

Inhaltsübersicht

1. Wärme-Dämmsystem mit PIR-Dämmschalen

1.	1	Systembeschreibung	2
	2	Elemente des Wärme-Dämmsystems	3
	3	Dämmtechnische Begriffe und Kenngrößen	4
	4	Vorschriften, Normen, Empfehlungen	5
	5	Mitgeltende Bestimmungen, Haftungsausschluss	5

2. Dimensionierung des Wärme-Dämmsystems

2.	1	Daten für die Dimensionierung	6
	1.	1 Umgebungsklima	6
		2 Mediumtemperatur	6
		3 PIR-Dämmschalen	6
		4 Rohrdurchmesser	6
		5 Ummantelung	6
	2.	2 Methoden für die Dimensionierung	7
		2. 1 Einleitung	7
		2 Berührungsschutz	7
		3 Wärmeschutz	7
		4 Wirtschaftlichkeit	7
		5 Begrenzung der Temperaturänderung des strömenden Mediums im Rohr	7
	2.	3 Tabellen für die Dimensionierung	8
		3. 1 Berührungsschutz	8
		2 Wärmeschutz	9
		3 Wirtschaftlichkeit	9
		4 Ermitteln der Dämmdicke	10

3. Anwendungs- und Ausführungsempfehlungen

3.	1	Korrosionsschutz	11
	2	Anwendungsempfehlungen	11
	3	Ausführungsbeschreibungen	11
	3.	4 Ausführungsrichtlinien	12
		4. 1 Allgemeines	12
		2 Anforderungen	12
		3 Unterkonstruktion	12
		4 Dämmung	12
		5 Ummantelung	13
		6 Verschiedenes	13

4. Anhang

4.	1	Materialkennwerte – Richtwerte	14
	2	Tabellen Wärme-Leistungsverluste Dämmsystem PIR – Polyisocyanurat	15
	3	Tabellen Wärme-Leistungsverluste Dämmsystem MW – Mineralwolle	16
	4	Tabellen Wärme-Leistungsverluste Dämmsystem FEF – Kautschukschaum	17

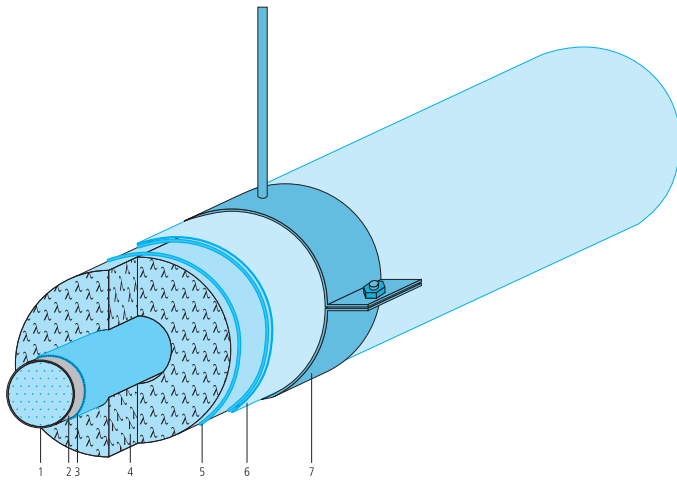
5. Berechnungsgrundlagen

5.	1	Betriebswärmeleitfähigkeit	18
	2	Wärmeübergang	18
	3	Wärmedurchgangswiderstand radial	20
	4	Wärmestrom radial	20

1. Wärme-Dämmsystem mit PIR-Dämmschalen

1.1 Systembeschreibung

Bild 1.1-1:
Prinzipieller Systemaufbau



- 1 Medium
- 2 Rohrleitung
- 3 Korrosionsschutz (je nach Anforderung)
- 4 **PIR-Dämmschale**
- 5 Bindedraht galvanisiert
- 6 Ummantelung
- 7 Rohraufhängung

Mehrschichtiger Aufbau von Komponenten, die bezüglich Funktion sowie chemischer und physikalischer Eigenschaften auf die Einsatzbedingungen abgestimmt sind.

Verständigung

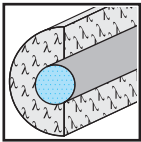
Die Hauptfunktion aller Kälte- bzw. Wärmedämmungen ist die Reduzierung von Wärmeströmen.

Der Wärmestrom ist bei **Wärmedämmungen** vom Medium zur Umgebung gerichtet, bei Kälteämmungen von der Umgebung zum Medium.

Aufgaben der Wärmedämmung

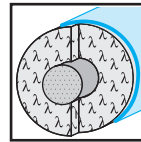
- **Energie sparen**
- **Reduktion der Energiekosten**
- **Verminderung von Wärmeverlusten**
- **Schutz des Mediums vor Abkühlung**
- **Schutz der Umgebung vor Erwärmung**
- **wirtschaftlicher Betrieb von Wärmeanlagen**
- **Erfüllen der gesetzlichen Vorschriften (Energiegesetze)**

1.2 Elemente des Wärme-Dämmsystems



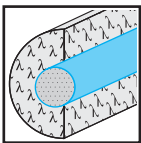
Medium

In technischen Prozessen erwärmter Stoff, meistens Flüssigkeiten, dessen Temperatur über der der Umgebungsluft liegt und als Wärmeträger eingesetzt wird.



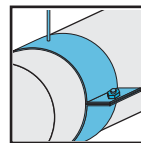
Ummantelung

Schutzschicht des Dämmsystems vor äusseren Einflüssen wie mechanische Beschädigungen, Witterungseinflüsse, usw.



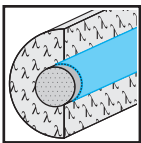
Rohrleitung

Hohlzylinder durch den das Medium strömt bzw. gefördert wird. Die Materialwahl und Bemessung hat durch den Planer objektspezifisch gemäss Nutzungsvereinbarung zu erfolgen.



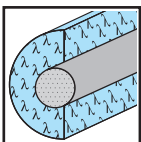
Rohraufhängung

Die Rohraufhängung sollte eine wärmebrückenfreie Halterung der Rohrleitung sicherstellen.



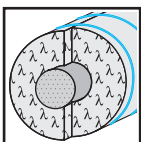
Korrosionsschutz

Schutz der aussenseitigen Rohroberfläche gegen Korrosion. Die zu dämmenden Leitungen sind – sofern erforderlich – mit einem zweckmässigen und dauerhaften Korrosionsschutz zu versehen. Die Korrosionsschutzmassnahmen sind **bauseits** zu planen und auszuführen.



PIR-Dämmschalen und Formteile wie Bogen, Segmente, Platten

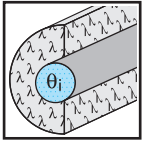
Wärmedämmende Schicht aus duromerem Polyisocyanurat (PIR)-Hochleistungsdämmstoff mit überwiegend geschlossenzelliger Struktur. Hohe Passgenauigkeit und Vielfalt der Dimensionen bewirken die geforderte Dämmwirkung auf engstem Raum. PIR-Dämmschalen sind mit den gebräuchlichsten angrenzenden Werkstoffen verträglich und enthalten keine Bestandteile, die bei üblicherweise vorkommenden Betriebsarten schädlich auf die zu dämmenden Installationen einwirken können. Die PIR-Dämmschalen sind vor Witterungseinflüssen und mechanischen Beschädigungen zu schützen.



Bindendraht galvanisiert

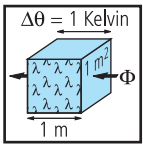
Der Bindendraht fixiert die Dämmschalen zuverlässig und dauerhaft in ihrer definitiven Lage.

1.3 Dämmtechnische Begriffe und Kenngrössen



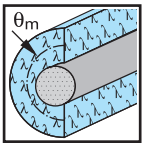
Mediumtemperatur im Rohr θ_i [°C]

Die den Berechnungen zugrunde gelegte maximale resp. minimale Temperatur des Mediums.



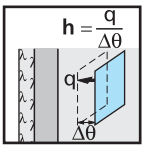
Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m·K)]

Materialeigenschaft: Wärmestrom Φ in Watt, welcher im stationären Zustand pro 1 m² durch eine homogene Dämmschicht von 1 m Dicke fliesst, wenn das Temperaturgefälle $\Delta\theta$ 1 Kelvin beträgt.



Mitteltemperatur θ_m [°C]

Die für die Wärmeleitfähigkeit massgebende mittlere Dämmstofftemperatur.



Wärmeübergangskoeffizient h [W/(m²·K)]

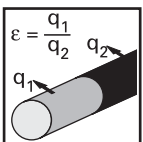
Verhältnis der Wärmestromdichte q in W/m² an der Oberfläche eines Stoffes zur Temperaturdifferenz $\Delta\theta$ in Kelvin zwischen dieser Fläche und ihrer Umgebung, z.B. Luft unter stationären Bedingungen.

Folgende Parameter beeinflussen den Wärmeübergangskoeffizienten:

- Umgebungstemperatur
- Oberflächentemperatur
- Strömungsgeschwindigkeit des Mediums auf der Oberfläche, z. B. Wind
- Art, Beschaffenheit und Zustand der Oberfläche

Der Wärmeübergangskoeffizient setzt sich grundsätzlich zusammen aus dem konvektiven Anteil und dem Strahlungsanteil (bei kondensierenden und nassen Oberflächen ist es noch komplexer).

Für die Berechnung des Strahlungsanteils benötigt man den Emissionsgrad.



Emissionsgrad ϵ [-]

(auch Emissionsverhältnis oder Emissionszahl genannt)

Verhältnis zwischen der abgestrahlten Wärmestromdichte einer gegebenen Oberfläche q_1 und derjenigen einer ideal schwarzen Oberfläche q_2 bei gleicher Temperatur.

