0,9	0,9	0,9

Tabelle 3 Richtwerte für Wärmeverluste von Armaturen und Tragkonstruktionen

Armaturen	Wärmeverlust pro Armatur (W)			
	NW 40	NW 65	NW 100	NW 150
Temperaturdifferenz 20 K				
– ungedämmt	60	90	130	180
– gedämmt	15	20	30	40
Temperaturdifferenz 40 K				
– ungedämmt	150	200	300	420
– gedämmt	35	50	65	90
Temperaturdifferenz 60 K				
– ungedämmt	230	350	500	700
– gedämmt	55	75	110	150
Temperaturdifferenz 80 K				
– ungedämmt	330	500	700	1050
– gedämmt	80	110	150	210
(Dämmdicke 40 mm oder mehr)				
Tragkonstruktionen				
– ungedämmt				
– gedämmt				

Tabelle 4 Richtwerte für Zusatzwärmeverluste von Behältern

Zuschläge:	
– Warmwasser Abgang gedämmt	0,4 – 0,8 W/K
– Kaltwasserzuleitung seitlich	0,2 – 0,4 W/K
– Flansch Elektroeinsetz gut gedämmt	0,3 W/K
– Flansch Elektroeinsetz schlecht gedämmt	2 W/K
– Wärmeaustauscherflansch gut gedämmt	0,7 – 1,0 W/K
Alternative Berechnungsmethode	
Faktor F_a für approximative Berechnung	1,5

A 2 TABELLEN FÜR MATERIALKENNWERTE

In den nachfolgenden Tabellen sind Richtwerte von Werkstoffen zu finden. In manchen Fällen sind die Randbedingungen der Messung nicht bekannt, z.B. ob es sich um Messungen an plattenförmigen Dämmstoffen oder Rohrdämmungen handelte. Wegen dieser Unsicherheit muss ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass die Werte nur für Abschätzungen zu verwenden sind. Wird aus irgend einem Grund Wert gelegt auf erhöhte Genauigkeit, so sind genaue Messwerte für das spezifische Produkt aus anerkannten Prüfungen einzuholen.

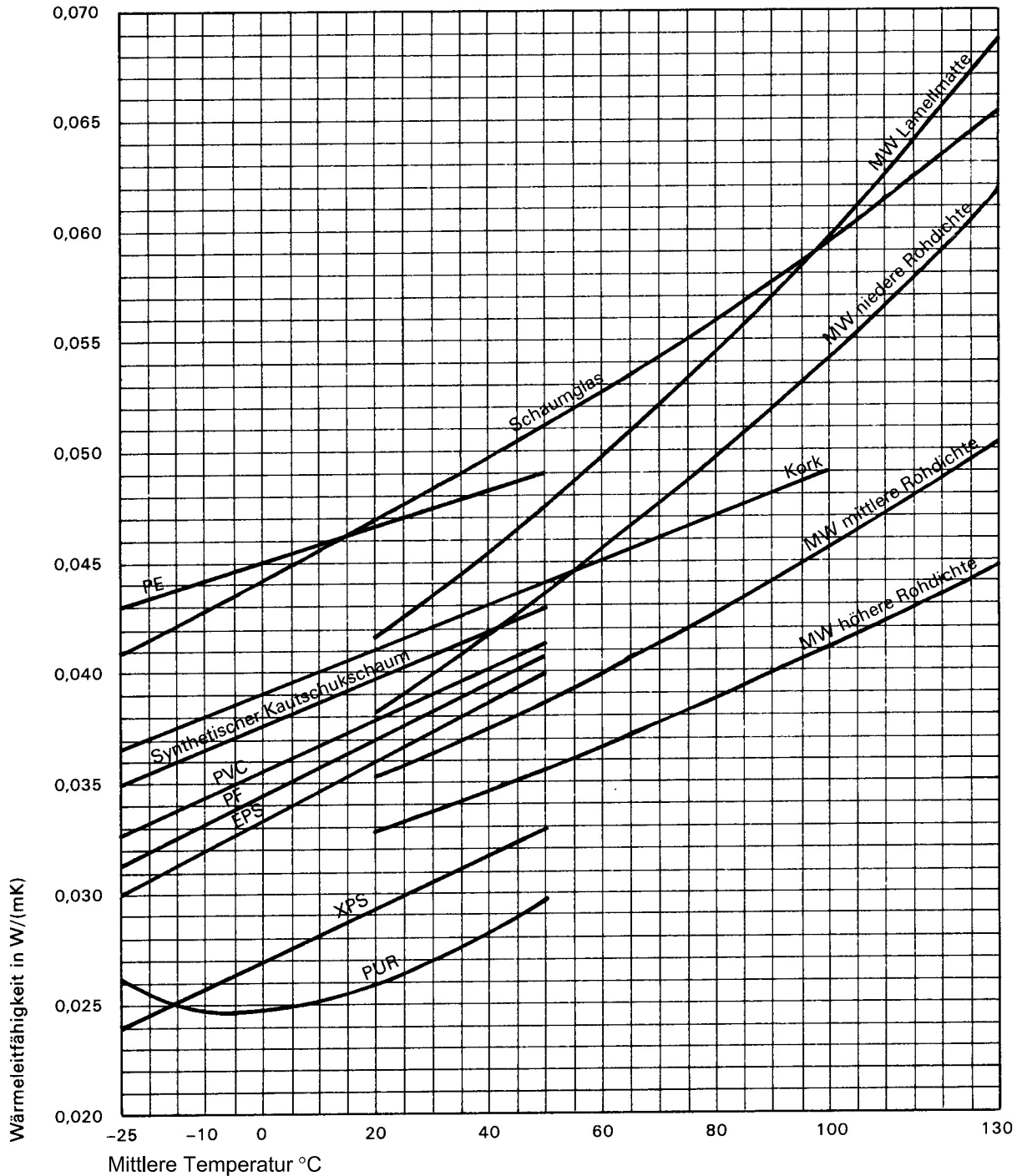
Besonders darauf hinzuweisen ist, dass sich die Angaben zur Wärmeleitfähigkeit auf gealterte Produkte beziehen, also Rechenwerte sind.

