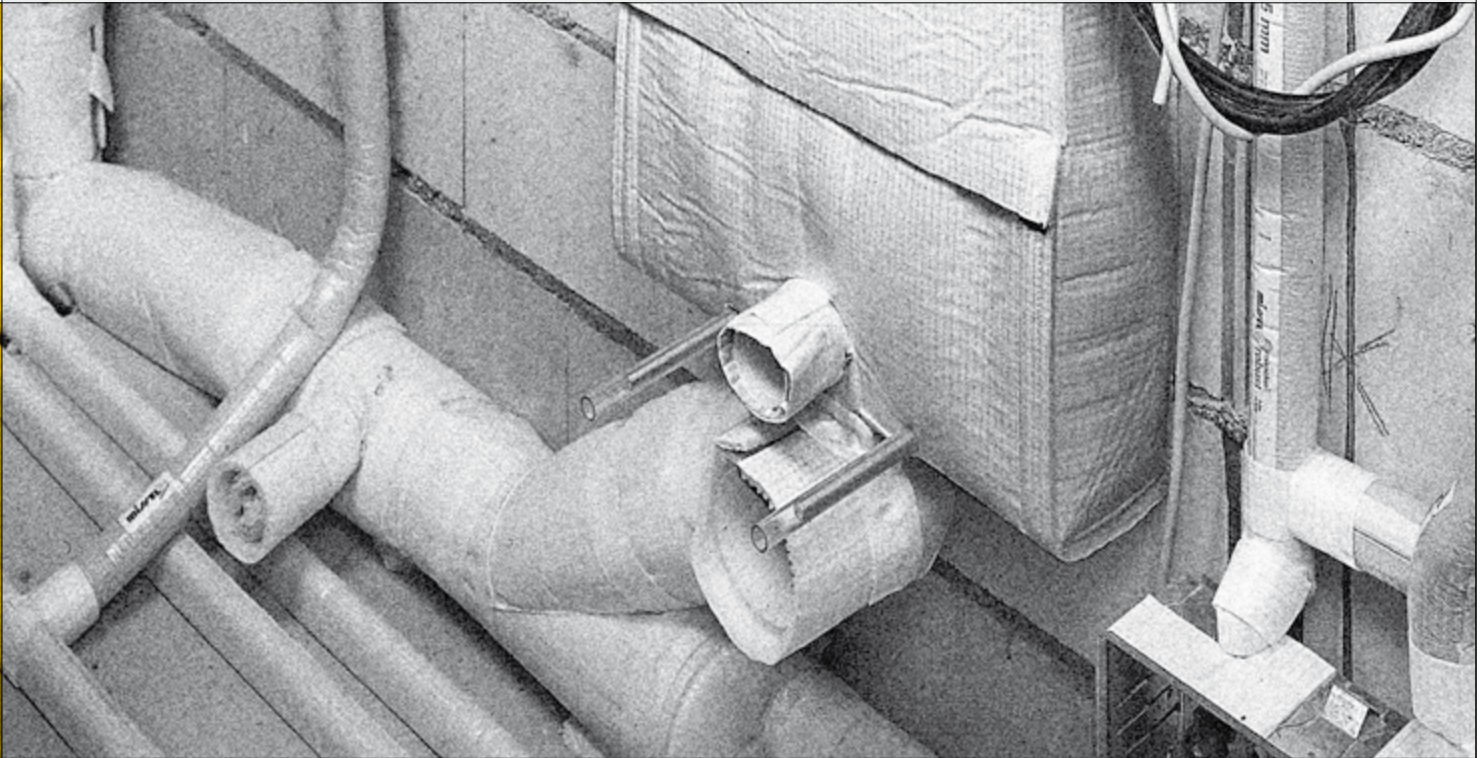


# Missel Merkblatt Dämmungen



## **Werkvertraglich sichere Dämmungen von Rohrleitungen im Wohnungs-, Gewerbe- und Industriebau**

Fachbeitrag von Dipl.-Ing. (FH) H.-J. Mai und Dr. B. Hanel,  
überarbeitet und ergänzt Juni 2009



**SCHWAB**



# Stille ist unser Erfolg.



Fast 120 Jahre Erfahrung stecken in den Produkten von Missel. Qualitätsbewusste Planer und Verarbeiter wissen die Vorteile unserer Produkte und Leistungen zu schätzen. Patente, innovative Produktideen und die maßgebliche Mitarbeit in Normungsgremien belegen eindrucksvoll unsere führende Stellung. Mit reißfesten Körperschall-Systemdämmungen und Brandschutzsystemen sowie intelligenten Lösungen zur Sanitärinstallation hat sich Missel als Marke etabliert.

Durch die Integration der Markenprodukte von Schwab in das Gesamtprogramm deckt Kolektor Missel Schwab nun ein enormes Spektrum ab. Es reicht von der Rohrdämmung über raumsparende Kompakt-Sanitärelemente sowie Vorwand- und WC-Spültechnik bis zu durchdachten Montagesystemen. Die Marken Missel und Schwab bieten Planern und Verarbeitern viel Spielraum für hochwertige und kreative Sanitärösungen. Wohnkomfort ist das Ziel – Missel und Schwab weisen den Weg.

## Inhaltsverzeichnis

1. Ist die Energieeinsparverordnung (EnEV) geschuldeter Vertragsinhalt bei der Dämmung von Rohrleitungen?	3
2. Dämmung von Heizungsleitungen	7
3. Dämmung von Trinkwasserleitungen (warm) und -zirkulationsleitungen	8
4. Dämmung von Trinkwasserleitungen (kalt)	9
5. Dämmung von Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen sowie Armaturen von Raumluftechnik- und Klimakältesystemen	11
6. Dämmung von Abwasser- bzw. Regenwasserleitungen	12
7. Dämmung von Luftleitungen	13
8. Brandschutzdämmungen	14
9. Problemlösungen mit bewährten Missel-Dämmungen	15
Literaturverzeichnis	18

# 1. Ist die Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) geschuldeter Vertragsinhalt bei der Dämmung von Rohrleitungen?

Ziel der Neufassung der Energieeinsparverordnung vom 1. Oktober 2009 (EnEV 2009) [1] ist, den Energiebedarf von Neubauten um ca. 30% gegenüber den Vorgaben der EnEV 2007 zu senken [2]. In diesem Zusammenhang ist die Dämmung von wärmeleitenden Rohrleitungen, Armaturen und Anlagen im Wohnungs-, Gewerbe- und Industriebau von besonderer Bedeutung. Die EnEV 2009 trägt diesem Anliegen im § 14, Anlage 5 und in der amtlichen Begründung hinsichtlich der Begrenzung der Wärmeabgabe gebührend Rechnung (siehe Tabelle 1). Danach sind Heizungsleitungen und Trinkwasserleitungen (warm) zu dämmen. Diese öffentlich-rechtlichen Vorgaben zu Dämmdicken von Rohrleitungen entsprechen im Wesentlichen auch in zivilrechtlicher Hinsicht den geforderten anerkannten Regeln der Technik, die durch die VDI-Richtlinie 2055 [3] repräsentiert werden, siehe dazu [4]. Im Gegensatz zu den allgemein akzeptierten Dämmpflichten gab es vor in Kraft treten der EnEV 2002 im Zusammenhang mit der Heizungsanlagenverordnung HeizAnV § 6 Abs. (2) [5] kontroverse Diskussionen um eine vermeintliche Freistellung von der Dämmpflicht für Rohrleitungen im Fußbodenaufbau von Geschoss- bzw. Wohnungstrenndecken. Diese kontroversen Diskussionen sind durch die Festlegung der EnEV 2002, 2007 und 2009 und deren amtliche Begründung beendet worden. Im Fußbodenaufbau verlegte Heizungsleitungen sind grundsätzlich mit einer mindestens 6 mm dicken konzentrischen Dämmung oder einer gleichwertigen asymmetrischen Kompakt-Dämmhülse zu versehen. Die asymmetrische Kompakt-Dämmhülse muss dabei eine 10 mm dicke Dämmschicht zur Kaltseite hin haben. Die Dämmdicken beziehen sich auf einen Wärmeleitkoeffizienten von  $\lambda = 0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ .