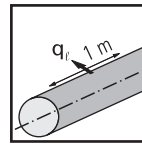
Bei der Berechnung des Wärmedurchgangs bei gedämmten Bauteilen im Hochbau ist der Emissionsgrad nebensächlich; erstens handelt es sich selten um grössere Temperaturgefälle, z.B. -10 °C zu 20 °C und zweitens sind es meist nicht metallische Oberflächen. Darum können bei üblichen Berechnungen normierte Grössen verwendet werden, beispielsweise 8 W/(m²·K) beim inneren Wärmeübergang ohne Windanfall bzw. 25 W/(m²·K) beim äusseren Wärmeübergang mit Windanfall.

Anders bei technischen Dämmungen für Rohre und Apparate. Da können Temperaturgefälle von z.B. -40 °C zu 20 °C oder 350 °C zu 20 °C und sowohl metallische wie auch nicht metallische Oberflächen vorkommen.

Der absolut Schwarze Körper hat den Emissionsgrad 1.0. Für polierte, metallische Oberflächen werden Werte von 0.05 genannt.

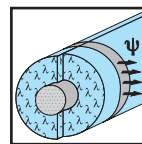
Der Schwarze Körper ist ein idealer Strahler, dessen Ausstrahlung von keinem anderen Körper gleicher Temperatur übertroffen wird. Andererseits absorbiert der Schwarze Körper alle auftreffende Strahlung (Reflektion = 0). Er ist also auch ein idealer Absorber.

Bei gleicher Randbedingung hat ein nicht metallischer Körper eine kleinere Temperaturdifferenz zwischen Umgebungs- und Oberflächentemperatur. Eine nicht metallisch ummantelte Wärmedämmung hat eine kältere Oberfläche als eine metallische.



Längenbezogene Wärmestromdichte q_l [W/m]

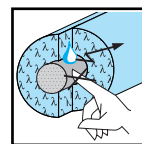
«Längenbezogen» wird zur Bezeichnung von Eigenschaften verwendet, die auf einer Längeneinheit in Rohrachsenrichtung einer bestimmten Rohrdämmung beruhen. Diese längenbezogenen Eigenschaften sind zweckmässig, weil dann der Gesamtwärmeverlust $Q_{R\text{ TOT}}$ bei Kenntnis von Rohrlänge in m, zutreffender Temperaturdifferenz $\Delta\theta$ in K und Betriebsdauer z (h/a) berechnet werden kann. «Längenbezogen» bezeichnet nicht den Wärmestrom in axialer Richtung. Die Geometrie einer Rohrdämmung erfordert spezielle Bezeichnungen, die für flache Körper nicht gelten.



Wärmebrücke ψ [W/(m·K)]

(zusätzlicher Wärmeverlust)

Begrenzte Bereiche in einem Dämmsystem, in denen die Wärmeleitfähigkeit erheblich höher ist als die der angrenzenden homogenen Dämmung, beispielsweise im Bereich von Rohraufhängungen, Trag- und Stützkonstruktionen.



Berührungsschutz

Begrenzung der Oberflächentemperatur des Dämmsystems zur Verhütung von (Haut-)Verbrennungen, Brandentfachungen beispielsweise durch tropfende Öle, Explosionen von Gasgemischen, usw.

In diesem Zusammenhang wird oft auch von Übertemperatur – Unterschied zwischen Oberflächentemperatur und Umgebungstemperatur – gesprochen.

1.4 Vorschriften, Normen, Empfehlungen

Wärme- und Feuchteschutz / Energie

- Empfehlung SIA 380/3 «Wärmedämmung von Leitungen, Kanälen und Behältern in Gebäuden»
- Kantonale Energiegesetze und -verordnungen
- Norm SIA 180 «Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau»
- Norm SIA 380/1 «Thermische Energie im Hochbau»
- Norm SIA 380/7 «Haustechnik»
- Norm SIA 380.301 «Wärmedämmstoffe für die Haustechnik und für betriebstechnische Anlagen – Bestimmung des Nennwertes der Wärmeleitfähigkeit» (ISO 13787:2003)
- Norm SIA 380.302 «Wärmeschutz – Bestimmung der Wärmetransporteigenschaften im stationären Zustand von Wärmedämmungen für Rohrleitungen» (ISO 8497:1994)
- Norm SIA 380.303 «Wärmedämmung an haus- und betriebstechnischen Anlagen – Berechnungsregeln» (ISO 12241:1998)
- Norm SIA 381.101 «Baustoffe und -produkte – Wärme- und feuchte-technische Eigenschaften – Tabellierte Bemessungswerte»
- Empfehlung SIA 410 «Kennzeichnung von Installationen im Gebäude – Sinnbilder für die Haustechnik»

Brandschutz

- Empfehlung SIA 183 «Brandschutz im Hochbau»
- Brandschutzvorschriften der Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF

Schallschutz

- Norm SIA 181 «Schallschutz im Hochbau»

Richtlinien Fachverbände

- VSI Verband Schweizerischer Isolierfirmen
- BCI Basler Chemische Industrie «Thermische Dämmungen»
- FESI Fédération Européenne des Syndicats d'entreprises d'Isolation «Ausführungsrichtlinien für Wärmedämmarbeiten, Betriebstemperatur über der Umgebungstemperatur»
- AGI-Arbeitsblätter Arbeitsgemeinschaft Industriebau e.V.
- VDI-Richtlinien Verein Deutscher Ingenieure

Produkte-Informationen Hersteller

- swisspor Dokumentation Register B – 8: «Haustechnik»
- Regisol Produkte-Informationen Ordner Register 2
- Elri AG: Produkte-Informationen unter www.elri.ch

Anmerkung zum Wärmeschutz:

In der Haustechnik gelten im Wärmebereich für Dämmungen seit 1986 kantonale Energiegesetze und Wärmedämmvorschriften.

Weitere Informationen finden Sie dazu im Kapitel Dimensionierung, Abschnitt 2.3.2 und in der Tabelle 2.3.2-1.

1.5 Mitgeltende Bestimmungen

Bei den vorliegenden Planungsunterlagen handelt es sich nicht um ein «fertiges Rezept» zur Erstellung von Rohrdämmungen mit PIR-Dämmschalen im Wärmebereich. Sie sollen lediglich als Arbeitshilfsmittel für Planer und Ausführende dienen.

Die vorliegenden Angaben sind auf Grund des derzeitigen Standes der Technik und unserer Erfahrungen erarbeitet worden. Betreffend der jeweiligen Ausführungspraxis behalten wir uns jederzeit Änderungen vor. Diese Planungsunterlagen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Eine rechtliche Verbindlichkeit kann daraus nicht abgeleitet werden.

Es sind insbesondere die für die Konstruktion, die Bauteildimensionierung, die Baustoffwahl, die Verlegung, den Wärme-, Feuchte-, Schall- und Brandschutz betreffenden Normen und Richtlinien zu beachten.

2. Dimensionierung des Wärme-Dämmsystems

2.1 Daten für die Dimensionierung

2.1.1 Umgebungsklima

Das Umgebungsklima in der Haustechnik bewegt sich in der Regel von 20 °C, 50 % relative Luftfeuchtigkeit bis 30 °C, 90 % relative Luftfeuchtigkeit.

2.1.2 Mediumtemperatur

Im Wärmebereich Haustechnik bewegen sich die Mediumtemperaturen in der Regel von 20 °C bis 90 °C.

2.1.3 PIR(Polyisocyanurat)-Dämmschalen

Tabelle 2.1-1: Handelsübliche Dämmdicken

mm	30	40	50	60	80	100	120
----	----	----	----	----	----	-----	-----

Die Wärmeleitfähigkeit von PIR in Abhängigkeit der Temperatur ist im Kapitel Anhang, Bild 4.1-1 nachzuschlagen.

2.1.4 Rohrdurchmesser

nach Norm VSM 11500

Tabelle 2.1-2: Stahlrohre geschweisst, Abmessungen in Millimeter und in Zoll

NW / DN	mm	10	15	20	25	32	40	50	65	80
	Zoll	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{2}$	2	2 $\frac{1}{2}$	3
Aussen-Ø	mm	17,2	21,3	26,9	33,7	42,4	48,3	60,3	76,1	88,9
NW / DN	mm	100	125	150	175	200	225	250	300	350
	Zoll	4	5	6	7	8	9	10	12	14
Aussen-Ø	mm	114,3	139,7	168,3	193,7	219,1	244,5	273	323,9	355,6
NW / DN	mm	400	500	600	700	800	900	1000	—	—
	Zoll	16	20	24	28	32	36	40	—	—
Aussen-Ø	mm	406,4	508	609,6	711,2	812,8	914,4	1016	—	—

Tabelle 2.1-3: Stahlrohre nahtlos, Abmessungen in Millimeter und in Zoll

NW / DN	mm	10	15	20	25	32	40	50	65	80
	Zoll	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{2}$	2	2 $\frac{1}{2}$	3
Aussen-Ø	mm	13,5	20	25	30	38	44,5	57	76,1	88,9
NW / DN	mm	100	125	150	175	200	225	250	300	350
	Zoll	4	5	6	7	8	9	10	12	14
Aussen-Ø	mm	108	133	159	193,7	219,1	244,5	267	323,9	368
NW / DN	mm	400	450	550	650	750	850	—	—	—
	Zoll	16	18	22	26	30	34	—	—	—
Aussen-Ø	mm	419	457,2	558,8	660,4	762	863,6	—	—	—

Die Dimensionen weiterer gebräuchlicher Rohrsysteme in Metall, Kunststoff, Verbundwerkstoffen usw. sind beim Hersteller/Lieferanten anzufragen. Der Rohraussendurchmesser entspricht dem Innen-Durchmesser der Dämmschale.

2.1.5 Ummantelung

Tabelle 2.1-4: Für übliche Ummantelungen können die nachfolgenden Emissionsgrade ϵ bezüglich ihrer Oberfläche verwendet werden.