Tabelle 5 Materialkennwerte von Dämmstoffen

Dämmstoffe	Rohdichte (kg/m ³)	Temperatur- beständigkeit max. (°C)	Wasserdampfdiffusions- Widerstandszahl (-)						Brand- kennziffer BKZ
			10 ⁰	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	
1 Natürl. organische Dämmstoffe									
1.10 Kork	ca. 20 – 300	bis ca. 130		■					4,2 – 4,3
2 Künstl. organische Dämmstoffe (Kunststoffschäume)									
2.1 Polystyrol									
2.1.1 Expandiertes Polystyrol (Partikelschaum) IEPS	15 – 80	80			■				5,1 – 5,2
2.1.2 Extrudiertes Polystyrol XPS	20 – 80	80			■				5,1 – 5,2
2.2 Polyurethan									
2.2.1 Polyurethan werkgesch. PUR	30 – 80	120			■				5,2 – 5,3
2.2.2 Polyurethan ortsgesch. PUR	25 – 60	120			■				3,1 – 5,3
2.3 Polysocyanorath PIR	30 – 80	120			■				5,2 – 5,3
2.4 Polyvinylchlorid PVC	40 – 120	60				■			5,2
2.5 Polyethylen PE	20 – 50	80					■		5,2
2.6 Synthetischer Kautschuk	50 – 120	110						■	5,1 – 5,2
3 Anorganische gebundene faserförmige Dämmstoffe	20 bzw. 30	200	■						6 q.3–6
3.1 Mineralwolle (Glas- und Stein- wolle) niederer Rohdichte									6 q.3–6
3.2 Mineralwolle (Glas- und Stein- wolle) höherer Rohdichte	150 bzw. 200	200	■						Kaschierung massgebend
3.3 Mineralwolle (Glas- und Stein- wolle) Lamellmatten	20 – 30	200	■						
4 Anorganische zellenförmige Dämmstoffe									
4.1 Schaumglas	100 – 160	400						■	6

Wärmeleitfähigkeit von Dämmstoffen (Übersicht)

Die Wärmeleitfähigkeit eines speziellen Produkts ist mit neutralem Prüfbericht eines anerkannten Prüfinstituts nachzuweisen.



Abkürzungen :

- EPS Polystyrol-Partikelschaum
- XPS Polystyrol-Extruderschaum
- PUR Polyurethan-Hartschaum
- PF Phenolharzschaum
- PVC Polyvinylchlorid-Schaumstoff
- PE Polyethylen-Schaumstoff
- MW Mineralwolle

Tabelle 6 Wärmeleitfähigkeit W/mK von Dämmstoffen (Rechenwerte)

Natürliche organische Dämmstoffe		Anorganische faserförmige Dämmstoffe		Anorganische zellenförmige Dämmstoffe	
Mitteltemperatur in °C	exp. Kork	Mineralwolle Produkte	Mineralwolle Lamellmatte	Mitteltemperatur in °C	Schaumglas
-20	0,031–0,043			-20	0,041–
0	0,033–0,045			0	0,044–
20	0,035–0,047	0,033–0,038	0,042–0,044	20	0,047–
40	0,037–0,049	0,035–0,042	0,046–0,049	40	0,050–
60	0,039–0,051	0,037–0,046	0,050–0,054	60	0,053–
80	0,041–0,053	0,039–0,050	0,055–0,060	80	0,055–
100	0,043–0,055	0,041–0,054	0,060–0,066	100	0,060–

Künstliche organische Dämmstoffe (Kunststoffschäume)							
Mitteltemperatur in °C	Polystyrol-Partikel-schaum	Polystyrol-Extruder-schaum	Polyurethan-Polyisocyanurath-Hartschaum	Phenolharz-Schaumstoff	Polyethylen-Schaumstoff	Synthetischer Kautschuk-schaum	Polyvinylchlorid-Schaumstoff
-20	0,028–0,031	0,023–0,025	0,025–0,032	0,026–0,035	0,036–0,044	0,036–	0,030–0,039
0	0,031–0,034	0,025–0,028	0,023–0,032	0,029–0,038	0,038–0,046	0,038–	0,032–0,043
20	0,033–0,037	0,028–0,031	0,023–0,033	0,032–0,041	0,040–0,048	0,040–	0,035–0,047
40	0,037–0,041	0,030–0,033	0,026–0,035	0,035–0,044	0,042–0,050	0,042–	0,038–0,052