Bei alleiniger Fixierung auf die EnEV wird allerdings das werkvertragliche Leistungsziel nach VOB/B § 13 und BGB § 633 oft übersehen. Beim üblichen VOB-Vertrag ist die geschuldete Leistung nur dann mangelfrei, wenn sie „zur Zeit der Abnahme

- die vereinbarte Beschaffenheit hat und
- den anerkannten Regeln der Technik (aRdT) entspricht.

Ist die Beschaffenheit nicht vereinbart, so ist die Leistung frei von Sachmängeln,

- wenn sie sich für die nach dem Vertrag vorausgesetzte,
- sonst für die gewöhnliche Verwendung eignet und eine Beschaffenheit aufweist, die bei Werken der gleichen Art üblich ist und die der Auftraggeber nach der Art der Leistung erwarten kann“ [6].

Für den BGB-Werkvertrag gelten die gleichen Bedingungen. Einzelheiten dazu sind im Missel Merkblatt Werkvertragsrecht [7] zu finden.

Zu beachten ist deshalb, dass Dämmungen im Sinne der geschuldeten mangelfreien Leistung nicht nur der Begrenzung der Wärmeabgabe dienen, sondern vielmehr weitere wichtige, in der Tabelle 2 zusammengefasste Vertragsziele zu erfüllen haben. Diese weiteren Vertragsziele wurden von der Rechtsprechung wiederholt bestätigt, siehe beispielsweise [8].

Da mit Einführung der EnEV 2009 zwar auch Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen sowie Armaturen von Raumlufttechnik- und Klimakältesystemen erstmals grundsätzlich gedämmt werden müssen (siehe EnEV 2009, § 15 Abs. 4), aber die vorgeschriebene Dämmdicke von 6 mm i. d. R. den technischen Anforderungen nicht genügen wird, müssen die werkvertraglichen Leistungsziele nach VOB/B § 13 bzw. BGB § 633 deshalb auch in diesem Bereich besonders sorgfältig beachtet werden.

**Als Folge der zusammengefassten Vertragsziele gilt deshalb, dass nach der EnEV 2009 ausgeführte Dämmungen im Rahmen des zivilen Werkvertragsrechts lediglich die öffentlich-rechtlichen Mindestanforderungen an die Verminderung der Wärmeabgabe erfüllen.**

Dagegen werden in diesem Merkblatt für die verschiedenen Rohrleitungsarten (Heizung, Trinkwasser, Abwasser, Lüftung) alle wesentlichen, auch über die Verminderung

der Wärmeabgabe hinausgehenden werkvertraglichen Erfolgsziele definiert und daraus die zwingend erforderlichen Dämmdicken abgeleitet. Diese Dämmdicken sind in einfach handhabbaren, praxisgerechten Tabellen dargestellt.

Die Zuordnung der Dämmdicken (100%- bzw. 50%-Dämmung) zu den Rohrmaterialien und Rohrdurchmessern ist Tabelle 3 zu entnehmen. Die Dämmungen können für Heizung und Trinkwasser dem Rohrleitungsverlauf entsprechend zugeordnet werden (siehe Bild 1 und Bild 2).

■ **Tabelle 1** Wärmedämmung von Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen, Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen sowie Armaturen (EnEV, Anlage 5 zu § 10 Abs. 2, § 14 Abs. 5, § 15 Abs. 4)

Zeile	Art der Leitungen/Armaturen	Mindestdicke der Dämmschicht, bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(m·K)
1	Innendurchmesser bis 22 mm	20 mm
2	Innendurchmesser über 22 mm bis 35 mm	30 mm
3	Innendurchmesser über 35 mm bis 100 mm	gleich $d_i$
4	Innendurchmesser über 100 mm	100 mm
5	Leitungen und Armaturen nach Zeile 1 bis 4 in Wand- und Deckendurchbrüchen, im Kreuzungsbereich von Leitungen, an Leitungsverbindungsstellen, bei zentralen Leitungsnetzverteilern	1/2 der Anforderungen der Zeilen 1 bis 4
6	Leitungen von Zentralheizungen nach Zeile 1 bis 4, die nach dem 31. Januar 2002 in Bauteilen zwischen beheizten Räumen verschiedener Nutzer verlegt werden	1/2 der Anforderungen der Zeilen 1 bis 4
7	Leitungen nach Zeile 6 im Fußbodenaufbau	6 mm
8	Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen sowie Armaturen von Raumlufttechnik- und Klimakältesystemen	6 mm

■ **Tabelle 2** Werkvertragliche Erfolgsziele für Dämmungen von Rohrleitungen

	sicherstellen	verhindern	vermindern
Freie Beweglichkeit	X		
Temperaturbedingte Längenänderung	X		
Knack- und Ausdehnungsgeräusche		X	
Mechanische Beschädigung		X	
Feuer- und Rauchübertragung		X	
Außenkorrosion		X	
Tauwasser		X	
Wärmeabgabe			X
Wärmeaufnahme			X
Legionellenwachstum			X
Körperschall			X
Trittschall			X

■ **Tabelle 3** Handelsübliche, konzentrische Dämmdicken von Rohrleitungen  $d_i \leq 35$  mm in Abhängigkeit von Rohrmaterial und -durchmesser [ $\lambda_{40^\circ\text{C}} = 0,040$  W/(m·K)]

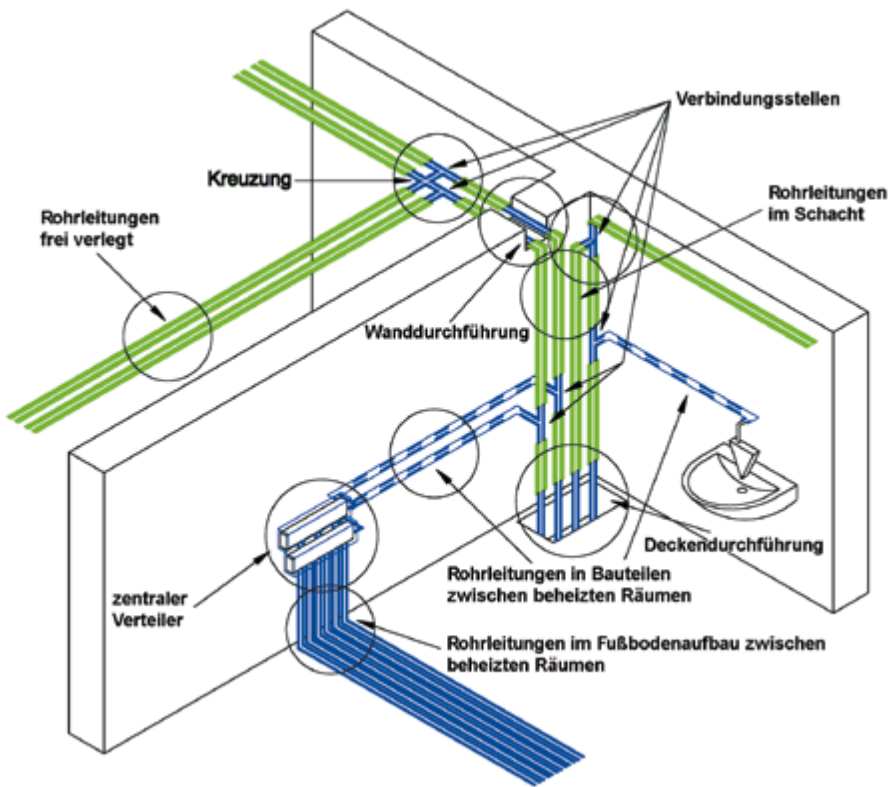
Kupfer- und Edelstahlrohr			Stahlrohr DIN EN 10255				Mehrschicht-Verbundrohr		Kunststoffrohr			Dämmdicke	
DN	$d_a$ [mm]	$d_i$ [mm]	DN	$d_a$ [mm]	$d_i$ [mm]	[Zoll]	$d_a$ [mm]	$d_i$ [mm]	DN	$d_a$ [mm]	$d_i$ [mm]	100% [mm]	50% [mm]
8	10	8	8	13,5	8,8	1/4	14	10	8	12	8	26	13
							14	10	10	14	10	26	13
10	12	10	10	17,2	12,5	3/8	16/18	12/14	10	16	12	26	13
	15	13										26	13
15	18	16	15	21,3	16,0	1/2	20	15	15	20	15	26	13
20	22	20	20	26,9	21,6	3/4	25	20	20	25	20	26	13
25	28	25	25	33,7	27,2	1	32	26	25	32	26	38	19
32	35	32	32 <sup>1)</sup>	42,4	35,9	1 1/4	40	32	32	40	32	38	19