Art der Ummantelung und ihrer Oberfläche	Emissionsgrad ϵ
keine Ummantelung	0.90
nicht metallische Ummantelung	0.90
Aluminiumblech walzblank	0.05
Aluminiumblech oxydiert	0.15
Aluminiumblech stark oxydiert	0.20
Aluminiumblech eloxiert	0.80
Stahlblech verzinkt, blank	0.25
Stahlblech verzinkt, verstaubt	0.35
Stahlblech rot angerostet	0.60
Stahlblech stark angerostet	0.70
Stahlblech farbbeschichtet	0.90
nicht rostendes CrNi-Stahlblech	0.15

Für die Dimensionierung des Wärme-Dämmsystems auf Berührungsschutz empfehlen wir die Verwendung der nachfolgenden Emissionsgrade:

- Ummantelung nicht metallisch ϵ 0.90
- Ummantelung metallisch, neu (glänzend) ϵ 0.15

Für die Dimensionierung des Wärme-Dämmsystems auf Wärmeschutz, Wirtschaftlichkeit sowie Schutz gegen Einfrieren oder Begrenzung der Temperaturänderung des Mediums empfehlen wir die Verwendung der nachfolgenden Emissionsgrade:

- Ummantelung nicht metallisch ϵ 0.90
- Ummantelung metallisch, Betriebszustand (verstaubt) ϵ 0.35

2.2 Methoden für die Dimensionierung

2.2.1 Einleitung

Wenn für die Bereitstellung des Wärmemediums bezüglich Mediumtemperatur Energie nötig ist, muss das Wärme-Dämmsystem so dimensioniert werden, dass die Energieverluste möglichst klein gehalten werden können und ein wirtschaftlicher Betrieb sichergestellt ist.

PIR-Dämmungen für Wärme-Dämmsysteme sind aus montagetechnischen und wirtschaftlichen Gründen grundsätzlich **mindestens 30 mm** dick auszuführen.

2.2.2 Berührungsschutz

Heisse Anlagenteile sind so zu dämmen, dass beispielsweise Personen bei Berührung dieser Teile keine Verbrennungen erleiden. Wir empfehlen, Wärmeleitungen so dick zu dämmen, dass die Oberflächentemperatur der Aussenhülle max. 40 °C beträgt.

Die Oberflächentemperatur einer Wärmedämmung ist kein Qualitätsmass für deren Güte, weil sie nicht allein von der Wärmedämmung, sondern ebenso von nur schwierig erfassbaren andern Einflüssen abhängt, wie zum Beispiel:

- Emissionsgrad der Ummantelung
- Windanfall, Luftzirkulation
- Wärmeabstrahlungen der Umgebung, beispielsweise heisse Anlagenteile
- konvektionsbehindernden Installationen, beispielsweise unmittelbar über Rohrleitungen montierte breite Lüftungskanäle

2.2.3 Wärmeschutz

Zu befolgen sind die von den kantonalen Amtsstellen vorgeschriebenen Dämmdicken. Diese basieren auf den «Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich» (MuKE), herausgegeben von der Konferenz kantonalen Energiedirektoren.

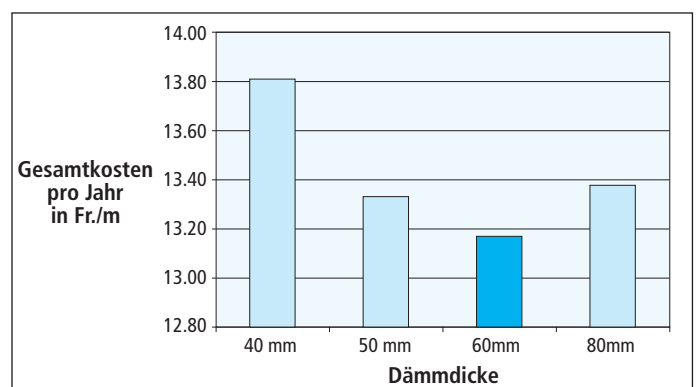
2.2.4 Wirtschaftlichkeit

Dimensionierung auf Wirtschaftlichkeit bedeutet so dick dämmen, dass die Gesamtkosten einer Wärmedämmung während deren Nutzungszeit minimal sind.

Mit zunehmender Dämmdicke steigen die Dämmkosten (Kosten für das Dämmsystem: Kapitaldienst, Instandhaltung, Rückbau), während gleichzeitig die Wärmeverlustkosten (Energiekosten) abnehmen.

Aus den Gesamtkosten - also die Summe von Wärmedämmkosten und Wärmeverlustkosten - ergibt sich bei einer bestimmten Dämmdicke ein Minimum, und diese Dicke wird als «wirtschaftliche Dämmdicke» bezeichnet.

Bild 2.2-1: Diagramm zu Zahlenbeispiel Tabelle 2.2-1



Resultat:

Die geringsten Gesamtkosten während der 50-jährigen Nutzungszeit ergibt eine **60 mm dicke Dämmung**.

2.2.5 Begrenzung der Temperaturänderung des strömenden Mediums im Rohr

Für Fernwärmeleitungen beispielsweise kann vorgeschrieben werden, wie viel der Temperaturabfall für eine bestimmte Länge maximal betragen darf.

Aus dieser Angabe lässt sich die minimal erforderliche Dämmdicke berechnen. Im Bereich «Haustechnik» ist diese Anforderung in der Regel nicht relevant.

Tabelle 2.2-1: Zahlenbeispiel für eine Wirtschaftlichkeitsrechnung, Wärmedämmung für Rohr DN 50 mm

▪ Dämmstoff	PIR-Schalen	▪ Betriebstemperatur	60 °C
▪ Ummantelung	Hart-PVC	▪ Nutzungszeit	50 Jahre bei 6000 h/a
▪ Umgebungstemperatur	20 °C	▪ Kosten Dämmsystem	gemäss «Richtpreise Isolierungen VSI:2004, VSI-Index Nr. 102.02.000»

Dämmdicke	mm	40	50	60	80	
Kosten Dämmsystem inkl. Montage	Fr. / m	38.45	45.70	53.15	68.90	
Kapitaldienst						
– Verzinsung	5% p.a.	Fr. / (m, a)	1.92	2.29	2.66	3.45
– Amortisation	50 a	Fr. / (m, a)	0.77	0.91	1.06	1.38
Instandhaltung	0,5% p.a.	Fr. / (m, a)	0.19	0.23	0.27	0.34
Rückbau / Entsorgung	50% / 50 a	Fr. / (m, a)	0.38	0.46	0.53	0.69
▪ Wärmedämmkosten		Fr. / (m, a)	3.26	3.89	4.52	5.86
Wärmeverlustleistung inkl. Wärmebrücken		W / m	11.0	9.8	9.0	7.8
Energieverlust	6000 h/a	kWh / (m, a)	66	59	54	47
▪ Wärmeverlustkosten	Fr. 0.16/kWh	Fr. / (m, a)	10.56	9.44	8.64	7.52
= Gesamtkosten pro Jahr		Fr. / (m, a)	13.82	13.33	13.16	13.38

Anmerkung zum Energiepreis:

Dieser wird berechnet einerseits aus den Kosten für die Heizanlage (Kapitaldienst), deren Betrieb (Energieverbrauch und Unterhalt) sowie Rückbau / Entsorgung und andererseits aus der während der Nutzungszeit produzierten Wärmeenergie.

2.3 Tabellen für die Dimensionierung

Die in diesem Abschnitt aufgeführten Berechnungswerte dienen einer raschen Dimensionierung von Wärme-Dämmsystemen gemäss Kapitel Berechnungsgrundlagen

- Wärmeleitfähigkeit: Abschnitt 5.1
- Wärmeübergang: Abschnitt 5.2
- Wärmebrücken: Abschnitt 5.1

Diese Grundlagen erfüllen erfahrungsgemäss die Anforderungen für übliche Berechnungen. Für exakte Bemessungen müssen gesicherte Daten zur Verfügung stehen.

Tabellen 2.3.1-1: Berührungsschutz für Wärme-Dämmsystem PIR (bis 130°C)

Maximal zulässige Mediumtemperaturen in °C zur Vermeidung von Oberflächentemperaturen über 40°C in Abhängigkeit von Rohrdurchmesser, Dämmdicke und Ummantelung.

- Wärmeleitfähigkeit WKZ 27.260 gemäss Kapitel Berechnungsgrundlagen, Abschnitt 5.1
 - Zuschlag zur Wärmeleitfähigkeit für Wärmeverluste durch Unterkonstruktion λ_2 0.006 W/(m·K)
- Wärmeübergangskoeffizient gemäss Kapitel Berechnungsgrundlagen, Abschnitt 5.2

1. Ummantelung metallisch, neu (glänzend), Emissionsgrad 0.15

1.1. Umgebungstemperatur 20°C

Rohr DN	Dämmdicke in mm						
	30	40	50	60	80	100	120
10							
25							
50	126			130			
100	108						
150	100	126					
200	95	119					

2.3.1 Berührungsschutz

Aus den nachfolgenden Tabellen «Berührungsschutz» kann in Abhängigkeit der Parameter

- Umgebungstemperatur (20°C bzw. 25°C)
- Rohrdurchmesser (DN 10 bis DN 200)
- Dämmdicke (30 mm bis 120 mm)
- Ummantelungen
 - metallisch, neu (glänzend)
 - metallisch, Betriebszustand (verstaubt)
 - nicht metallisch

herausgelesen werden, bis zu welcher maximalen Mediumtemperatur das gewählte Dämmsystem bezüglich Berührungsschutz zulässig ist.

In den nachfolgenden Tabellen wurde die maximale Temperatur auf 130°C begrenzt.

Das mit diesen Tabellenwerten dimensionierte Wärme-Dämmsystem ergibt eine maximale Oberflächentemperatur von 40°C.