Tabelle 7 Materialkennwerte von Dampfbremsen

	Brandkennziffer	Diffusionsäquivalente Luftschichtdicke SD [m]			
		10 ⁰	10 ¹	10 ²	10 ³
Bitumenbeschichtungen					
– Trockenschichtdicke 1 mm	4				
– Trockenschichtdicke 2 mm	4				
– Trockenschichtdicke 3 mm	4				
Klebebänder					
– PE 0,4 mm dick	5				
– ALU 0,05 mm dick	6				
Folien					
– ALU 0,1 mm dick, Stösse überklebt	6				
Blechummantelungen					
– Sicken usw. nicht gedichtet	6				
– Sicken usw. gedichtet	6q.				
Flüssigkunststoff	5				

Tabelle 8 **Materialkennwerte von Ummantelungen**

Werkstoff	Dicke in mm	BKZ Brand- kenn- ziffer	Temperatur- beständigkeit in °C	Kurzbeschreibungen	
Kaltbitumenüberstrich	1	3	bis etwa 60	Einfacher Überstrich Schutz gegen Feuchtigkeit, kleine mech. Festigkeit	nichtmetallische Ummantelungen
Weisszement- oder Gips/Kieselgur-Überstrich	1–3	6	bis etwa 150	Einfacher Überstrich, kleine mech. Festigkeit	
Drahtgewebebandagen mit Überstrich aus Weisszement oder Gips/Kieselgur-Mischung	3	6	bis etwa 200	Einfacher Überstrich, kleine mech. Festigkeit	
Bitumen-Dachpappe	2	3	bis etwa 80	Einfache Umhüllung, Schutz gegen Feuchtigkeit oder Tropfwasser, kleine mech. Festigkeit	
Hart-PVC-Folie	0,3 – 0,4	5.2	bis etwa 70–75	Geringe Festigkeit, nicht UV-beständig, hohe chemische Resistenz. Geeignet innerhalb von Gebäuden	
Rabitzgeflecht aus rostfreiem Stahl Maschenweite 25 x 25	0,7	6	bis etwa 600	Einfache mechanische Sicherung, geringe Festigkeit	
Aluminiumfolie	0,1	6	bis etwa 300	Sehr geringe Festigkeit, mech. nicht beanspruchbar	metallische Ummantelungen
ALUMAN-100 Halbhart	0,6 – 1,0	6	bis etwa 300	Mittlere Festigkeit, atmosphärische und chemische Beständigkeit, sehr gut verformbar	
PERALUMAN-150	0,6 – 1,0	6	bis etwa 300	Mittlere Festigkeit, gute Korrosionsbeständigkeit, gut verformbar	
Stahlblech verzinkt	0,6 – 1,0	6	bis etwa 350	Gute Festigkeit, mechanisch stark beanspruchbar, Korrosionsgefahr an Schnitt- stellen	
Stahlblech korrosions- beständig V2A, Werkstoff Nr. 1.4301	0,4 – 0,9	6	bis etwa 400	Hohe Festigkeit und hohe chemische Beständigkeit, mittelschwer verformbar	
Stahlblech korrosions- beständig V4A, Werkstoff Nr. 1.4435	0,4 – 0,9	6	bis etwa 400	Hohe Festigkeit, sehr hohe chemische Beständigkeit, schwierig verformbar	

Die Brandkennziffer eines speziellen Produkts ist mit neutralem Prüfbericht eines anerkannten Prüfinstituts nachzuweisen.

A 3 RICHTLINIEN FÜR DIE ANWENDUNG VON DÄMMSYSTEMEN NACH MONTAGEORT, TABELLEN

Die nachfolgenden Tabellen 9 bis 14 verwenden für die verschiedenen Dämmsysteme den VSI-Nummernindex, der sich in der Praxis bei Planern und Ausführenden eingebürgert hat. Zur Entschlüsselung lässt sich der index auf Seite 45 ausklappen.

Tabelle 9 **Richtlinien für Heizungsleitungen, Warmwasserverteil- und Zirkulationsleitungen**

Ausführungs-Nr. VSI	Verteiler-räume + Zentralen	sicht-bar	Zwischen-decken		Lei-tungs-schäch-te Hohl-räume	Fernleitung Kanal		im Freien	unter Putz	feuchte Räume		
			unbe-lüftet	be-lüftet		unbe-gehbar	be-gebahr			sicht-bar	Zwi-schen-decke	unter Putz
101.00.000	-	-	++	-	++	+	-	-	-	-	-	-
101.01.000	-	-	-	-	+	+	-	-	++	+	+	++
101.02.000	++	++	+	++	+	+	+	-	++	++	+	+
101.03/04.000	++	++	+	++	+	+	++	++	-	++	++	-
101.06.000	-	-	+	-	+	++	+	+	+	+	++	++
101.10.000	-	-	+	++	++	+	+	-	+	-	-	-

Legende

++ = empfehlenswert + = möglich
 - = nicht empfehlenswert/nicht anwendbar

Tabelle 10 **Richtlinien für Kaltwasser- und Regenabwasserleitungen**

Ausführungs-Nr. VSI	Verteiler-räume + Zentralen	sicht-bar	Zwischen-decken		Lei-tungs-schäch-te Hohl-räume	Fernleitung Kanal		im Freien	unter Putz	feuchte Räume		
			unbe-lüftet	be-lüftet		unbe-gehbar	be-gebahr			sicht-bar	Zwi-schen-decke	unter Putz
102.00.210	-	-	++	-	++	++	-	-	-	-	-	+
102.02.210	++	++	+	+	+	+	++	-	++	++	+	+
102.02.330	++	++	+	+	+	+	++	-	++	++	+	+
102.03/04.210	++	++	+	+	+	+	++	++	-	++	+	-
102.03/04.330	++	++	+	+	+	+	++	++	-	++	+	-
102.06.210	-	-	+	-	+	++	+	+	+	+	++	++
103.03/04.000	++	++	+	+	+	+	++	++	-	++	-	-
107.00.000	+	+	+	+	+	+	+	+	++	++	++	++

Legende

++ = empfehlenswert + = möglich
 - = nicht empfehlenswert/nicht anwendbar

Für kurze Einzelanschlussleitungen ohne spezielle Anforderungen dürfen auch Bandagedämmungen verwendet werden.