<sup>1)</sup> In der DIN V 4108-4 [14] werden für Stahlrohre DN 32 größere Dämmdicken angegeben

**Mögliche Ausnahmen von der Dämmdicke:**

Bei wärmeabgebenden Heizungsleitungen im Fußbodenaufbau (und zwar nur) zwischen beheizten Räumen verschiedener Nutzer darf die Dicke einer konzentrischen Wärmedämmung bei  $\lambda_{40^\circ\text{C}} = 0,040$  W/(m·K) lediglich 9 mm betragen (bei  $\lambda_{40^\circ\text{C}} = 0,035$  W/(m·K) nur 6 mm), wenn alle anderen wesentlichen Erfolgsziele damit auch erreicht werden (siehe Tabelle 4 bis Tabelle 6).

**Man beachte:** Asymmetrische Missel Kompakt-Dämmhülsen KDH 035 mit einer Dämmdicke von 10 mm ( $\lambda_{40^\circ\text{C}} \leq 0,035$  W/(m·K)) zur Kaltseite sind einer 6 mm dicken konzentrischen Dämmung gleichwertig, siehe Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen (ABZ) des Deutschen Instituts für Bautechnik DIBt.



■ Bild 1

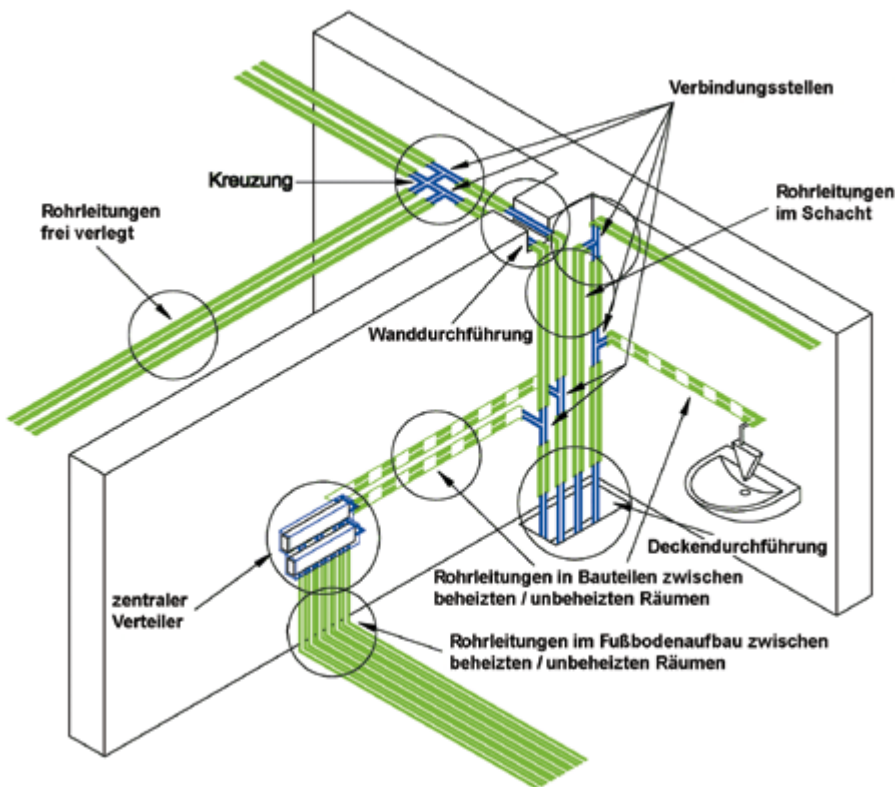
Rohrleitungen auf bzw. in Bauteilen zwischen beheizten Räumen (siehe Tabelle 4 bis Tabelle 6)

**Beachten:** Unterschiede zwischen Heizung, TWW, TWK

**Bitte beachten:**

In Bild 1 und Bild 2 sowie in den nachfolgenden Tabellen 4 bis 6 entsprechen die Farbkennzeichnungen der Rohrleitungen folgenden Dämmstärken:

- Grün  100 %
- blau  50 %
- farblos  0 %



■ Bild 2

Rohrleitungen auf bzw. in Bauteilen zwischen beheizten und unbeheizten Räumen (siehe Tabelle 4 bis Tabelle 6)

**Beachten:** Unterschiede zwischen Heizung, TWW, TWK

# 2. Dämmung von Heizungsleitungen

Wesentliche werkvertragliche Erfolgsziele sind:

- Verminderung der Wärmeabgabe
- Schallschutz

Die erforderlichen Dämmdicken sind nach

- EnEV [1] (Mindestanforderungen) bzw.
- VDI 2055 [3]

zu bestimmen.

■ **Tabelle 4** Dämmung von Rohrleitungen und Armaturen nach den aRdT - Heizungsleitungen

Einbausituation nach Bildern 1 und 2	Rohrleitungen/Armaturen	Dämmdicke
	<b>frei verlegt</b>	
1	in unbeheizten/beheizten Räumen	100%
2	in beheizten Räumen eines Nutzers <sup>1)</sup>	0
	<b>in Bauteilen (u. a. Massiv-, Trockenbau-, Vorwand)</b>	
3	zwischen unbeheizten Räumen	100%
4	zwischen beheizten und unbeheizten Räumen	100%
5	zwischen beheizten Räumen	50%
	<b>im Schacht/Kanal</b>	
6	in unbeheizten/beheizten Räumen	100%
	<b>an Verbindungsstellen</b>	
7	im Verbindungsbereich	50%
	<b>an Kreuzungen</b>	
8	im Kreuzungsbereich	50%

Voraussetzung für eine mangelfreie Leistung ist bei der Auswahl und Montage der Dämmungen darüber hinaus die Beachtung nachfolgender Regelwerke:

- VOB/C DIN 18421 [9]
- DIN 4140 [10]
- DIN 4109 [11]
- DIN 4109/A1 [12]
- DIN 4109 Beiblatt 2 [13]
- VDI 4100 [15]
- DIN 18560-2 [16]
- VDI 2715 [17]
- VDI 3733 [18]

Die die Dämmdicken betreffenden Aussagen aus diesen Regelwerken sind in die nachfolgende Tabelle 4 eingearbeitet.