1.2. Umgebungstemperatur 25°C

Rohr DN	Dämmdicke in mm						
	30	40	50	60	80	100	120
10							
25	121						
50	106			130			
100	93	115					
150	85	106	126				
200	82	101	120				

2. Ummantelung metallisch, Betriebszustand (verstaubt), Emissionsgrad 0.35

2.1. Umgebungstemperatur 20°C

Rohr DN	Dämmdicke in mm						
	30	40	50	60	80	100	120
10							
25							
50				130			
100							
150	121						
200	115						

2.2. Umgebungstemperatur 25°C

Rohr DN	Dämmdicke in mm						
	30	40	50	60	80	100	120
10							
25							
50	124			130			
100	109						
150	102	128					
200	98	122					

3. Ummantelung nicht metallisch, Emissionsgrad 0.9

3.1. Umgebungstemperatur 20°C

Rohr DN	Dämmdicke in mm						
	30	40	50	60	80	100	120
10							
25							
50				130			
100							
150							
200							

3.2. Umgebungstemperatur 25°C

Rohr DN	Dämmdicke in mm						
	30	40	50	60	80	100	120
10							
25							
50				130			
100							
150							
200							

Beispiel:

Damit bei einer neuen metallischen Ummantelung (Emissionsgrad 0.15) die Oberflächentemperatur 40°C nicht überschreitet, darf das Rohr DN 50, 30 mm dick gedämmt, bei einer Umgebungstemperatur von 25°C mit einer Mediumtemperatur von max. 106°C belastet werden, ⇒ Tabelle 1.2.

2.3.2 Wärmeschutz

Auszug aus den Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE), Ausgabe 2000:
Die **Vorlauftemperaturen** für neue oder ersetzte Wärmeabgabesysteme dürfen bei der massgebenden Auslegetemperatur höchstens 50°C betragen.

Tabelle 2.3.2-1: Minimale Dämmdicken bei Verteilungen der Heizung sowie bei Warmwasserleitungen

Rohr-Nennweite DN		$\lambda \leq 0.03 \text{ W/(m K)}$ (PIR-Dämmschalen)	$\lambda > 0.03 \text{ W/(m K)}$ bis $\lambda \leq 0.05 \text{ W/(m K)}$
mm	Zoll	mm	mm
10 bis 15	³ / ₈ bis ¹ / ₂	30	40
20 bis 32	³ / ₈ bis ¹ / ₄	40	50
40 bis 50	1 1/2 bis 2	50	60
65 bis 80	2 1/2 bis 3	60	80
100 bis 150	4 bis 6	80	100
175 bis 200	7 bis 8	80	120

2.3.3 Wirtschaftlichkeit

Sind für die Erreichung der Mediumtemperatur Energiekosten relevant, ist die Dimensionierung der Dämmdicke nach wirtschaftlichen Kriterien die sinnvollste Art.

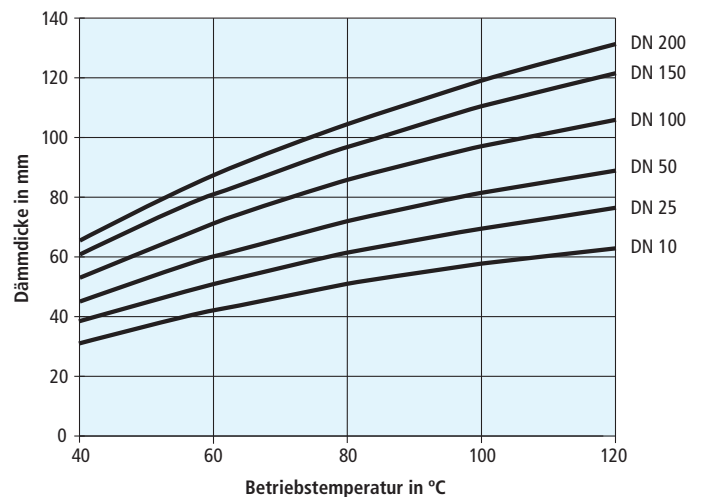
Allerdings sind hierfür die Beschaffung zusätzlicher Daten und aufwändige Berechnungen erforderlich – siehe Kapitel Dimensionierung, Abschnitt 2.2.4.

Sollten die Tabellen «Berührungsschutz» eine dickere Dämmung ergeben, zum Beispiel bei extremen klimatischen Bedingungen, dann sind natürlich diese Dicken gültig.

Als Beispiel für wirtschaftliche Dämmdicken dient das nachfolgende Diagramm für folgende Randbedingungen:

- Dämmsystem PIR-Rohrdämmschalen, PVC-Umhüllung
- Umgebungsklima 20°C, kein Wind
- Kosten Dämmsystem: gemäss «Richtpreise Isolierungen VSI:2004,VSI-Index Nr. 102.02.000»
Kapitalzinsfuss 5 % p.a.
Instandhaltungskosten 0.5 % p.a. der Dämmkosten
Rückbaukosten 50 % der Dämmkosten
- Betriebsstunden 6000 h/a
- Nutzungszeit 50 Jahre
- Energiepreis Fr. 0.16/kWh

Bild 2.3.3-1: Wirtschaftliche Dämmdicke Wärme-Dämmsystem mit PIR-Dämmschalen in Funktion von Rohr-DN und Betriebstemperatur



Beispiel:
Für eine Leitung DN 50 beträgt die wirtschaftliche Dämmdicke bei einer Betriebstemperatur von 60°C und den obengenannten Daten bezüglich Dämmsystem, Klima und Kosten ca. 60 mm.

2.3.4 Ermitteln der Dämmdicke

Wir empfehlen folgendes Vorgehen:

Schritt 1

Bemessungsgrundlagen

- Umgebungsklima
- Mediumtemperatur
- Rohrdimension
- Art der Ummantelung
- Betriebsstunden
- Nutzungsdauer
- Dämmkosten

Schritt 2

Zuerst muss in der Tabelle 2.3.2-1 «Wärmeschutz, minimale Dämmdicken – gesetzliche Vorschriften» (Energiegesetz) die verlangte Dämmdicke herausgelesen werden.

Schritt 3

Bei Mediumtemperaturen über 50 °C ist der Berührungsschutz zu berücksichtigen. Die erforderliche Dämmdicke kann aus Tabelle 2.3.1-1 «Berührungsschutz» ermittelt werden.

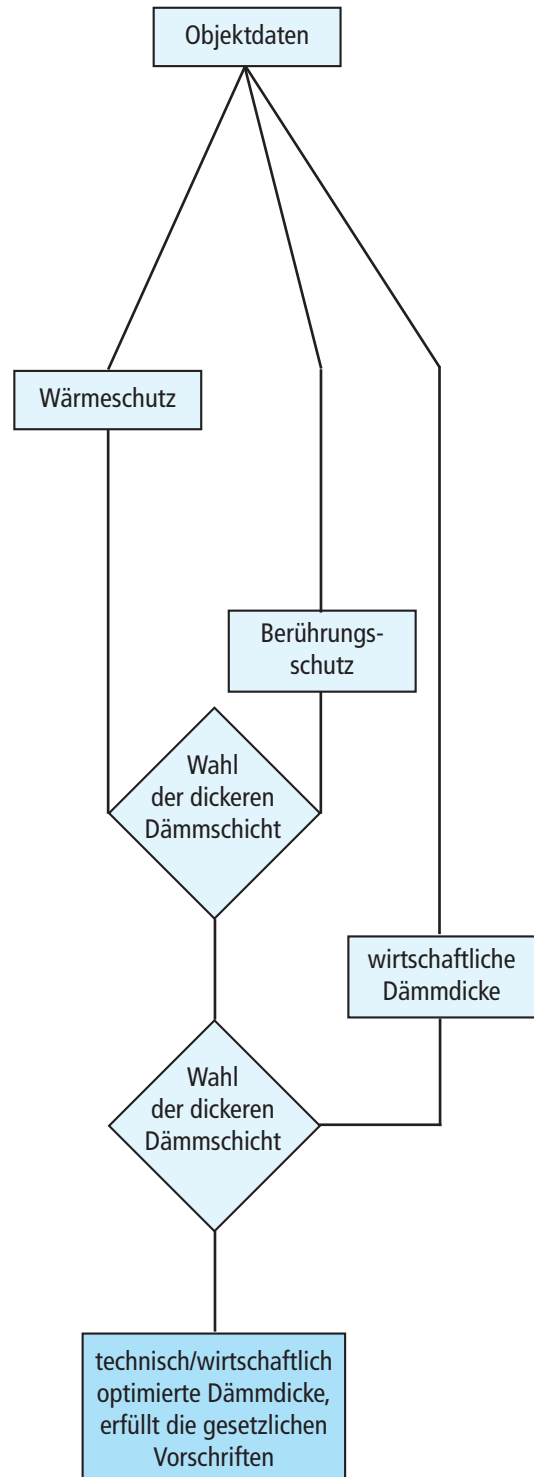
Zu wählen ist die dickere Dämmschicht aus Schritt 2 und 3.

Schritt 4

Anschließend wird das Diagramm Bild 2.3.3-1 «wirtschaftliche Dämmdicke» konsultiert.

Wir empfehlen die Wahl der dickeren Dämmschicht aus Schritt 3 und 4.

Es muss mindestens jene Dämmdicke gewählt werden, die von der zuständigen Amtsstelle vorgeschrieben ist.



3. Anwendungs- und Ausführungsempfehlungen

3.1 Korrosionsschutz

Die Notwendigkeit ist situativ nach Objektanforderung **bauseits** durch Fachspezialisten zu planen und auszuführen.

3.2 Anwendungsempfehlungen

Wärme-Dämmsysteme mit PIR-Dämmschalen eignen sich sowohl für Anwendungen im sichtbaren Bereich wie Verteilerräume und Zentralen, wie auch in belüfteten und unbelüfteten Zwischendecken, in Hohlräumen sowie für Fernleitungen in begehbaren und nicht begehbaren Kanälen. Sie können auch für Leitungen im Freien mit geeigneter Ummantelung angewendet werden.

Tabelle 3.2-1: Anwendungsempfehlungen

Ort der Leitung	Art der Ausführung
sichtbarer Bereich wie Verteilerräume, Zentralen, usw.	Ummantelung aus Leichtmetallblech, PVC-Folie oder Alu-Grobkornfolie
in belüfteten oder unbelüfteten Zwischendecken, in Hohlräumen	Ummantelung aus PVC-Folie oder Alu-Grobkornfolie
in begehbaren Kanälen	Ummantelung aus Leichtmetallblech, PVC-Folie oder Alu-Grobkornfolie
in nicht begehbaren Kanälen	Ummantelung aus Leichtmetallblech
im trockenen Erdreich	spezielle vorfabrizierte Systeme
im Grundwasser führenden Erdreich	spezielle vorfabrizierte Systeme
im Freien	Ummantelung aus Leichtmetallblech, hinterlüftet, mit Fest- und Gleitpunkten, mit Kondensatabläufen

3.3 Ausführungsbeschreibungen

Hinweis: siehe auch aktuellen VSI-Nummern-Index und aktuelle VSI-Ausführungsbeschreibungen.