Tabelle 11

Richtlinien für Kälte- bzw. Kühlwasserleitungen

Ausführungs-Nr. nach VSI Sperrwert bis 10	Leitungsnetz				Hohl- räume	Fernleitungen FLT	
	Verteiler- räume- Zentralen	sichtbar	Zwischendecken			unbegeh- bar	begehrbar
			unbelüftet	belüftet			
102.00.010/030	-	+	++	++	++	++	+
102.02.010/030	++	++	+	+	+	+	++
102.03.010/030	++	++	+	+	+	+	++
102.04.010/030	++	++	+	+	+	+	++
103.03.000	++	++	+	+	+	+	++
103.04.000	++	++	+	+	+	+	++
107.00.000	+	+	+	+	++	+	+

Ausführungs-Nr. nach VSI Sperrwert bis 50	Leitungsnetz				Hohl- räume	Fernleitungen FLT	
	Verteiler- räume- Zentralen	sichtbar	Zwischendecken			unbegeh- bar	begehrbar
			unbelüftet	belüftet			
102.00.210/330	-	+	++	++	++	++	+
102.02.210/330	++	++	+	+	+	+	++
102.03.210/330	++	++	+	+	+	+	++
102.04.210/330	++	++	+	+	+	+	++
107.00.100	+	+	+	+	++	+	+

Ausführungs-Nr. nach VSI Sperrwert bis 100	Leitungsnetz				Hohl- räume	Fernleitungen FLT	
	Verteiler- räume- Zentralen	sichtbar	Zwischendecken			unbegeh- bar	begehrbar
			unbelüftet	belüftet			
102.00.220/340	-	+	++	++	++	++	+
102.02.220/340	++	++	+	+	+	+	++
102.03.220/340	++	++	+	-	+	+	++
102.04.220/340	++	++	+	-	+	+	++

Legende

++ = empfehlenswert + = möglich
 - = nicht empfehlenswert/nicht anwendbar

Tabelle 12

Richtlinien für Zuluftkanäle und -rohre sowie Aussenluftkanäle und -rohre (innere oder äussere Dämmung) für Lüftungs- und Klimaanlage

Ausführungs-Nr. nach VSI	Verteiler- räume und Zentralen	sichtbar	Zwischendecken		Steig- schächte und Boden- kanäle	im Freien
			unbelüftet	belüftet		
Wärmeschutz						
401.00.000	+	+	++	-	++	-
401.03.000	++	++	-	-	-	++
401.04.000	++	++	-	-	-	++
401.09.000	+	+	+	++	+	-
Tauwasserschutz						
401.00.050	+	+	++	++	++	-
401.03.050	++	++	-	-	-	++
401.04.050	++	++	-	-	-	++
407.00.000	++	++	++	++	++	-
Brandschutz						
411.00.007	-	-	++	-	++	-
411.04.007	++	++	-	-	-	+
411.09.007	+	+	+	++	++	-
Schallschutz						
401.04.001	++	++	++	++	++	++
401.10.003	++	++	+	+	+	-
409.00.002	-	-	++	++	++	-

Tabelle 13

Richtlinien für Armaturen und Apparate (Bereich Wärme)

Ausführungs-Nr. nach VSI	Armaturen und Flanschen		Apparate	
	Verteilerräume und Zentralen	im Freien	Verteilerräume und Zentralen	Im Freien
501.02.000	++	-	-	-
501.03.000	++	++	++	++
501.04.000	++	++	++	++
502.02.000	+	-	+	-
502.03.000	+	+	+	+
502.04.000	+	+	+	+
503.03.000	+	+	+	+
503.04.000	+	+	+	+

Legende

++ = empfehlenswert + = möglich
 - = nicht empfehlenswert/nicht anwendbar

Tabelle 14

**Richtlinien für Armaturen und Apparate
(Bereich Kälte)**

Ausführung Nr. nach VSI	Armaturen und Flanschen	Apparate
502.02.220/340	+	
502.03.220/340	+	
502.04.220/340	+	
503.03.000	++	
503.04.000	++	
507.00.000	+	
802.03.220/340		+
802.04.220/340		+
803.03.000		++
803.04.000		++
807.00.000		+

Legende

++ = empfehlenswert + = möglich
 – = nicht empfehlenswert/nicht anwendbar

Der VSI-Nummern-Index wird folgendermassen gebildet:

AB. C. DEF

dabei bedeuten:

A Objekt	D Zusätzlicher Korrosionsschutz
1 Leitung	0 kein zusätzlicher Korrosionsschutz
2	1 Korrosionsschutzanstrich
3 Kanal (runder Querschnitt)	2 mit Kaltbitumen angesetzt
4 Kanal (rechteckiger Querschnitt)	3 Fettbandagen
5 Armatur	
6 Flansch	
7 Sonderobjekt	
8 Apparat	
B Dämmstoff	E Dampfbremse
00 kein Dämmstoff	0 keine Dampfbremse
01 Mineralwolle	1 Bitumenüberstrich, einlagig
02 Polyisocyanurath-Hartschaum	2 Bitumenüberstrich, mehrlagig
03 Polyurethan-Ortschaum	3 Flüssigkunststoff, einlagig
04 Schaumglas	4 Flüssigkunststoff, mehrlagig
05 Polystyrol-Partikelschaum	5 Alufolie
06 Polystyrol-Extruderschaum	6
07 Synthetischer Kautschukschaum	7 PE-Band
08	
09 Verbundwerkstoff	
10	
11 Mineralwollematten/-platten für den Brandschutz	
C Umhüllungen	F Schallschutz/Brandschutz
00 keine Umhüllung	0 kein Schallschutz
01 Dachpappe	1 Schallschutz bis 5 dB
02 Kunststoff-Folie	2 Schallschutz bis 10 dB
03 Leichtmetallblech	3 Schallschutz bis 15 dB
04 galvanisiertes Blech	4
05	5
06 Feuchtigkeitsschutz	6
07 Gipsüberstrich	7 Brandschutz F30
08 Flüssigkunststoff	8 Brandschutz F60
09 rostfreies Drahtgeflecht	9 Brandschutz F90
10 Drahtgeflecht und Gips (Hartmantel)	

Beispiele:

101.03.000 Objekt (A = 1): Leitung
 Dämmstoff (B = 01): Mineralwolle
 Umhüllung (C = 03): Leichtmetallblech
 zusätzlicher Korrosionsschutz (D = 0):
 Dampfbremse (E = 0): –
 Schallschutz/Brandschutz (F = 0): –

401.04.001 Objekt: Kanal (rechteckiger Querschnitt. – Dämmstoff: Mineralwolle. –
 Umhüllung: galvanisiertes Blech. – Kein zusätzlicher Korrosionsschutz. –
 Keine Dampfbremse. – Schallschutz bis 5 dB.

A4 ERLÄUTERUNGEN UND RECHENBEISPIELE

A 4 1 Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von Rohrwärmedämmungen

A 4 11 Vorbemerkung

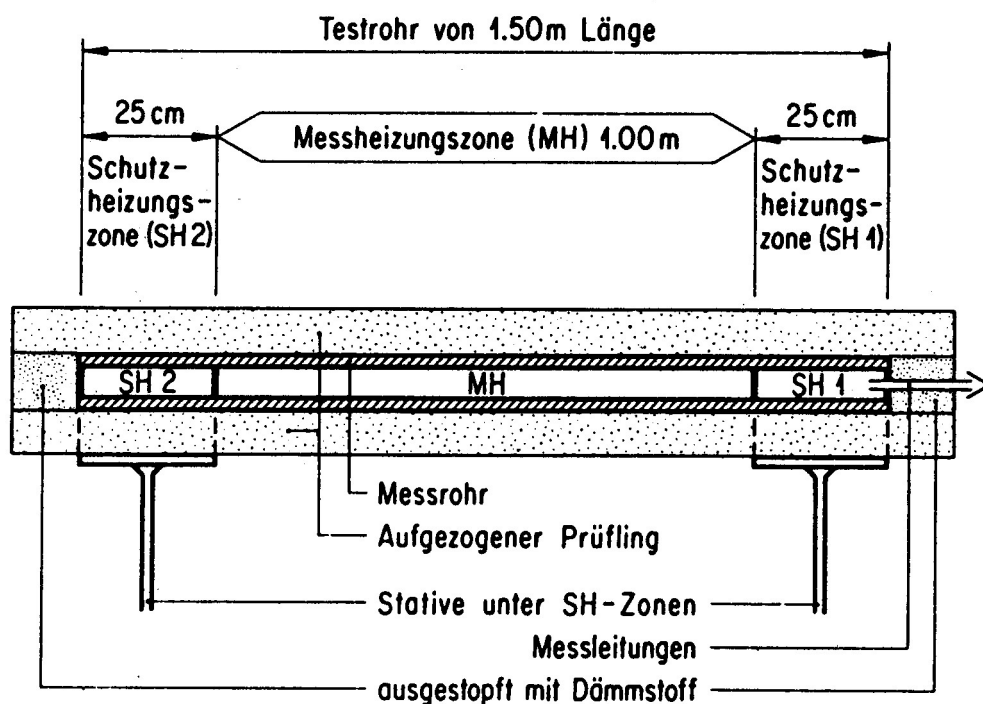
Die nachfolgend beschriebene Prüf- und Auswertmethode stützt sich auf die geltenden ISO-Normen ab. Im Rahmen der laufenden CEN-Normungsarbeiten können in den nächsten Jahren Anpassungen notwendig erscheinen.

A 4 12 Prüfung

Die Prüfung erfolgt in einem klimatisierten Raum an einem horizontalen, freistehenden Testrohr von total 1,5 m Länge mit der entsprechenden Rohrwärmedämmung. Zur Verminderung von Konvektions- und Strahlungseinflüssen wird der Prüfkörper durch eine Abschirmkonstruktion (Messzelt) geschützt.

Bei stationärem Betrieb werden die notwendige Heizleistung für die Messzone des Testrohres, die Temperaturen an der Prüfkörperinnen- und -aussenseite und die Raumlufttemperatur gemessen.

Das Testrohr ist axial in drei Abschnitte eingeteilt (SH 1, MH, SH 2), die alle auf der gleichen Temperatur gehalten werden (Simulation eines unendlich langen Rohres).