Einbausituation nach Bildern 1 und 2	Rohrleitungen/Armaturen	Dämmdicke
	<b>in Wand- und Deckendurchführungen</b>	
9	im Wandbereich	50%
10	im Deckenbereich	50%
	<b>an zentralen Verteilern</b>	
11	Verteiler und dessen Anschlüsse im unmittelbaren Bereich	50%
	<b>im Fußbodenaufbau von unbeheizten Räumen<sup>2)</sup></b>	
12	über unbeheizten Räumen, Außenluft, Erdreich etc.	100%
13	über beheizten Räumen	100%
	<b>im Fußbodenaufbau von beheizten Räumen<sup>2)</sup></b>	
14	über unbeheizten Räumen, Außenluft, Erdreich etc.	100%
15	über beheizten Räumen	50% <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> mit frei liegender Absperrinrichtung (z. B. Heizkörperanschlussleitungen)

<sup>2)</sup> Näheres siehe Missel-Merkblatt „Dämmung von Rohrleitungen im Fußbodenaufbau“ [4]

<sup>3)</sup> Wirtschaftlicher Fußbodenaufbau mit der Missel Kompakt-Dämmhülse; bei Verwendung konzentrischer Dämmungen 9 mm Dämmdicke mit  $\lambda_{40^\circ\text{C}} = 0,040 \text{ W/(mK)}$ , jedoch nachteilige Hohlraumbildung und erhöhter Fußbodenaufbau, siehe [4] Tab. 8.1.3 und 8.2.3

**Bitte beachten:** Es wird empfohlen, Dämmungen von Rohrleitungen in bzw. hinter Hohlraum- und Doppelböden, Decken, Verkleidungen u.ä. Konstruktionen wie Dämmungen im Schacht bzw. Kanal zu behandeln.

# 3. Dämmung von Trinkwasserleitungen (warm) und -zirkulationsleitungen

Wesentliche werkvertragliche Erfolgsziele sind:

- Verminderung der Wärmeabgabe
- Schallschutz
- Verminderung des Legionellenwachstums

Die erforderlichen Dämmdicken sind nach

- EnEV [1] (Mindestanforderungen) bzw.
- VDI 2055 [3]

zu bestimmen.

Voraussetzung für eine mangelfreie Leistung ist bei der Auswahl und Montage der Dämmungen darüber hinaus die Beachtung nachfolgender Verordnungen und Regelwerke:

- IfSG [19]
- DIN 1988-2 [23]
- TrinkwV [20]
- DIN 4140 [10]
- VOB/C DIN 18421 [9]
- DIN 4109 [11]
- DVGW W 551
- DIN 4109/A1 [12]
- und W 553 [21]
- DIN 4109 Beiblatt 2 [13]
- VDI 6023 [22]
- VDI 4100 [15]
- DIN 18560-2 [16]
- VDI 3733 [18]

Die die Dämmdicken betreffenden Aussagen aus diesen Regelwerken sind in die nachfolgende Tabelle 5 eingearbeitet.

■ **Tabelle 5** Dämmung von Rohrleitungen und Armaturen nach den aRdT – Trinkwasserleitungen (warm) und -zirkulationsleitungen

Einbausituation nach Bildern 1 und 2	Rohrleitungen/Armaturen	Dämmdicke	Einbausituation nach Bildern 1 und 2	Rohrleitungen/Armaturen	Dämmdicke
<b>frei verlegt*</b>			<b>in Wand- und Decken-durchführungen</b>		
1 	in unbeheizten/beheizten Räumen	100%	8 	im Wandbereich	50%
<b>in Bauteilen (u. a. Massiv-, Trockenbau-, Vorwand)</b>			9 	im Deckenbereich	50%
2 	zwischen unbeheizten Räumen	100%	<b>an zentralen Verteilern</b>		
3 	zwischen beheizten und unbeheizten Räumen	100%	10 	Verteiler und dessen Anschlüsse im unmittelbaren Bereich	50%
4 	zwischen beheizten Räumen <sup>4)5)</sup>	100%	<b>im Fußbodenaufbau von unbeheizten Räumen<sup>5)</sup></b>		
<b>im Schacht/Kanal</b>			11 	über unbeheizten Räumen, Außenluft, Erdreich etc.	100%
5 	in unbeheizten/beheizten Räumen	100%	12 	über beheizten Räumen	100%
<b>an Verbindungsstellen</b>			<b>im Fußbodenaufbau von beheizten Räumen<sup>5)</sup></b>		
6 	im Verbindungsbereich	50%	13 	über unbeheizten Räumen, Außenluft, Erdreich etc.	100%
<b>an Kreuzungen</b>			14 	über beheizten Räumen <sup>4)</sup>	100%
7 	im Kreuzungsbereich	50%			

<sup>4)</sup> Warmwasserleitungen ohne Zirkulation und ohne elektrische Begleitheizung bis zu 4 m Länge (Stichleitungen) keine Anforderung. Empfehlung: Dämmung mindestens 50% zur Vermeidung von Körperschallübertragungen und andere Anforderungen, siehe Tabelle 2

<sup>5)</sup> Näheres siehe Merkblatt „Dämmung von Rohrleitungen im Fußbodenaufbau“ [4]

\* Warmwasserleitungen, die direkt an Außenluft angrenzend verlegt sind: Dämmdicke 200 %



# 4. Dämmung von Trinkwasserleitungen (kalt)

Wesentliche werkvertragliche Erfolgsziele sind:

- Verminderung der Wärmeaufnahme
- Schallschutz
- Verminderung des Legionellenwachstums
- Feuchteschutz (Verhinderung von Tauwasser)

Wenn die Verminderung des Legionellenwachstums in Verbindung mit

- Infektionsschutzgesetz (IfSG) [19]
- Trinkwasserverordnung (TrinkwV) [20]
- DVGW W 551 und W 553 [21]
- VDI 6023 [22]

berücksichtigt werden muss, sind die erforderlichen Dämmdicken nach VDI 2055 [3] zu bestimmen. Dadurch wird die Erwärmung des Trinkwassers während unvermeidbarer Stagnationsphasen gering gehalten. Die sich dabei ergebenden Dämmdicken betragen 50% bzw. 100% und sind somit größer als die nach DIN 1988-2 [23], siehe Tabelle 6. Besteht kein Legionellenrisiko, können weiterhin die Mindestdämmdicken nach DIN 1988-2 verwendet werden, siehe Tabelle 7.

Die Kaltwassertemperatur darf 25°C nicht überschreiten [20]; [21]; [22]; [23]. Wenn längere Stagnationszeiten und Umgebungstemperaturen > 25°C vorliegen, ist die durch Stagnation zu erwartende Wärmeaufnahme zu ermitteln. Dabei ist insbesondere die Temperatur in warmgehenden Installationsschächten mit  $\geq 30^\circ\text{C}$  anzusetzen. Führt dies zu Kaltwassertemperaturen > 25°C, sind besondere Maßnahmen, wie z. B. Anordnung der Kaltwasserleitung außerhalb des warmgehenden Installationsschachtes bzw. höheren Temperaturbereiches vorzusehen.

Voraussetzung für eine mangelfreie Leistung ist bei der Auswahl und Montage der Dämmungen darüber hinaus die Beachtung nachfolgender Regelwerke:

- VOB/C DIN 18421 [9]
- DIN 4109/A1 [12]
- DIN 4140 [10]
- DIN 4109 Beibl. 2 [13]
- DIN 18560-2 [16]
- DIN 1988-2 [23]
- DIN 4109 [11]
- VDI 4100 [15]

Die die Dämmdicken betreffenden Aussagen aus diesen Regelwerken sind in die nachfolgende Tabelle 6 eingearbeitet.