Position	Text	ME
1.	Wärme-Dämmsystem mit PIR-Dämmschalen	m
1.	PIR-Dämmschalen	
01	Wärmeleitfähigkeit bei Mitteltemperatur 40°C: _____ ≤ 0.030 W/(m·K)	
02	Geschlossenzelligkeit: _____ > 90 Vol.-%	
03	Brandkennziffer: _____ 5.2 bis 5.3 BKZ	
04	Rohr-Nennweite NW / DN: _____ mm	
05	Rohr-Aussendurchmesser: _____ mm	
06	Dämmdicke gemäss Objektanforderung bzw. gesetzlicher Vorschrift: _____ mm	
07	Befestigung: _____ Bindedraht korrosionsgeschützt	
ff.	_____	
2.	Ummantelung	
01	Material: _____	
02	Dicke: _____ mm	
03	Brandkennziffer: _____ BKZ	
04	Ausbildung Rundnähte/-stösse: _____	
05	Ausbildung Längsnähte/-stösse: _____	
ff.	_____	
3.	Verlegeart	
01	1-lagig / mehrlagig _____	
02	in Räumen, sichtbare Bereiche _____	
03	in belüfteten / unbelüfteten Zwischendecken _____	
04	in belüfteten / unbelüfteten Hohlräumen _____	
05	in begehbaren / nicht begehbaren Kanälen _____	
06	im Freien _____	
07	horizontal oder geneigt bis 30° _____	
08	vertikal oder geneigt über 30° _____	
ff.	_____	
4.	Weitere objektspezifische Leistungen	
01	_____	
ff.	_____	

→ Bauteile wie Abzweiger, Bögen, Reduktionen, Armaturen usw. sind gleichwertig zu dämmen. Für übliche Dimensionen sind passgenaue Formstücke erhältlich.

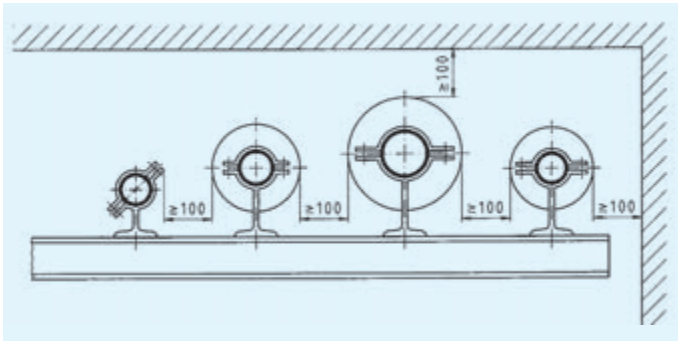
3.4 Ausführungsrichtlinien

3.4.1 Allgemeines

Das zu dämmende Objekt ist vom Auftragnehmer bezüglich bauseitige Vorleistungen, Platzverhältnisse und Oberflächenbeschaffenheit zu prüfen. Bestehen Bedenken, dass die vorgesehene Ausführungsart nicht ordnungsgemäss erbracht werden kann, sind diese dem Auftraggeber schriftlich mitzuteilen.

Die Abstände nach Bild 3.4.1-1 müssen eingehalten sein.

Bild 3.4.1-1: Erforderliche Mindestabstände von Rohrleitungen, Masse in mm



Um fachlich einwandfrei dämmen zu können, müssen bauseits folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Die Anlage ist abgeschaltet und trocken.
- Der Untergrund ist frei von Behinderungen und weist keine groben Verunreinigungen auf.
- Halterungen zur Aufnahme der Tragkonstruktion sind am Objekt angebracht.
- Dichtscheiben sind am Objekt angebracht (Dichtscheiben sind Konstruktionsteile, die eine flüssigkeitsdichte Verbindung zwischen Objekt und Ummantelung ermöglichen).
- Einbauten am Objekt wie Flansche, Typenschilder usw. müssen so bemessen sein, dass Flanschverbindungen, Ables- und Messeinrichtungen, Schriftseite von Typenschildern usw. ausserhalb der Dämmung liegen.
- Auflager sind so ausgeführt, dass Dämmstoffe und Ummantelungen fachgerecht angeschlossen werden können.
- Rohrdurchführungen bei Wand- und Deckendurchbrüchen müssen so ausgelegt sein, dass die Einhaltung der Dämmdicke und die Ausführung des vorgesehenen Dämmsystems gewährleistet sind. Allfällige Auflagen des Brandschutzes sind zu beachten.
- An waagrechten Rohrleitungen im Freien sollen Armaturen unterhalb der waagrechten Ebene durch die Rohrleitungsachse angebracht werden, um das Risiko eindringender Feuchtigkeit zu minimieren.
- Die Dämmung kann ohne Behinderung montiert werden.
- Schweißarbeiten am Objekt sind ausgeführt und die Anlage ist geprüft.
- Metallklebearbeiten am Objekt sind ausgeführt.
- Die Anlage darf bis zur Fertigstellung der Dämmarbeiten nicht in Betrieb genommen werden.
- Gedämmte Anlagenteile dürfen in der Regel nicht für die Befestigung anderer Installationen benutzt werden.

3.4.2 Anforderungen

- Wärmebrücken sind möglichst zu vermeiden.
- Allfälliger Korrosionsschutz und alle Elemente des Dämmsystems, wie Klebstoff, Dämmstoff, Ummantelung usw. müssen funktional aufeinander abgestimmt sein. Ebenso ist die gegenseitige Materialverträglichkeit sicherzustellen.
- Um Korrosionsrisiken zu vermeiden, dürfen sich Metalle unterschiedlichen elektrischen Potentials nicht berühren; allenfalls müssen trennende Zwischenschichten eingebaut werden.
- Dämmsysteme sind so zu montieren, dass demontierbare Einbauten ohne Beschädigung der Dämmung ein- und ausgebaut werden können.

3.4.3 Unterkonstruktion

Auflager

Eine direkte Verbindung des zu dämmenden Objektes mit Aufhängungen, Halterungen, Fundamenten u.ä. ist zu vermeiden. Dazwischen werden deshalb Auflager aus Dämmstoffen mit hoher Druckfestigkeit eingelegt. Die für Dauerlasten zulässigen Druckspannungen dieser Dämmstoffe dürfen nicht überschritten werden. Reicht deren Festigkeit nicht, können Auflager aus andern Stoffen mit niedriger Wärmeleitfähigkeit, z.B. Hartholz, verwendet werden.

Auflager in Rohraufhängungen und Rohrhalterungen

Die Auflager müssen mindestens so dick sein wie die anschliessende Dämmschicht. Bei Loslagern können druckfeste Dämmstoffe verwendet werden; bei Festlagern müssen Werkstoffe mit geringer Wärmeleitfähigkeit verwendet werden, die Druck- und Schubkräfte aufnehmen können, z.B. Hartholz, PUR/PIR-Hartschaum hoher Rohdichte oder Schichtholz.

Tragkonstruktionen

Tragkonstruktionen übertragen das Gewicht des Dämmsystems und auf dieses einwirkende Kräfte über Halterungen oder direkt auf das zu dämmende Objekt. Tragkonstruktionen ergeben unvermeidliche Wärmebrücken. Um deren Einfluss gering zu halten, werden Formstücke, z.B. aus PUR/PIR-Hartschaum, Schaumglas u.ä., unmittelbar am Objekt befestigt. In diesem Fall muss die Tragkonstruktion nur die Lasten aus der Umhüllung und allenfalls auf diese einwirkende Kräfte aufnehmen.

Stützkonstruktionen

Stützkonstruktionen halten die Ummantelung im gewählten Abstand am Objekt, wenn der Dämmstoff selbst diese Aufgabe nicht übernehmen kann. Als Stützkonstruktionen werden im allgemeinen Schalen, Segmente oder andere Formstücke aus druckfesten Dämmstoffen, Kunststoffen oder Holz verwendet.

3.4.4 Dämmung

Der Dämmstoff muss den von der Planung festgelegten Anforderungen genügen.

Hohlräume zwischen Objekt und Dämmstoff sind zu vermeiden.

Die Dämmschalen sind fugendicht und fugenversetzt einzubauen. Eine allfällig zweite Lage soll die Fugen der ersten Lage ausreichend überdecken.

An senkrechten und geneigten Flächen angebrachte Dämmungen müssen gegen Abrutschen gesichert sein.

Der Dämmstoff ist durch geeignete Massnahmen vor Witterungseinflüssen und mechanischen Beschädigungen zu schützen.

Der Innendurchmesser von Schalen, Bogen und Segmenten entspricht dem Aussendurchmesser der Rohrleitung.

Die gemeinsame Dämmung mehrerer Rohrleitungen mit unterschiedlichen Mediumtemperaturen ist zu vermeiden.

3.4.5 Ummantelung

Allgemeines

Die Ummantelung hat die Funktion eines mechanischen Schutzes, situativ auch Witterungs- und/oder Brandschutz, des Rohrdämm-Systems. Besteht die Gefahr, dass Flüssigkeit in die Dämmung eindringen kann, beispielsweise Spritzwasser, muss die Ummantelung dicht ausgeführt werden. Besteht bei Leitungen im Freien bei Temperaturabfall die Gefahr von kondensierendem Wasser aus der Umgebungsluft im Hohlraum zwischen Ummantelung und Dämmung, muss die Ummantelung Entwässerungsvorrichtungen (Kondensatabläufe) aufweisen.

Ummantelung aus Blech

Die Bleche sind zu formen, Rundnähte zu sickern. Die Längsnähte können gesickt oder angekantet werden.