Figur 2: Schema der Versuchseinrichtung

Für die Ermittlung der Wärmeleitfähigkeit und des Wärmedurchgangskoeffizienten wird nur die mittlere Zone (MH) benutzt.

A 4 13 Berechnung der Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit (W/mK) ist eine wesentliche Bestimmungsgrösse dafür, wieviel Wärme pro Zeiteinheit durch eine bestimmte Schicht des Materials fliesst, wenn ein bestimmtes Temperaturgefälle über der Materialschicht vorhanden ist.

Die Wärmeleitfähigkeit für Rohrwärmedämmungen errechnet sich wie folgt:

$$\lambda = \frac{Q \cdot \ln(d_a / d_i)}{2\pi l (\vartheta_j - \vartheta_a)}$$

λ = Wärmeleitfähigkeit (für mittlere Temperatur ϑ_m) (W/mK)

$\vartheta_m = \frac{\vartheta_i + \vartheta_a}{2}$ = Mitteltemperatur des Dämmstoffes (vereinfachter Ansatz, auf <sicurer> Seite liegend) (°C)

Q = Heizleistung = U · I (W)
U = Spannung (Heizstab) (V)
I = Strom (Heizstab) (A)

ln = Logarithmus naturalis

l = Messstrecke (m)

d_a = Aussendurchmesser des Probekörpers (m)

d_i = Innendurchmesser des Probekörpers (=Aussendurchmesser der Rohrleitung) (m)

ϑ_j = mittlere Temperatur der Innenmantelfläche (°C)

ϑ_a = mittlere Temperatur der Aussenmantelfläche (°C)

Der Wert λ wird stets der Mitteltemperatur des Rohr-Dämmstoffes (ϑ_m) zugeordnet.

Durch drei Prüfungen bei $\vartheta_j = 40, 70$ und 90 °C ergeben sich drei Wertpaare von ϑ_m und λ , aus denen mittels linearer Regression der Zusammenhang zwischen der Wärmeleitfähigkeit und der Mitteltemperatur des Dämmstoffes errechnet wird (gut zutreffende Approximation).

Aufgrund dieser Regressions-Gerade kann stets zu einer beliebigen Mitteltemperatur (ϑ_m) die entsprechende Wärmeleitfähigkeit (λ) ermittelt werden, z.B. die Wärmeleitfähigkeit bei einer Mitteltemperatur von 55, 40 und 30 °C.

Der Einfluss der Temperatur auf die Wärmeleitfähigkeit ist in der Regel gross.

A 4 14 Rechenwerte für die Wärmeleitfähigkeit

Je niedriger die Wärmeleitfähigkeit ist, desto besser dämmt ein Dämmstoff. Die Prüfkörper sind vor der Ermittlung der Wärmeleitfähigkeit 2 Monate in einem Klimaraum bei 20 °C und einer mittleren Luftfeuchtigkeit von 60% vorzulagern.

Als Rechenwerte sollen in der Regel direkt die Messwerte eingesetzt werden. Eine Ausnahme bilden die Wärmeleitfähigkeitswerte der PIR-Produkte; bei diesen Produkten soll die Wärmeleitfähigkeitsmessung bei einem Alter von genau 2 Monaten erfolgen. Als Rechenwert ist dann jener Messwert mit einem Zuschlag von 30% zu verwenden.

A 4 2 Rechenbeispiele

A 4 21 Rohrleitungen

A 4 21 1 Vorgaben

Rohrleitung, bestehend aus zwei Teilstrecken mit unterschiedlichen Durchmessern und Wärmedämmmaterial:

Teilstrecke 1: Rohrleitung, Aussendurchmesser 33 mm
Schaumglas-Wärmedämmung $s_1 = 30$ mm; $l = 10$ m

Teilstrecke 2: Rohrleitung, Aussendurchmesser 70 mm
Glasfaserdämmung $s_2 = 60$ mm; $l = 2$ m

Die Leitung liegt horizontal parallel zu andern Heizungsleitungen.

Mittlere Mediumtemperatur 50 °C

Umgebungstemperatur 10 °C

Betriebsdauer 5000 h/a.

A 4 21 2 Berechnung der jährlichen Wärmeverluste der Leitung

$$Q_R = Q_{R1} + Q_{R2} \quad (\text{MJ/a})$$

$$Q_{R1} = k_{R1} \cdot l_{R1} \cdot \Delta\vartheta_{R1} \cdot z \cdot F_{R1} \cdot \frac{3,6}{1000}$$

Zuerst muss der k-Wert der Wärmedämmung bestimmt werden.

$$k_{R1} = \frac{\Pi}{\frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_{a,1}}{d_{i,1}} + \frac{1}{\alpha_a \cdot d_{a,1}}} = 0,263 \text{ W / mK} \quad (\text{MJ/a})$$

Dabei gelten folgende Randbedingungen:

λ_1 für Schaumglas = 0,049 W/mK bei 30°C

$d_{a,1} = 0,093$ m

$d_{i,1} = 0,033$ m

$\alpha_a = 8$ W/m²K

$F_{R1} = 0,9$ ϑ (parallele Rohre) (aus Tabelle B1)

$l_{R1} = 10$ m

Damit ergibt sich für den Wärmeverlust der ersten Teilstrecke: Q_{R1}

$$Q_{R1} = 0,263 \cdot 10 \cdot 40 \cdot 5000 \cdot 0,9 \cdot 3,6/1000 = 1704 \text{ MJ/a}$$