**■ Tabelle 6** Dämmung von Rohrleitungen und Armaturen nach den aRdT – Trinkwasserleitungen (kalt)

Einbausituation nach Bildern 1 und 2	Rohrleitungen/Armaturen	Dämmdicke	Einbausituation nach Bildern 1 und 2	Rohrleitungen/Armaturen	Dämmdicke
<b>frei verlegt</b>			<b>an Verbindungsstellen</b>		
1	 in unbeheizten/beheizten Räumen (Raumtemperatur $\leq 25^{\circ}\text{C}$ , frostfrei, ohne Tauwasserrisiko)	0	8	 im Verbindungsbereich	50%
2	 in unbeheizten/beheizten Räumen (Raumtemperatur $\leq 25^{\circ}\text{C}$ , frostfrei, mit Tauwasserschutz)	50%	9	 <b>an Kreuzungen</b> im Kreuzungsbereich	50%
3	 in beheizten Räumen (Raumtemperatur $> 25^{\circ}\text{C}$ )	100%	10	 <b>in Wand- und Decken-</b> <b>durchführungen</b> im Wandbereich	50%
<b>in Bauteilen (u. a. Massiv-, Trockenbau-, Vorwand) neben warmgehenden Leitungen</b>			11	 im Deckenbereich	50%
4	 zwischen unbeheizten/beheizten Räumen	100%	12	 <b>an zentralen Verteilern</b> Verteiler und dessen Anschlüsse im unmittelbaren Bereich	50%
<b>in Bauteilen (u. a. Massiv-Trockenbau-, Vorwand) ohne warmgehende Leitungen</b>			<b>im Fußbodenaufbau von unbeheizten Räumen<sup>6)</sup></b>		
5	 zwischen unbeheizten/beheizten Räumen	50%	13	 über unbeheizten Räumen, Außenluft, Erdreich etc.	50% <sup>7)</sup>
<b>im Schacht/Kanal neben warmgehenden Leitungen</b>			14	 über beheizten Räumen	50% <sup>7)</sup>
6	 in unbeheizten/beheizten Räumen	100%	<b>im Fußbodenaufbau von beheizten Räumen<sup>6)</sup></b>		
7	 in unbeheizten/beheizten Räumen	50%	15	 über unbeheizten Räumen, Außenluft, Erdreich etc.	50% <sup>7)</sup>
			16	 über beheizten Räumen	50% <sup>7)</sup>

<sup>6)</sup> Näheres siehe Missel-Merkblatt „Dämmung von Rohrleitungen im Fußbodenaufbau“ [4]

<sup>7)</sup> Wirtschaftlicher Fußbodenaufbau mit der Missel Kompakt-Dämmhülse; bei Verwendung konzentrischer Dämmungen 9 mm Dämmdicke mit  $\lambda_{40^{\circ}\text{C}} = 0,040 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ , jedoch nachteilige Hohlraumbildung und erhöhter Fußbodenaufbau, siehe [4] Tab. 8.1.3 und 8.2.3

**■ Tabelle 7** Richtwerte für Mindestdämmdicken zur Dämmung von Trinkwasserleitungen (kalt) ohne Legionellenrisiko nach DIN 1988-2 [23]

Einbausituation der Rohrleitung	Dämmdicke bei $\lambda_{40^{\circ}\text{C}} = 0,040 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ [mm]
frei verlegt, in nicht beheiztem Raum (z. B. Keller)	4
frei verlegt, in beheiztem Raum	9
im Kanal, ohne warmgehende Rohrleitungen	4
im Kanal, neben warmgehenden Rohrleitungen	13
im Mauerschlitze, Steigleitungen	4
in Wandaussparung, neben warmgehenden Rohrleitungen	13
auf Betondecke	4

# 5. Dämmung von Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen sowie Armaturen von Raumluftechnik- und Klimakältesystemen

Wesentliche werkvertragliche Erfolgsziele sind:

- Verminderung der Wärmeaufnahme
- Schallschutz
- Feuchteschutz (Verhinderung von Tauwasser)

Die erforderlichen Dämmdicken sind nach

- EnEV [1] (Mindestanforderungen)
- VDI 2055 [3]

zu bestimmen, siehe Tabelle 8.

Voraussetzung für eine mangelfreie Leistung ist bei der Auswahl und Montage der Dämmungen darüber hinaus die Beachtung nachfolgender Regelwerke:

- VOB/C DIN 18421 [9]
- DIN 4109/A1 [12]
- DIN 4140 [10]
- DIN 4109 Beibl. 2 [13]
- DIN 18560-2 [16]
- VDI 4100 [15]
- DIN 4109 [11]

■ **Tabelle 8** Dämmdicken für Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen sowie Armaturen von Raumluftechnik- und Klimakältesystemen, Mindestanforderung nach EnEV 2009, § 15 Abs. 4, Anlage 5, Tabelle 1

Für Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen sämtlicher Dimensionen gelten die folgenden Dämmdicken		
Mindestdicke der Dämmschicht bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit		
0,035 W / (m·K)		0,040 W / (m·K)
≥ 6 mm		≥ 9 mm

**Empfehlung:** In Abhängigkeit aller Einflussgrößen (Feuchtigkeit und Temperatur der Umgebung, Mediumtemperatur etc.) muss grundsätzlich geprüft werden, ob die Minstdämmdicke ausreicht, um Tauwasser zu verhindern. Aus Gründen der Energieeffizienz liegt eine optimale Dämmdicke der Kühlwasser- und Kältemittelleitungen sowie deren Armaturen bei ≥ 20 mm. Einzelheiten sind der VDI 2055 [3] zu entnehmen.

# 6. Dämmung von Abwasser- bzw. Regenwasserleitungen

Wesentliche werkvertragliche Erfolgsziele sind:

- Schallschutz
- Feuchteschutz (Verhinderung von Tauwasser)

Den Dämmdicken zur Körperschallentkoppelung bzw. zur Körper- und Luftschalldämmung (siehe Tabelle 9) liegen Erfahrungs- und Messwerte in Verbindung mit

- DIN 4109 [11]
- DIN 4109/A1 [12]
- DIN 4109 Beiblatt 2 [13]
- VDI 4100 [15]

zugrunde.

■ **Tabelle 9** Körperschall- und Luftschalldämmung von Abwasserleitungen nach den aRdT

Art der Leitungen	Dämmdicke [mm]
<b>Abwasserleitungen (Körperschalldämmung)</b>	
1 Material: Gusseisen	4
2 Material: Kunststoff	9
3 Material: dickwandiger Kunststoff	9
<b>Abwasserleitungen (Körper- und Luftschalldämmung)</b>	
4 Material: Gusseisen	9, mit Metalleinlage
5 Material: Kunststoff	9, mit Metalleinlage
6 Material: dickwandiger Kunststoff	9, mit Metalleinlage

■ **Tabelle 10** Wärmedämmung von Regenwasserleitungen zur Vermeidung von Tauwasserbildung nach den aRdT (Beispiele für Rohrleitungsdurchmesser DN 100 bei einer Temperatur des Regenwassers von 0°C)

	Raumlufttemperatur [°C]	relative Luftfeuchte [%]	Dämmdicke bei $\lambda_{40^\circ\text{C}} = 0,040 \text{ W}/(\text{m K})$ [mm]
1	10	80	9
2	10	85	13
3	10	90	19
4	20	70	9
5	20	75	13
6	20	80	19

**Anmerkung:** Vorausgesetzt wird ein geschlossenzelliger Dämmstoff mit einer hohen Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl von  $\mu > 3000$  und einer baustellengerechten, reißfesten Oberfläche.