Ummantelungen aus Aluminiumfolien und Alu-Grobkornfolien

Die verklebten Rundstöße müssen mindestens 50 mm überlappen, die verklebten Längsstöße mindestens 30 mm bzw. es sind die Herstellerangaben einzuhalten.

Ummantelungen aus harten Kunststoff-Folien (Hart-PVC-Folien)

Die Rundstöße müssen mindestens 50 mm überlappen, die Längsstöße mindestens 30 mm bzw. nach Herstellerangaben.

3.4.6 Verschiedenes

Klebstoffe

Die Klebstoffe dürfen die Eigenschaften der Fügeile und der angrenzenden Stoffe nicht beeinflussen. Die Verarbeitungsvorschriften der Hersteller sind einzuhalten.

Der verwendete Klebstoff darf keine die Nutzung der Räume beeinträchtigende Geruchsbelästigungen erzeugen.

Dämmung an Armaturen

Als Armaturen gelten z.B. Ventile, Klappen, Flansche und Filter.

Die Dämmung der Armaturen soll mit Kappen erfolgen, welche für Service- oder Reparaturarbeiten jederzeit leicht entfernt und danach ohne Beeinträchtigung der Dämmwirkung wieder montiert werden können.

Die Dämmung der Rohrleitung endet in dem Abstand vor der Armatur, der die Entfernung und Austausch derselben erlaubt.

Die Kappen überlappen die Dämmung der Rohrleitung um ein Maß, welches der Dämmdicke entspricht.

Armaturen werden wenn immer möglich mit der gleichen Dämmdicke wie das Rohrleitungssystem gedämmt.

Kappen aus Kunststoff

Die Dämmschicht besteht in der Regel aus hochwertigem, FCKW-freiem PUR-Schaum, welcher mit einer widerstandsfähigen Kunststoffhülle vor mechanischen Einflüssen geschützt wird.

Kunststoffkappen werden industriell hergestellt. Der Isolierer konfektioniert die vorgefertigten Kappen so, dass sie auf dem Dämmsystem der angrenzenden Rohrleitung passgenau sitzen.

Kappen aus Metall

Die vom Isolierspengler gefertigte Leichtmetallbox wird mit Mineralwolle oder vorgefertigten PIR-Elementen ausgekleidet und passgenau auf dem Dämmsystem der angrenzenden Rohrleitung montiert.

Elektrostatische Aufladung

Werden in explosionsgefährdeten Bereichen elektrostatisch aufladbare Stoffe verwendet, zum Beispiel kunststoffbeschichtete Umhüllungen oder nicht leitende Kunststoffe, muss eine Erdung erstellt werden.

Diese Arbeiten sind durch eine Fachfirma auszuführen.

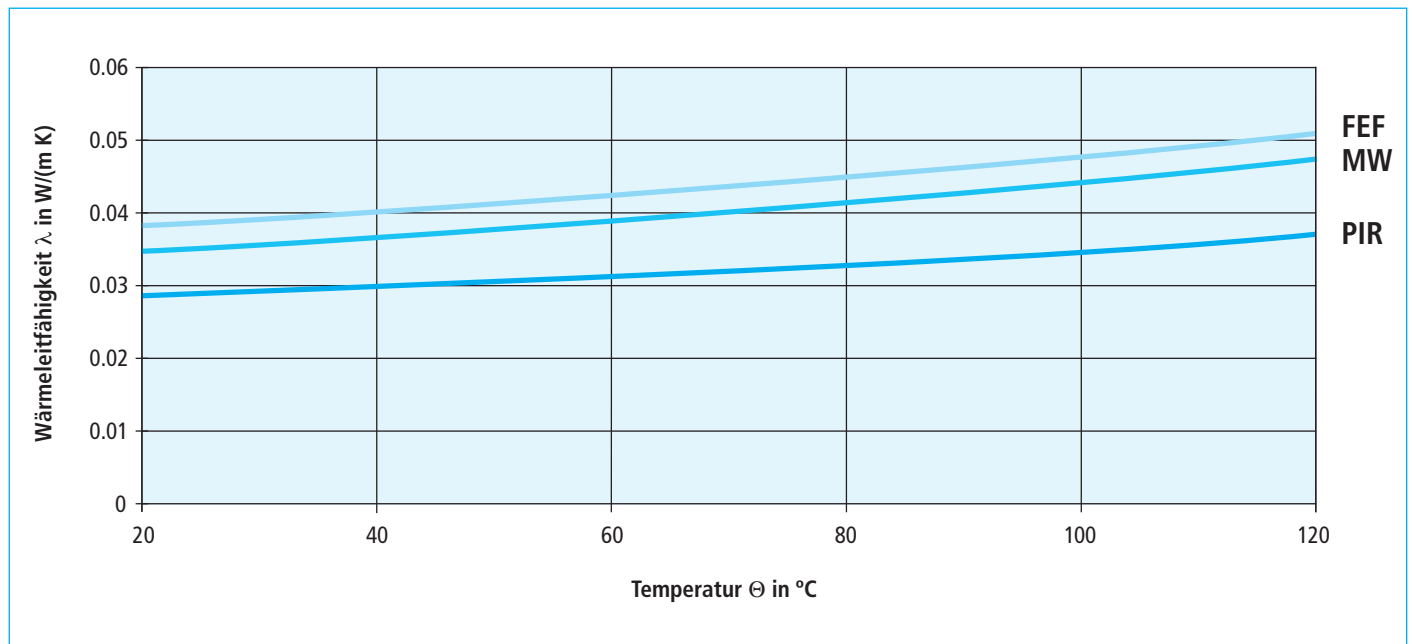
4. Anhang

4.1 Materialkennwerte – Richtwerte*)

Tabelle 4.1-1: Technische Daten Dämmstoff-Schalen

Material		Rohdichte kg/m ³	Anwendungs- grenztemperatur °C	Brandkennziffer BKZ
Polyisocyanuratschaum	PIR	30 bis 80	bis 130	5.2 bis 5.3
synth. Kautschukschaum	FEF	50 bis 120	bis 110	5.1 bis 5.2
Mineralwolle	MW		bis 250	6q.3 bis 6
– Steinwolle		60 bis 200		
– Glaswolle		20 bis 60		

Bild 4.1-1: Wärmeleitfähigkeit verschiedener Dämmstoff-Rohrschalen in Funktion der Temperatur



- Legende:
- PIR Polyisocyanuratschaum WKZ 27.260
harter Schaumkunststoff auf der Basis von Polyurethan mit überwiegend geschlossenzelliger Struktur
 - FEF flexibler Elastomerschaum WKZ 36.290
geschlossenzelliger Weichschaum aus natürlichem oder synthetischem Gummi oder Mischung von beiden
 - MW Mineralwolle WKZ 32.330
Dämmstoff mit wolliger Beschaffenheit, der aus flüssigem Stein, Schlacke oder Glas hergestellt wird

Die Materialkennwerte spezifischer Produkte sind nachzuweisen.

*) Quellen: Herstellerangaben; Empfehlung SIA 380/3:1990; DIN 4140:1996; Literaturangaben

4.2 Tabellen Wärmeleistungsverluste in W/m für Wärme-Dämmsystem PIR (Polyisocyanurat-Schaum)

in Abhängigkeit von Rohrdurchmesser und Dämmdicke

- Ummantelung aus Hart-PVC, kein Wind
- Wärmeleitfähigkeit WKZ 27.260 gemäss Kapitel Berechnungsgrundlagen, Abschnitt 5.1
- Zuschlag zur Wärmeleitfähigkeit für zusätzliche Wärmeverluste durch Unterkonstruktion: λ_z 0.006 W/(m K)
- Wärmeübergangskoeffizient gemäss Kapitel Berechnungsgrundlagen, Abschnitt 5.2
- Zuschlag zum Wärmestrom für weitere Wärmebrücken wie Auflager und Tragkonstruktionen: wbr 1% der ungedämmten Oberfläche

Umgebungstemperatur 20 °C

Mediumtemperatur 40 °C

Rohr DN	Dämmdicke in mm						
	30	40	50	60	80	100	120
10	2,9	2,6	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8
25	4,3	3,7	3,3	3,1	2,7	2,5	2,4
50	6,3	5,3	4,7	4,3	3,8	3,4	3,2
100	10	8,5	7,4	6,6	5,7	5,0	4,6
150	14	12	10	8,9	7,5	6,6	6,0
200	18	14	12	11	9,1	8,0	7,2

Mediumtemperatur 50 °C

Rohr DN	Dämmdicke in mm						
	30	40	50	60	80	100	120
10	4,5	3,9	3,6	3,4	3,1	2,9	2,7
25	6,5	5,7	5,1	4,7	4,2	3,8	3,6
50	9,6	8,2	7,2	6,6	5,8	5,2	4,8
100	16	13	11	10	8,7	7,7	7,1
150	21	18	15	14	11	10	9,0
200	27	22	19	17	14	12	11

Mediumtemperatur 60 °C

Rohr DN	Dämmdicke in mm						
	30	40	50	60	80	100	120
10	6,1	5,3	4,9	4,6	4,2	3,9	3,7
25	8,9	7,7	6,9	6,4	5,7	5,2	4,9
50	13	11	9,8	9,0	7,8	7,1	6,6
100	21	18	15	14	12	11	9,6
150	29	24	21	18	16	14	13
200	37	30	26	23	19	17	15

Mediumtemperatur 80 °C

Rohr DN	Dämmdicke in mm						
	30	40	50	60	80	100	120
10	9,4	8,3	7,6	7,1	6,4	6	5,7
25	14	12	11	9,9	8,8	8,1	7,6
50	20	17	15	14	12	11	10
100	33	27	24	21	18	16	15
150	45	37	32	29	24	21	20
200	57	46	40	35	30	26	24

Mediumtemperatur 100 °C

Rohr DN	Dämmdicke in mm						
	30	40	50	60	80	100	120
10	13	11	10	9,7	8,8	8,2	7,8
25	19	16	15	14	12	11	10
50	28	24	21	19	17	15	14
100	45	38	33	30	25	23	21
150	62	51	44	40	33	30	27
200	78	64	55	49	41	36	33

Mediumtemperatur 120 °C

Rohr DN	Dämmdicke in mm						
	30	40	50	60	80	100	120
10	16	15	13	12	11	11	10
25	24	21	19	17	16	14	13
50	36	30	27	25	22	20	18
100	58	48	42	38	33	29	27
150	80	66	57	51	43	38	35
200	101	82	71	63	53	47	42

Zwischenwerte können linear interpoliert werden.

