

# Prozesshandbuch

für Dämmungen in betriebstechnischen Anlagen



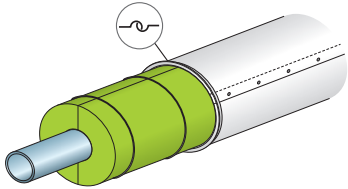
EXCELLENCE  
IN FIRESAFE SOLUTIONS

# Übersicht RTI Systemlösungen

## Rohrleitungen

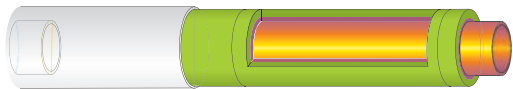
Dämmsysteme mit Rohrschalen

S. 24



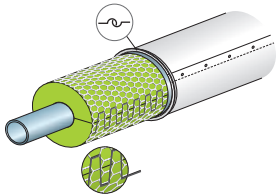
Dämmsysteme mit druckfesten Lamellenmatten

S. 26



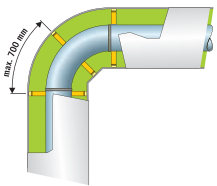
Dämmsysteme mit Drahtnetzmatte

S. 28



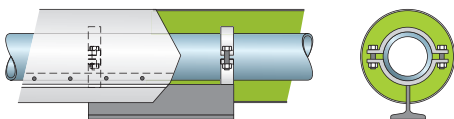
Stütz- und Tragkonstruktionen

S. 30



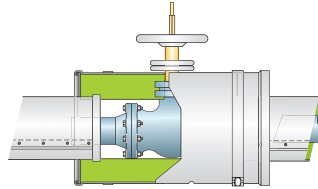
Rohrleitungsaufhängungen und Rohrleitungsaufleger

S. 39



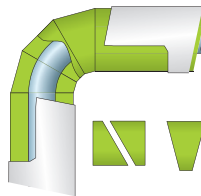
Dämmung von Armaturen und Flanschen

S. 39



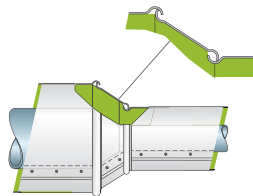
Dämmung von Rohrbogen und T-Stücken

S. 42



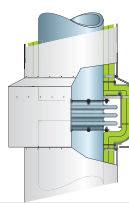
Reduzierstücke

S. 43



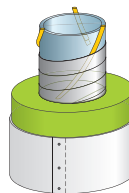
Dehnungsfugen

S. 44



Rohrbegleitheizungen

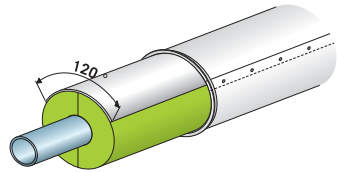
S. 45



# Kessel

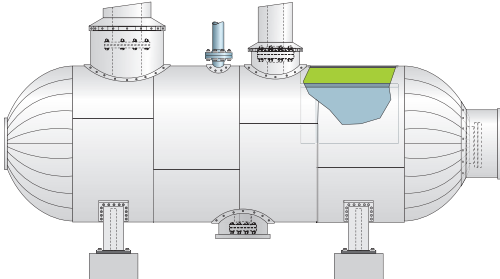
Dämmsysteme für trittfeste  
feuer Rohrleitungen