Die Dämmdicken zur Verhinderung von Tauwasser werden nach

- VDI 2055 [3] und
- VDI 2087 [24]

bestimmt, Beispiele siehe Tabelle 10. Diese Dämmungen dienen gleichzeitig der Verminderung der Körperschallübertragung.

Voraussetzung für eine mangelfreie Leistung ist bei der Auswahl und Montage der Dämmungen darüber hinaus die Beachtung nachfolgender Regelwerke:

- DIN 1986 [25]
- DIN EN 12056 [26]
- DIN 1986-100 [27]
- VDI 3733 [17]
- DIN 18560-2 [16]

# 7. Dämmung von Luftleitungen

Wesentliche werkvertragliche Erfolgsziele sind:

- Verminderung der Wärmeabgabe
- Verminderung der Wärmeaufnahme
- Schallschutz
- Feuchteschutz (Verhinderung von Tauwasser)

Die erforderlichen Dämmdicken sind nach

- VDI 2055 [3]
- VDI 2087 [24]

zu bestimmen.

Voraussetzung für eine mangelfreie Leistung ist bei der Auswahl und Montage der Dämmungen darüber hinaus die Beachtung nachfolgender Regelwerke:

- VOB/C DIN 18421 [9]
- DIN 4109/A1 [12]
- DIN 4140 [10]
- DIN 4109 Beiblatt 2 [13]
- DIN 1946-6 [29]
- VDI 4100 [15]
- VDI 3803 [30]
- VDI 3733 [23]
- DIN 4109 [11]
- VDI 2081 [31]

In Abhängigkeit von Lüftungstechnischen Parametern wie Lufttemperatur in den Kanälen und Rohrleitungen, Raumlufttemperatur und -feuchte, Luftmassenstrom, Kanal- bzw. Rohrleitungsabmessung, Lage und Einbauort des Kanals/der Rohrleitung usw. können optimale Dämmdicken berechnet werden. Wenn keine besonderen energetischen Anforderungen bestehen, werden für praktische Standardsituationen die Dämmdicken nach Tabelle 11a empfohlen. Vorausgesetzt wird in der Regel ein geschlossenzelliger Dämmstoff mit einer hohen Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl von  $\mu > 3000$  und einer baustellengerechten, reißfesten Oberfläche. Zu beachten ist, dass im Einzelfall auch Körperschallübertragung und Luftschallabstrahlung durch geeignete (Außen- oder Innen-) Dämmungen reduziert werden müssen. Die Dicke der Körperschalldämmung muss beispielsweise im Wohnungsbau mindestens 4 mm betragen, siehe Tabelle 11b.

■ **Tabelle 11a** Wärmedämmung von Luftkanälen und -leitungen zur Verminderung der Wärmeabgabe und zur Vermeidung von Tauwasser

Kanäle/Rohrleitungen	Dämmdicke bei $\lambda_{40^\circ\text{C}} = 0,040 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ [mm]
innenliegend (ohne Klimaanlage)	13
innenliegend (mit Klimaanlage)	19
Außenluft	26
Fortluft in der Nähe von Außenwand- oder Dach-Abluftdurchlässen	26

■ **Tabelle 11b** Körperschalldämmung von Luftkanälen und Luftleitungen

Luftkanäle/-leitungen	Dämmdicke [mm]
Stahlblech	4
Kunststoff	4
Aluminium	4

## 8. Brandschutzdämmungen

Wesentliche werkvertragliche Erfolgsziele sind:

- Brandschutz
- Schallschutz
- Wärmeschutz
- freie Beweglichkeit

Voraussetzung für eine mangelfreie Leistung ist bei der Auswahl und Montage der Brandschutzdämmung die Beachtung nachfolgender Verordnungen und Regelwerke:

- DIN 4102 [32]
- MLAR [33]
- MLüAR [34]
- DIN 4109 [11]
- DIN 4109/A1 [12]
- DIN 4109 Beiblatt 2 [13]
- VDI 4100 [15]
- VDI 3733 [18]

Grundlegende Informationen, Einzelheiten und Lösungsbeispiele zu Brandschutzdämmungen siehe Missel Merkblatt „Brandschutztechnisch sichere und wirtschaftliche Installationen im Wohnungs-, Gewerbe- und Industriebau“ [28]. Produkthinweise sind in den Bildern 10 und 11 auf Seite 17 zu finden.



## 9. Problemlösungen mit bewährten Missel-Dämmungen

Entsprechend den wesentlichen werkvertraglichen Erfolgszielen werden die bewährten Missel-Dämmungen mit Erfolg eingesetzt:

- **Misselon-Robust** (Bild 3a) für Trinkwasser-, Heizungs- und Abwasserleitungen zur Verminderung der Wärmeabgabe, Wärmeaufnahme, des Legionellenwachstums, der Geräuschübertragung und zur Vermeidung von Tauwasser
- **Misselon-Robust 035** (Bild 3b) für Trinkwasser- und Heizungsleitungen zur Verminderung der Wärmeabgabe, Wärmeaufnahme, des Legionellenwachstums, der Geräuschübertragung und zur Vermeidung von Tauwasser
- **Misselfix-Garant** (Bild 3c) zur Verminderung der Geräuschübertragung, des Beschädigungs- und Korrosionsrisikos und zur freien Beweglichkeit von Rohrleitungen
- **Missel Kompakt-Dämmhülse KDH 035** (Bild 3d) zur Verminderung der Wärmeabgabe, Wärmeaufnahme, des Legionellenwachstums und der Geräuschübertragung von Rohrleitungen

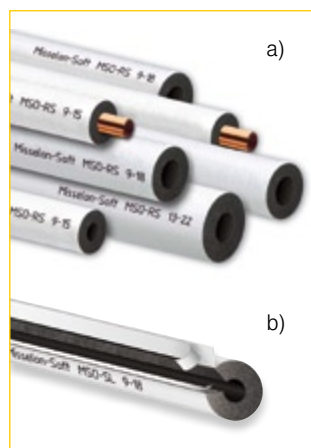


- **Bild 3** (a) **Misselon-Robust**: Reißfeste Wärmedämmung 6 mm bis 38 mm mit Anti-Körperschall-Ausrüstung ( $\lambda_{40^\circ\text{C}} \leq 0,040 \text{ W / (m} \cdot \text{K)}$ ); (b) **Misselon-Robust 035**: Reißfeste Wärmedämmung 11 mm bis 32 mm mit Anti-Körperschall-Ausrüstung ( $\lambda_{40^\circ\text{C}} \leq 0,036 \text{ W / (m} \cdot \text{K)}$ ); (c) **Misselfix-Garant**: Reißfester 4 mm-Dämmschlauch mit Faser-Polsterlage und Anti-Körperschall-Ausrüstung; (d) **Missel Kompakt-Dämmhülse KDH 035**: Reißfeste Wärmedämmung 10 mm bis 30 mm mit Anti-Körperschall-Ausrüstung ( $\lambda_{40^\circ\text{C}} \leq 0,035 \text{ W / (m} \cdot \text{K)}$ )

- **Misselon-Robust Bahnenware** (Bild 4) und Misselon Platten für Luftkanäle und -leitungen zur Verminderung der Wärmeabgabe und Wärmeaufnahme sowie zur Vermeidung von Tauwasser
- **Misselon-Soft RS** (Bild 5a) für Trinkwasser- und Heizungsleitungen zur Verminderung der Wärmeabgabe, Wärmeaufnahme, des Legionellenwachstums, der Geräuschübertragung und zur Vermeidung von Tauwasser
- **Misselon-Soft SL** (Bild 5b) für Trinkwasser- und Heizungsleitungen zur Verminderung der Wärmeabgabe, Wärmeaufnahme, des Legionellenwachstums, der Geräuschübertragung und zur Vermeidung von Tauwasser