4.3 Tabellen Wärmeleistungsverluste in W/m für Wärme-Dämmsystem MW (Mineralwolle)

in Abhängigkeit von Rohrdurchmesser und Dämmdicke

- Ummantelung aus Hart-PVC, kein Wind
- Wärmeleitfähigkeit WKZ 32.330 gemäss Kapitel Berechnungsgrundlagen, Abschnitt 5.1
- Zuschlag zur Wärmeleitfähigkeit für zusätzliche Wärmeverluste durch Unterkonstruktion: λ_z 0.006 W/(m K)
- Wärmeübergangskoeffizient gemäss Kapitel Berechnungsgrundlagen, Abschnitt 5.2
- Zuschlag zum Wärmestrom für weitere Wärmebrücken wie Auflager und Tragkonstruktionen: wbr 1% der ungedämmten Oberfläche

Umgebungstemperatur 20 °C

Mediumtemperatur 40 °C

Rohr DN	Dämmdicke in mm						
	30	40	50	60	80	100	120
10	3,4	3,0	2,7	2,6	2,3	2,2	2,0
25	4,9	4,3	3,8	3,6	3,2	2,9	2,7
50	7,2	6,1	5,4	5,0	4,3	3,9	3,6
100	12	9,7	8,5	7,6	6,5	5,8	5,3
150	16	13	11	10	8,5	7,5	6,8
200	20	16	14	12	10	9,1	8,2

Mediumtemperatur 50 °C

Rohr DN	Dämmdicke in mm						
	30	40	50	60	80	100	120
10	5,2	4,6	4,2	3,9	3,6	3,3	3,1
25	7,6	6,5	5,9	5,4	4,8	4,4	4,2
50	11	9,4	8,3	7,6	6,6	6,0	5,6
100	18	15	13	12	9,9	8,8	8,1
150	25	20	17	16	13	12	10
200	31	25	22	19	16	14	13

Mediumtemperatur 60 °C

Rohr DN	Dämmdicke in mm						
	30	40	50	60	80	100	120
10	7,0	6,2	5,7	5,3	4,8	4,5	4,3
25	10	8,9	8,0	7,4	6,6	6,0	5,6
50	15	13	11	10	9,0	8,2	7,6
100	24	20	18	16	14	12	11
150	34	28	24	21	18	16	14
200	42	34	29	26	22	19	17

Mediumtemperatur 80 °C

Rohr DN	Dämmdicke in mm						
	30	40	50	60	80	100	120
10	11	9,7	8,9	8,3	7,5	7,0	6,6
25	16	14	12	12	10	9,4	8,8
50	24	20	18	16	14	13	12
100	38	32	28	25	21	19	17
150	52	43	37	33	28	25	22
200	66	54	46	41	34	30	27

Mediumtemperatur 100 °C

Rohr DN	Dämmdicke in mm						
	30	40	50	60	80	100	120
10	15	13	12	11	10	9,6	9,1
25	22	19	17	16	14	13	12
50	33	28	24	22	19	18	16
100	53	44	38	34	29	26	24
150	72	60	51	46	39	34	31
200	91	74	64	57	47	42	38

Mediumtemperatur 120 °C

Rohr DN	Dämmdicke in mm						
	30	40	50	60	80	100	120
10	20	17	16	15	13	12	12
25	29	25	22	21	18	17	16
50	42	36	32	29	25	23	21
100	68	57	50	45	38	34	31
150	94	77	67	60	50	44	40
200	118	96	83	73	61	54	49

Zwischenwerte können linear interpoliert werden.

4.4 Tabellen Wärmeleistungsverluste in W/m für Wärme-Dämmsystem FEF (Kautschuk-Schaum)

in Abhängigkeit von Rohrdurchmesser und Dämmdicke

– kein Wind

– Wärmeleitfähigkeit WKZ 36.290 gemäss Kapitel Berechnungsgrundlagen, Abschnitt 5.1

– Zuschlag zur Wärmeleitfähigkeit für zusätzliche Wärmeverluste durch Unterkonstruktion: λ_z 0.006 W/(m K)

– Wärmeübergangskoeffizient gemäss Kapitel Berechnungsgrundlagen, Abschnitt 5.2

– Zuschlag zum Wärmestrom für weitere Wärmebrücken wie Auflager und Tragkonstruktionen: wbr 1% der ungedämmten Oberfläche

Umgebungstemperatur 20 °C

Mediumtemperatur 40 °C

Rohr DN	Dämmdicke in mm						
	10	20	30	40	50	60	80
10	5,9	4,3	3,6	3,2	3,0	2,8	2,5
25	9,3	6,5	5,3	4,6	4,2	3,8	3,4
50	15	9,8	7,8	6,6	5,9	5,4	4,7
100	25	16	13	10	9,1	8,2	7,0
150	36	23	17	14	12	11	9,2
200	45	29	22	18	15	13	11

Mediumtemperatur 50 °C

Rohr DN	Dämmdicke in mm						
	10	20	30	40	50	60	80
10	9,0	6,6	5,6	5,0	4,5	4,3	3,9
25	14	10	8,1	7,1	6,4	5,9	5,2
50	23	15	12	10	9,0	8,2	7,1
100	39	25	19	16	14	13	11
150	55	35	26	22	19	17	14
200	70	44	33	27	23	21	17

Mediumtemperatur 60 °C

Rohr DN	Dämmdicke in mm						
	10	20	30	40	50	60	80
10	12	9,0	7,5	6,7	6,2	5,8	5,2
25	20	14	11	9,6	8,6	8,0	7,1
50	31	20	16	14	12	11	9,7
100	53	34	26	22	19	17	15
150	75	47	36	30	26	23	19
200	96	60	45	37	32	28	23

Mediumtemperatur 80 °C

Rohr DN	Dämmdicke in mm						
	10	20	30	40	50	60	80
10	19	14	12	10	9,6	8,9	8,1
25	31	21	17	15	13	12	11
50	48	32	25	21	19	17	15
100	83	53	41	34	30	27	23
150	118	74	56	46	40	35	30
200	150	93	70	57	49	44	36

Mediumtemperatur 100 °C

Rohr DN	Dämmdicke in mm						
	10	20	30	40	50	60	80
10	26	19	16	14	13	12	11
25	42	29	24	20	18	17	15
50	67	44	35	29	26	24	21
100	116	73	56	47	41	37	31
150	163	102	77	64	55	49	41
200	208	129	97	79	68	60	50

Mediumtemperatur 120 °C

Rohr DN	Dämmdicke in mm						
	10	20	30	40	50	60	80
10	34	25	21	18	17	16	14
25	55	37	30	26	24	22	20
50	87	57	45	38	34	31	27
100	150	95	73	60	53	47	40
150	212	132	100	82	71	63	53
200	270	167	125	102	88	78	65

Zwischenwerte können linear interpoliert werden.

5. Berechnungsgrundlagen

5.1 Betriebswärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit der üblichen Wärmedämmstoffe nimmt in Abhängigkeit der Temperatur des Wärmedämmstoffs exponentiell zu.

Für haustechnische Anlagen im Temperaturbereich -40 °C bis 120 °C darf die folgende Näherungsgleichung verwendet werden:

$$\lambda_m = \lambda_0 \cdot e^{b \cdot \Theta_m} \quad [W/(m \cdot K)] \quad (1)$$

Aus λ_0 und b wird die WKZ (Wärmeleitfähigkeits-Kennzahl) gebildet:

$$WKZ = 1000 \cdot \lambda_0 + 100 \cdot b \quad [---] \quad (2)$$

Tabelle 5.1-1: Wärmeleitfähigkeits-Kennzahl WKZ verschiedener Dämmstoffe

Wärmedämmstoff	WKZ	λ_0 in W/(m·K)	b in K ⁻¹
Polysocyanuratschaum PIR	27.260	0.027	0.00260
synth. Kautschukschaum FEF	36.290	0.036	0.00290
Mineralwolle MW	32.330	0.032	0.00330

Für die Betriebswärmeleitfähigkeit λ_B sind die Zuschläge λ_z für zusätzliche Wärmeverluste durch die Unterkonstruktion zu berücksichtigen.