Analog berechnet sich der Wärmeverlust für die zweite Teilstrecke

$$Q_{R2} = k_{R2} \cdot l_{R2} \cdot \Delta\vartheta_{R2} \cdot z \cdot F_{R2} \cdot \frac{3,6}{1000} \quad (\text{MJ/a})$$

λ_2 für Glasfaserdämmung = 0,037 W/mK

$d_{a,2} = 0,19$ m

$d_{i,2} = 0,07$ m

$l_2 = 2$ m

Somit ergibt sich für den Wärmeverlust der zweiten Teilstrecke: $Q_{R2} = 288$ MJ/a

Der totale Wärmeverlust beträgt: $Q_T = Q_{R1} + Q_{R2} = 1704 + 288 = \underline{\underline{1992 \text{ MJ/a}}}$

A 4 22 Armaturen

A 4 22 1 Vorgaben

Es werden zwei Varianten berechnet:

Variante a: Rohrleitungen anlaog Teilstrecke 2 aus vorhergehendem Beispiel; zusätzlich zwei Schieber; NW 65 ungedämmt

Variante b: Rohrleitungen wie oben, die Schieber sind jedoch durch Wärmedämmkappen gedämmt

A 4 22 2 Berechnung der jährlichen Wärmedämmverluste

a) Variante mit ungedämmten Schiebern

Die Verluste der Rohrleitungen in Teilstrecke 2 betragen:

$$Q_{R2} = 288 \text{ MJ/a (siehe oben)}$$

Die Wärmeverluste \dot{Q}_A pro Schieber betragen:

200 W bei $\Delta\vartheta = 40 \text{ K}$ (gemäss Tabelle 3)

Damit ergeben sich folgende Zusatzverluste:

$$Q_A = 2 \cdot (\dot{Q}_A) \cdot z \cdot \frac{3,6}{1000} = 2 \cdot 200 \cdot 500 \cdot \frac{3,6}{1000} = 7200 \text{ MJ/a}$$

Die jährlichen Wärmeverluste von Rohrleitung und Schieber betragen damit 7488 MJ/a.

b) Variante mit gedämmten Schiebern

Rohrleitungsverluste :

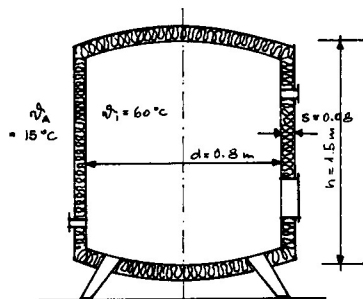
Wärmeverluste der Rohrleitungen 288 MJ/a

Wärmeverluste von 2 Schiebern 1800 MJ/a

Jährlicher Wärmeverlust 2088 MJ/a

A 4 23 Behälter, ortsgedämmt

Figur 3 Schnitt eines ortsgedämmten Behälters



Dämmschichtdicke: $s = 80 \text{ mm}$

Dämmmaterial:

– Glasfasern $\lambda_B = 0,037$

Zusatzverluste von:

– Elektroflansch

– Kaltwasserstutzen

– Warmwasserstutzen

– Füsse (3)

Betriebsdauer: $z = 8760 \text{ h}$

A4 23 1 Berechnung der Wärmeverluste

Wärmeverluste durch die Hülle:

Speicheroberfläche :

$$A_B = 2 \cdot A_{\text{Deckel}} + A_{\text{Zylindermantel}} = 1,448 + 4,5 = 5,97 \text{ m}^2$$

k-Wert der Dämmung:

$$k_B = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_a} + \frac{s}{\lambda_B}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,08}{0,037}} = 0,437 \text{ W / m}^2\text{K}$$

Zusätzliche Wärmeverluste \dot{Q}_{BZ} : (Schätzwerte gemäss Tabelle 3)

Elektro-Heizeinsatz 1,0W/K

Kaltwasserstutzen 0,3W/K

Warmwasserabgang 0,6W/K

3 Füsse 1,8W/K

$\dot{Q}_{BZ} = 3,7 \text{ W/K}$

$$Q_B = z \cdot \Delta\vartheta_B \cdot \frac{3,6}{1000} (k_B \cdot A_B \cdot F_b + \dot{Q}_{BZ}) = \underline{9694 \text{ MJ/a}}$$

(Zuschlagsfaktor F_B 1,2, da Gefahr von Konvektion zwischen Behälter und Wärmedämmung).

A 4 24 Entnahmeleitungen

A 4 241 Vorgaben

Eine ungedämmte Kupferleitung von $d_j = 13 \text{ mm}$, mit einer Wandstärke von 1 mm , führt über 8 m Länge vom Wassererwärmer zum Wasser-Entnahme-Hahn.

Es erfolgen 12 Entnahmen pro Tag ($N_a = 12 \cdot 360$)

Temperatur der Luft $20 \text{ }^\circ\text{C}$

Temperatur des Brauch-Warmwassers $50 \text{ }^\circ\text{C}$

A 4 24 2 Materialkonstanten

Spezifische Wärme: $C_{\text{Kupfer}} = 383 \text{ J/kgK}$
 $C_{\text{Wasser}} = 4180 \text{ J/kgK}$

Masse: Kupfer $= 0,364 \text{ kg}$
Wasser $= 0,133 \text{ kg}$

Mittlere Wärmespeicherfähigkeit des Systems

$$w = C_{\text{Kupfer}} \cdot m_{\text{Kupfer}} + C_{\text{Wasser}} \cdot m_{\text{Wasser}} = 0,193 \text{ Wh/Km}$$

Jährliche Wärmeverluste durch Wasserentnahme:

$$Q_E = w \cdot N_a \cdot l \cdot \Delta\theta \cdot \frac{3,6}{1000} = 0,193 \cdot 12 \cdot 360 \cdot 8 \cdot 30 \cdot \frac{3,6}{1000} = 720 \text{ MJ/a}$$

A 4 25 Kanäle

A 4 25 1 Vorgabe

Ein Luftkanal wird durch einen beheizten Lagerraum geführt.