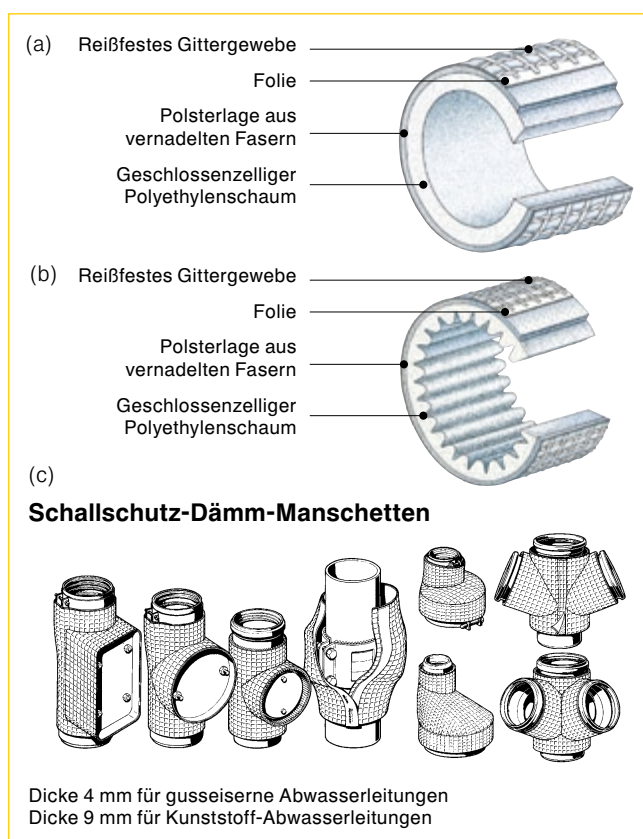


- **Bild 4** **Misselon-Robust Bahnenware** zur Wärmedämmung von Kanälen, Rohrleitungen, Apparaten und Armaturen mit Anti-Körperschall-Ausrüstung



- **Bild 5** (a) **Misselon-Soft RS**: Wärmedämmung mit strapazierfähiger Oberfläche 9 mm bis 20 mm; (b) **Misselon-Soft SL**: Wärmedämmung mit strapazierfähiger Oberfläche und Selbstklebeverschluss 9 mm bis 20 mm;

- **Misselsystem-Abwasser** für gusseiserne und Kunststoff-Abwasserleitungen **MSA 4, MSA 9** (Bild 6) zur Reduzierung der Körperschallübertragung
- **Misselsystem-Abwasser** für gusseiserne und Kunststoff-Abwasserleitungen **MSA-KL, MSA 9-KL** (Bild 7) zur Reduzierung der Luftschallabstrahlung und Körperschallübertragung



- **Bild 6** (a und b) **Misselsystem-Abwasser**: Reißfeste und gepolsterte Körperschalldämmung für gusseiserne Abwasserleitungen **MSA 4** und Kunststoff-Abwasserleitungen **MSA 9**-Dämmschläuche und (c) Schallschutz-Dämm-Manschetten



- **Missel Schallschutz-Dämm-Manschetten MSV** (Bild 8) für Trinkwasser- und Heizungsleitungen zur Verminderung der Wärmeabgabe und Wärmeaufnahme, der Geräuschübertragung und zur Vermeidung von Tauwasser
- **Misselfix-Garant Wickelstreifen** (Bild 9) zur Verminderung der Geräuschübertragung, des Beschädigungs- und Korrosionsrisikos und zur Dämmung von Rohrverbindungen



- **Bild 7** **Misselsystem-Abwasser MSA-KL und MSA 9-KL** zur Körper- und Luftschalldämmung für gusseiserne und Kunststoff-Abwasserleitungen



- **Bild 8** **Missel Schallschutz-Dämm-Manschetten MSV** – 9 mm dicke, reißfeste und gepolsterte Wärme- und Körperschalldämmung für Winkel, Abzweige, Rohrschellen von Trinkwasser- und Heizungsleitungen

- **Bild 9** **Misselfix-Garant Wickelstreifen** zur Verminderung der Geräuschübertragung, des Beschädigungs- und Korrosionsrisikos und zur Dämmung von Rohrverbindungen

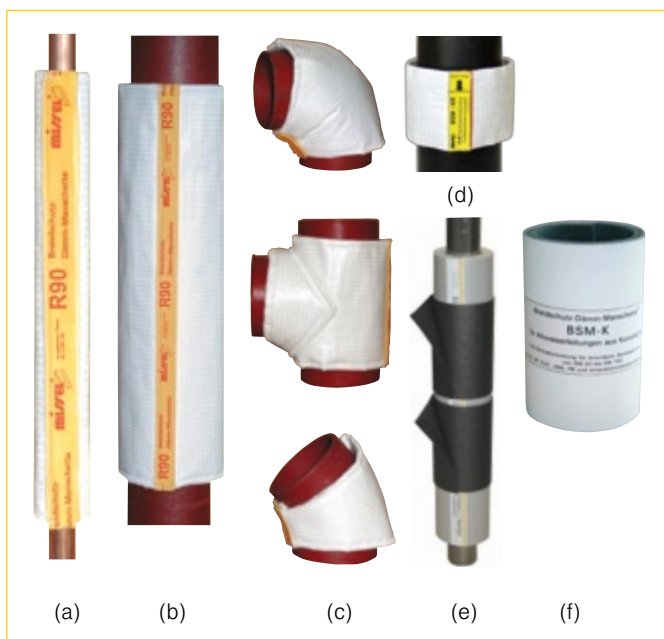


■ **Kombinierte Brandschutz- und Körperschall-Dämm-Manschetten** (Bild 10) zur Verhinderung der Feuer- und Rauchübertragung (Anwendung nach den Erleichterungen der MLAR 03/2000, Abschnitt 4.2 bzw. MLAR 11/2005, Abschnitte 4.2 und 4.3)

■ **Missel Brandschutz-Dämm-Manschetten R90** (Bild 11) mit integrierter Wärme- und Körperschalldämmung zur Verhinderung der Feuer- und Rauchübertragung (Anwendung für R90-Rohrdurchführungen nach MLAR 03/2000, Abschnitt 3./4.1 bzw. MLAR 11/2005, Abschnitte 3./4.1)



■ **Bild 10**  
**Kombinierte Brandschutz- und Körperschall-Dämm-Manschetten:**  
 (a) **BSM-S** für Sanitär- und Heizungsrohrleitungen, Gasleitungen, Siederohre, Feuerlöschleitungen usw. aus Stahl und Kupfer bis 160 mm Außendurchmesser und für Kunststoff- und Verbundrohre bis 32 mm Außendurchmesser; Baulängen 150 mm, 250 mm und 400 mm;  
 (b) **MSA 4-BSM** für nicht brennbare Rohrleitungen aus Gusseisen und Stahl von DN 50 bis DN 150;  
 (c) Schallschutz-Dämm-Manschetten wie Abzweige, Bogen und Verbinder;  
 (d) **BSM-L** für nicht brennbare Luftleitungen NW 80 bis NW 200;  
 (e) **BSM-F30** für Rohrdurchführungen durch **F30-Wände** von nicht brennbaren Rohrleitungen