Tabelle 5.1-2: Zuschlag λ_z in Abhängigkeit der Unterkonstruktion

Art der Unterkonstruktion	Zuschlag λ_z	
Keine Unterkonstruktion	0.000	W/(m·K)
Stützen aus dämmendem Werkstoff (z.B. Keramik)	0.003	W/(m·K)
Stützen aus Stahl, Auflagen ca. 3 mm dick gedämmt	0.006	W/(m·K)
Stützen aus Stahl, Auflagen ungedämmt	0.020	W/(m·K)

Somit ergibt sich für die Betriebswärmeleitfähigkeit

$$\lambda_B = \lambda_m + \lambda_z \quad [W/(m \cdot K)] \quad (3)$$

Bezeichnung, Begriff, Einheit:

WKZ	Wärmeleitfähigkeits-Kennzahl	---
e	Basis der natürlichen Logarithmen	e = 2,718'282
b	Temperaturfaktor	K ⁻¹
Θ	Temperatur	°C
Θ_m	Mitteltemperatur des Dämmstoffs	°C
λ_B	Betriebswärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs	W/(m·K)
λ_0	Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs bei 0 °C	W/(m·K)
λ_m	Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs bei der Mitteltemperatur Θ_m	W/(m·K)
λ_z	Zuschlag für Wärmeverluste durch Unterkonstruktion	W/(m·K)

5.2 Wärmeübergang

5.2.1 Wärmeübergangskoeffizient aussen

$$h_a = h_k + h_s \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (4)$$

Bezeichnung, Begriff, Einheit:

h_a	Wärmeübergangskoeffizient aussen	W/(m ² ·K)
h_k	Wärmeübergang durch Konvektion	W/(m ² ·K)
h_s	Wärmeübergang durch Strahlung	W/(m ² ·K)

5.2.2 Wärmeübergang durch Konvektion

Für die Berechnung des konvektiven Wärmeübergangs können aus verschiedenen Quellen (ISO / International Organization for Standardization, VDI / Verein Deutscher Ingenieure, ASTM / American Society for Testing and Materials und andere) folgende Gleichungen hergeleitet werden:

Wärmeschutz, Rohr horizontal verlegt:

$$h_k = 1,2 \cdot \left(\frac{|\Delta a|}{Da}\right)^{0,25} \cdot (1 + 2,85 \cdot w)^{0,5} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (5)$$

Wärmeschutz, Rohr vertikal verlegt:

$$h_k = 1,7 \cdot \left(\frac{|\Delta a|}{Da}\right)^{0,25} \cdot (1 + 2,85 \cdot w)^{0,5} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (6)$$

Wärmeschutz, übliche Wärmeverlust-Berechnungen:

$$h_k = 1,5 \cdot \left(\frac{|\Delta a|}{Da}\right)^{0,25} \cdot (1 + 2,85 \cdot w)^{0,5} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (7)$$

Berührungsschutz, übliche Berührungsschutz-Berechnungen:

$$h_k = 0,75 \cdot 1,5 \cdot \left(\frac{|\Delta a|}{Da}\right)^{0,25} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (8)$$

Bezeichnung, Begriff, Einheit:

Da	Aussendurchmesser	m
w	Windgeschwindigkeit	m/s
$ \Delta a $	Temperaturgefälle zwischen Oberfläche und Umgebung	°C

5.2.3 Wärmeübergang durch Strahlung

$$h_s = \epsilon \cdot C_s \cdot \frac{\left(\frac{T_s}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_a}{100}\right)^4}{T_s - T_a} \quad [W/(m^2 \cdot K)] \quad (9)$$

Bezeichnung, Begriff, Einheit:

ϵ	Emissionsgrad der Oberfläche	---
C_s	Strahlungskonstante des Schwarzen Strahlers	5,67 W/(m ² ·K)
T_a	absolute Temperatur der Umgebung = $\Theta_a + 273,15$	K
T_s	absolute Temperatur der Oberfläche = $\Theta_s + 273,15$	K

Tabelle 5.2-1: Emissionsgrad von Oberflächen

äußere Rohroberfläche	Emissionsgrad ϵ
CrNiSt (nicht rostend)	0,15
Stahlrohr verzinkt	0,35
Stahlrohr roh, unbehandelt	0,75
Stahlrohr mit Korrosionsschutz	0,90
Ummantelungen	
Aluminiumblech walzblank	0,05
Aluminiumblech oxydiert	0,15
Aluminiumblech stark oxydiert	0,20
Aluminiumblech eloxiert	0,80
CrNiSt-Blech (nicht rostend)	0,15
Stahlblech verzinkt, blank	0,25
Stahlblech verzinkt, verstaubt	0,35
Stahlblech rot angerostet	0,60
Stahlblech farbbeschichtet	0,90
metallische Ummantelung, neuwertig, Mittelwert für Berührungsschutz-Berechnungen	0,15
metallische Ummantelung, Betriebszustand, für Wärmeschutz-Berechnungen	0,35
nicht metallische Ummantelung für Wärmeschutz- und Berührungsschutz-Berechnungen	0,90

Tabellen 5.2-2: Wärmeübergangskoeffizienten h_a in Abhängigkeit von Oberflächentemperatur Θ_s und Aussendurchmesser der Ummantelung

- Umgebungstemperatur Θ_a 20°C, windstill

Ummantelung metallisch, neu (glänzend), Emissionsgrad 0.15

Wärmeschutz h_a gemäss (7)

Θ_s in °C	Aussendurchmesser in mm					
	100	200	300	400	500	600
22	4,0	3,5	3,3	3,1	3,0	2,9
25	4,9	4,2	3,9	3,7	3,5	3,4
30	5,6	4,9	4,5	4,3	4,1	3,9
40	6,6	5,7	5,2	4,9	4,7	4,6

Berührungsschutz h_a gemäss (8)

Θ_s in °C	Aussendurchmesser in mm					
	100	200	300	400	500	600
22	3,2	2,9	2,7	2,5	2,5	2,4
25	3,9	3,4	3,2	3,0	2,9	2,8
30	4,5	3,9	3,6	3,4	3,3	3,2
40	5,2	4,5	4,2	3,9	3,8	3,7

Ummantelung metallisch, Betriebszustand, Emissionsgrad 0.35

Wärmeschutz h_a gemäss (7)

Θ_s in °C	Aussendurchmesser in mm					
	100	200	300	400	500	600
22	5,2	4,7	4,4	4,3	4,1	4,0
25	6,0	5,4	5,1	4,9	4,7	4,6
30	6,8	6,1	5,7	5,5	5,3	5,1
40	7,9	7,0	6,5	6,2	6,0	5,8

Berührungsschutz h_a gemäss (8)

Θ_s in °C	Aussendurchmesser in mm					
	100	200	300	400	500	600
22	4,4	4,0	3,8	3,7	3,6	3,5
25	5,0	4,6	4,3	4,2	4,1	4,0
30	5,7	5,1	4,8	4,6	4,5	4,4
40	6,4	5,8	5,4	5,2	5,0	4,9

Ummantelung nicht metallisch, Emissionsgrad 0.90

Wärmeschutz h_a gemäss (7)

Θ_s in °C	Aussendurchmesser in mm					
	100	200	300	400	500	600
22	8,4	7,9	7,6	7,4	7,3	7,2
25	9,3	8,6	8,3	8,1	7,9	7,8
30	10,2	9,4	9,0	8,8	8,6	8,4
40	11,3	10,4	10,0	9,7	9,5	9,3

Berührungsschutz h_a gemäss (8)

Θ_s in °C	Aussendurchmesser in mm					
	100	200	300	400	500	600
22	7,6	7,2	7,0	6,9	6,8	6,7
25	8,3	7,8	7,5	7,4	7,3	7,2
30	9,0	8,4	8,1	7,9	7,8	7,7
40	9,9	9,3	8,9	8,7	8,5	8,4

5.3 Wärmedurchgangswiderstand radial

$$R = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_b} \cdot \ln\left(\frac{da}{di}\right) + \frac{1}{\pi \cdot h_a \cdot Da} \quad [\text{m}\cdot\text{K}/\text{W}] \quad (10)$$

Bezeichnung, Begriff, Einheit:

R	Wärmedurchgangswiderstand	m·K/W
Da	Aussendurchmesser der Umhüllung	m
da	Aussendurchmesser der Dämmung	m
di	Innendurchmesser der Dämmung	m

Der innere Wärmeübergangswiderstand zwischen Rohr und Dämmung wird vernachlässigt.

5.4 Wärmestrom radial

$$q_i = \frac{\Theta_i - \Theta_a}{R} + \text{WBR} \quad [\text{W}/\text{m}] \quad (11)$$

Bezeichnung, Begriff, Einheit:

q_i	Wärmestrom radial durch das Dämmsystem	W/m
Θ_a	Umgebungstemperatur	°C
Θ_i	Mediumtemperatur	°C
WBR	Wärmeverluste durch Wärmebrücken, jedoch ohne λ_z	W/m

$$\text{WBR} = \frac{\Theta_i - \Theta_a}{1} \cdot \frac{\text{wbr}}{100} \quad [\text{W}/\text{m}] \quad (12)$$

$$\frac{1}{\pi \cdot h_r \cdot dr}$$

Bezeichnung, Begriff, Einheit:

dr	äusserer Rohrdurchmesser (in der Regel identisch mit di)	m
h_r	Wärmeübergangskoeffizient am ungedämmten Rohr	W/(m ² ·K)
wbr	ungedämmte Rohroberfläche	%

Tabelle 5.4-1: Zuschlag wbr in % ungedämmte Rohroberfläche

Wärmebrücken	keine	wenige	übliche	viele
Zuschlag wbr	0 %	0,2 %	1,0 %	5,0 %

Tabellen 5.4-2: Wärmeübergangskoeffizienten h_r am ungedämmten Rohr in Abhängigkeit von Mediumtemperatur Θ_i und äusserem Rohrdurchmesser dr

- Umgebungstemperatur Θ_a 20°C, windstill

Rohroberfläche Emissionsgrad 0.15

Wärmeübergangskoeffizient h_r gemäss (7)

Θ_i in °C	Rohr DN					
	10	25	50	100	150	200
40	9,7	8,3	7,4	6,4	5,9	5,6
60	12	9,8	8,7	7,5	6,9	6,6
80	13	11	9,6	8,3	7,7	7,3
100	14	12	10	9	8,3	7,8

Rohroberfläche Emissionsgrad 0.35

Wärmeübergangskoeffizient h_r gemäss (7)

Θ_i in °C	Rohr DN					
	10	25	50	100	150	200
40	11	9,6	8,6	7,7	7,2	6,9
60	13	11	10	8,9	8,3	8
80	14	12	11	9,9	9,2	8,8
100	15	13	12	11	10	9,5

Rohroberfläche Emissionsgrad 0.75

Wärmeübergangskoeffizient h_r gemäss (7)

Θ_i in °C	Rohr DN					
	10	25	50	100	150	200
40	14	12	11	10	9,7	9,4
60	16	14	13	12	11	11
80	17	16	14	13	12	12
100	19	17	15	14	13	13

Rohroberfläche Emissionsgrad 0.90

Wärmeübergangskoeffizient h_r gemäss (7)

Θ_i in °C	Rohr DN					
	10	25	50	100	150	200
40	15	13	12	11	11	10
60	17	15	14	13	12	12
80	19	17	15	14	14	13
100	20	18	17	15	15	14