Kanalquerschnitt (Blech) $= 50 \cdot 30 \text{ cm}$

Länge $= l_k 10 \text{ m}$

Wärmedämmung Steinwolle $= 4 \text{ cm}$

innere Strömungsgeschwindigkeit $= 10 \text{ m/s}$

Warmlufttemperatur im Kanal $= 36 \text{ }^\circ\text{C}$

Lagerraumtemperatur $= 10 \text{ }^\circ\text{C}$

Betriebszeit $= 2000 \text{ h/a}$

A 4 25 2 Wärmeverluste von Kanal in Lagerraum pro Jahr

$$Q_k = k_k \cdot U_k \cdot l_k \cdot \Delta\theta_k \cdot z \cdot F_k \cdot \frac{3,6}{1000}$$

A 4 25 3 k-Wert der Dämmung

$$k_k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_a} + \frac{s}{\lambda_k} + \frac{1}{\alpha_i}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,04}{0,036} + \frac{1}{30}} = 0,79 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\alpha_a = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\alpha_i = 30 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\lambda_k = 0,036 \text{ m (Glaswolle aus Tabelle B5.2 bei } 23^\circ\text{C)}$$

$$U_k = 1,92 \text{ m}$$

A 4 25 4 Bemerkungen

Für den Umfang U_k sind die Aussenabmessungen inklusive Dämmung zugrunde zu legen.

F_k noch offen; aus Erfahrungen mit Montage-Mängeln kann/soll im Zweifelsfall $1,1$ oder $1,2$ eingesetzt werden.

A 5 PUBLIKATIONEN

- (1) J.M. Sullivan, Thermal Performance of Insulated Pipe System, Dartmouth, College Hanover
- (2) VDI-Wärmeatlas, 4. Auflage 1984
- (3) VDI-Norm 2055, p. 33/34
- (4) VDI-Norm 2055, p. 47
- (5) W Scheuerbrandt, G. Meier, Temperaturverhältnisse von elektrisch beheizten Rohrleitungen., 3R International, 24.Jahrg., Heft 9, 1985
- (6) Diplomarbeit U.Widmer ETH Zürich, Dez. 1986 (Labor für Energiesysteme)
- (7) Heizung Klima 11-1986, p. 42/43
- (8) G. Morisse, Die Wärmedämmung von Flanschen und Armaturen, Isolierung
- (9) K. Nolte, Beitrag zum Alterungsverhalten von Polyurethanschaumstoffen unter hohen Temperaturen, Diss. Universität Hanover, BRD 1982
- (10) M.Jacobi, R. König, Hartschaumstoffe als Wärmeisolierung für Rohrleitungen, Industrieanzeiger Nr.92,107.Jg., Nov.1985
- (11) M.Vrancken, Heat distribution system. IEA Annex 10, Laboratoire de physique du bâtiment, Université de Liege, Belgium, Febr. 1982
- (12) M.Anderson et al., Piping for heat distribution, IEA Annex 10, Division of Building Services Engineering, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, March 1985
- (13) M.Anderson, Steady state heat losses from pipes embedded in walls or mounted in slots, IEA Annex 10, March 1985

Abkürzungen der in der Kommission vertretenen Organisationen:

AFB Amt für Bundesbauten

EMPA Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt

ISOLSUISSE Schweizerische Vereinigung für Isoliertechnik

SSIV Schweizerischer Spenglermeister- und Installateur-Verband

VKF Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen

VSHL Verband Schweizerischer Heizungs- und Lüftungsfirmen

VSI Verband Schweizerischer Isolierfirmen

Mitglieder der Kommission SIA 380/3
<Wärmedämmung von Leitungen, Kanälen und Behältern in Gebäuden>

			Vertreter von:
Vorsitz:	J. Sprecher, Ing. SIA,	Uitikon	SIA
Mitglieder:	W Baumann, Ing. SIA,	Winterthur	VSI
	Dr. H.P. Eicher,	Basel	Schule
	Dr. P. Hartmann, Ing. SIA	Dübendorf	EMPA
	H. Kuhn, Ing. SIA,	Bern	VKF
	B. Neubrand,	Niederhasli	ISOLSUISSE
	R.Tresch, Ing. SIA,	Bern	AFB
	H.Venier,	Zürich	SSIV
	U.Wyssling,	Zürich	VSHL

Die vorliegende Empfehlung SIA380/3 <Wärmedämmung von Leitungen, Kanälen und Behältern in Gebäuden> wurde vom Central-Comité des SIA am 22. August 1991 in Flims genehmigt. Sie ersetzt Norm SIA148 (Bedingungen für Wärme-, Kälte- und Schallisolierungen) (1951). Sie tritt am 1. Oktober 1991 in Kraft.

Der Präsident: Prof. Dr. J.-C. Badoux
Der Generalsekretär: C. Reinhart, Ing. SIA

Copyright © 1991 Zurich by SIA

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe <Fotokopie, Mikrokopie>, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und das der Übersetzung, vorbehalten.