■ **Bild 11**  
**Brandschutz-Dämm-Manschetten R90**  
 (a) mit integrierter Wärme- und Körperschalldämmung **BSM-R90** für Sanitär- und Heizungsrohrleitungen aus Stahl und Kupfer bis 139 mm bzw. 76 mm Außendurchmesser und für Kunststoff- und Verbundrohre bis 50 mm Außendurchmesser; Baulängen 350 mm und 500 mm;  
 (b) **MSA4-R90** für nicht brennbare Abwasserleitungen DN 50 bis DN 150, Baulängen 350 mm und 500 mm;  
 (c) R90-Schallschutz-Dämm-Manschetten für Formteile: Abzweige, Bogen, Verbinder;  
 (d) **BSM-KR** für Formstücke und Muffen brennbarer Abwasserleitungen von DN 50 bis DN 150 aus PE, PP, PVC, ABS, PB und für brennbare Abwasserleitungen aus mineralverstärktem Kunststoff von DN 50 bis DN 100; Baulänge 110 mm;  
 (e) **Brandschutz-Rohrabschottung BSM-D** für die Dämmungen Misselon-Robust, Misselon-Soft RS und Wickelstreifen Misselfix-Garant bei Durchführungen von Stahl-, Edelstahl-, Guss- und Kupferrohr-Leitungen durch Wände und Decken  
 (f) **BSM-K** für brennbare Abwasserleitungen von DN 50 bis DN 150 aus PE, PP, PVC, ABS, PB und mineralverstärktem Kunststoff; Baulänge 200 mm

# Literaturverzeichnis

- [1] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) vom 1. Februar 2002, novelliert am 2. Dezember 2004, Neufassung vom 24. Juli 2007 mit Änderungen vom 30. April 2009
- [2] Schafmeyer, G., Theiß, E.: Normgerechte Baustellenlösungen für das SHK-Handwerk. WEKA MEDIA GmbH & Co. KG, Stand Mai 2009.
- [3] VDI 2055: Wärme- und Kälteschutz von betriebstechnischen Anlagen der Industrie und in der Technischen Gebäudeausrüstung. Blatt 1: Berechnungsgrundlagen September 2008
- [4] Missel-Merkblatt „Dämmungen von Rohrleitungen im Fußbodenaufbau“. 8. überarbeitete Auflage. Missel-Eigenverlag 09/2004
- [5] Verordnung über energiesparende Anforderungen an heizungstechnischen Anlagen und Warmwasseranlagen (Heizungsanlagen-Verordnung – HeizAnIV) vom 4. Mai 1998
- [6] Verdingungsordnung für Bauleistungen VOB Teil B: Allgemeine Vergabe- und Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen DIN 1961. Fassung 2006
- [7] Missel Merkblatt Werkvertragsrecht „Worauf Verarbeiter und Planer der Sanitär- und Heizungstechnik achten müssen“. 2. überarbeitete Auflage. Missel-Eigenverlag 07/2009
- [8] OLG Schleswig, Urteil vom 06.07.1999, 6 U 69/97
- [9] Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen VOB Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); DIN 18421: Dämmarbeiten an technischen Anlagen. Oktober 2006
- [10] DIN 4140: Dämmarbeiten an betriebstechnischen Anlagen in der Industrie und in der technischen Gebäudeausrüstung – Ausführung von Wärme- und Kälte-dämmungen. März 2008
- [11] DIN 4109: Schallschutz im Hochbau; Anforderungen und Nachweise. November 1989  
E DIN 4109-1: Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Anforderungen. Oktober 2006
- [12] DIN 4109/A1: Schallschutz im Hochbau – Anforderungen und Nachweise; Änderung A1. Januar 2001
- [13] DIN 4109 Beiblatt 2: Schallschutz im Hochbau; Hinweise für Planung und Ausführung; Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz; Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- oder Arbeitsbereich. November 1989
- [14] DIN V 4108-4: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 4; Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte. Vornorm Juni 2007
- [15] VDI 4100: Schallschutz von Wohnungen – Kriterien für Planung und Beurteilung. August 2007
- [16] DIN 18560-2: Estriche im Bauwesen; Estriche und Heizestriche auf Dämmschichten (schwimmende Estriche). April 2004
- [17] VDI 2715: Lärminderung an Warm- und Heißwasser-Heizungsanlagen. August 2005
- [18] VDI 3733: Geräusche bei Rohrleitungen. Juli 1996
- [19] Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (IfSG) vom 20. Juli 2000
- [20] Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (TrinkwV) vom 21. Mai 2001

- [21] Arbeitsblatt DVGW-W 551: Trinkwassererwärmungs- und Leitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums. April 2004  
Arbeitsblatt DVGW-W 553: Bemessung von Zirkulationssystemen in zentralen Trinkwassererwärmungsanlagen. Dezember 1998
- [22] VDI 6023: Hygiene in Trinkwasser-Installationen – Anforderungen an Planung, Ausführung, Betrieb und Instandhaltung. Juli 2006
- [23] DIN 1988-2: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen (TRWI); Planung und Ausführung; Bauteile, Apparate, Werkstoffe; Technische Regel des DVGW. Dezember 1988
- [24] VDI 2087: Luftleitungssysteme – Bemessungsgrundlagen. Dezember 2006 und Berichtigung zur Richtlinie VDI 2087. April 2008
- [25] DIN 1986: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke. Teil 1: Juni 1988; Teil 2: März 1995 (beide Teile zurückgezogen und durch DIN EN 12056 ersetzt)
- [26] DIN EN 12056: Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden. Januar 2001
- [27] DIN 1986-100: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke – Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056. Mai 2008
- [28] Missel Merkblatt „Brandschutztechnisch sichere und wirtschaftliche Installationen im Wohnungs-, Gewerbe- und Industriebau.“ 8. Auflage Missel-Eigenverlag, Juli 2008
- [29] DIN 1946-6: Raumluftechnik. Teil 6: Lüftung von Wohnungen; Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung. Mai 2009
- [30] VDI 3803: Raumluftechnische Anlagen – Bauliche und technische Anforderungen. Oktober 2002
- [31] VDI 2081 Blatt 1: Geräuscherzeugung und Lärmmin- derung in Raumluftechnischen Anlagen. Juli 2001
- [32] DIN 4102-1: Brandverhalten von Baustoffen und Bau- teilen – Teil 1: Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen. Mai 1998 mit Berichtigung August 1998  
DIN 4102-4: Brandverhalten von Baustoffen und Bau- teilen; Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile. März 1994 und Änderung A1 November 2004
- [33] Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anfor- derungen an Leitungsanlagen (Muster-Leitungsanlagen- Richtlinie (MLAR)), März 2000 bzw. November 2005
- [34] Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anfor- derungen an Lüftungsleitungen (Muster-Lüftungsanlagen- Richtlinie (MLüAR)). September 2005.

Kolektor Missel Schwab GmbH  
Siemensstraße 5,  
**ab 01.01.2010:** Max-Planck-Straße 23  
D-70736 Fellbach/Stuttgart  
Telefon +49 711 53080  
Telefax +49 711 5308128  
info@missel.de



**Autoren:** **Hans-Joachim Mai**, D-85579 Neubiberg,  
Freiberuflicher Beratender Ingenieur und Freier Sachverständiger.  
**Dr. Bernd Hanel**, Leiter Forschung und Entwicklung der  
Kolektor Missel Schwab GmbH, D-70736 Fellbach/Stuttgart.  
**Herausgeber:** Kolektor Missel Schwab GmbH

© Kolektor Missel Schwab GmbH, Fellbach/Stuttgart  
Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Genehmigung der Kolektor Missel Schwab GmbH  
5. Auflage 2009



**SCHWAB**