S. 46



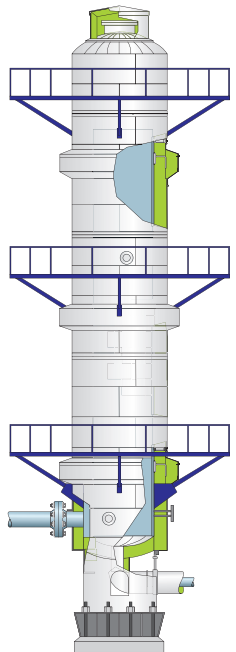
Behälter

S. 47



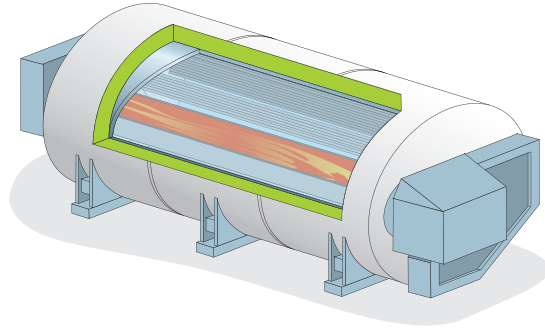
Kolonnen

S. 53



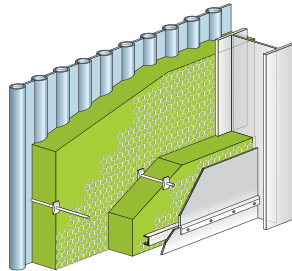
Dämmung von Flammrohr-  
Rauchrohrkesseln

S. 59



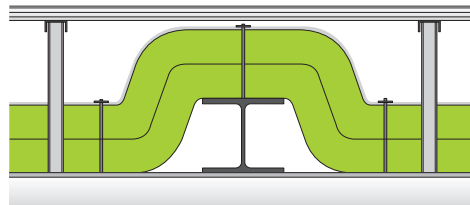
Dämmung von Großdampferzeugern

S. 62



Dämmung von  
Rauchgaskanälen

S. 68



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Systemlösungen</b>	<b>7</b>
	1.1 Planung und Vorbereitung	7
	1.2 Rohrleitungen	18
	1.3 Dämmung von Behältern	47
	1.4 Dämmung von Kolonnen	53
	1.5 Dämmung von Dampfkesseln	59
	1.6 Dämmung von Rauchgaskanälen	68
<b>2</b>	<b>Theorie</b>	<b>77</b>
	2.1 Normen und Richtlinien	77
	2.2 Gütesicherung	84
	2.3 Produkteigenschaften	85
	2.4 Berechnungsgrundlagen	92
<b>3</b>	<b>Tabellen</b>	<b>97</b>
	3.1 Einheiten, Umrechnungsfaktoren und Tabellen	98
	3.2 Eigenschaften von Dämmstoffen und Ummantelungen	110
	3.3 Gebrauchstabellen	113
<b>4</b>	<b>Produkte</b>	<b>125</b>





## RTI, Excellence in Firesafe Solutions

**Rockwool Technical Insulation – RTI – ist als selbstständige Organisation innerhalb der internationalen Rockwool Gruppe der Spezialist für die Bereiche Technische Isolierung, vorbeugender baulicher Brandschutz und Schiffsisolierung. So bietet RTI neben einem kompletten Steinwolle-Produktprogramm für Dämmungen in Industrieanlagen und in der technischen Gebäudeausstattung umfangreiche Systemlösungen für den vorbeugenden Brandschutz an. Durch ausgezeichnete Produkte, ständige Weiterentwicklung und qualifizierte Mitarbeiter ist RTI ein verlässlicher und kompetenter Partner, der Maßstäbe setzt. Mit unternehmerischer Kreativität und technischer Innovationskraft stellt sich Rockwool seit mehr als 50 Jahren erfolgreich den Herausforderungen des Marktes, was sich in qualitativ hochwertigen Produkt- und Systemlösungen widerspiegelt.**

### **Sehr geehrter Kunde!**

Wir freuen uns, Ihnen die neueste Fassung unseres Prospektes überreichen zu dürfen. Bei unseren Erläuterungen und Formulierungen gehen wir davon aus, dass Ihnen als Fachmann einschlägige Normen über Bauprodukte und die Bautechnik bestens bekannt sind. Wir ersparen Ihnen daher umfangreiche Ausführungen, die für den Laien erforderlich wären.

Alle Ausführungen entsprechen unserem heutigen Wissensstand und sind somit aktuell. Im Prospekt beschriebene Anwendungsbeispiele dienen der besseren Darstellung und berücksichtigen nicht die Besonderheiten des Einzelfalles.

Die Deutsche Rockwool legt großen Wert auf die Produktweiterentwicklung, so dass wir auch ohne vorherige Ankündigung ständig daran arbeiten, unsere Produkte zu verbessern. Wir empfehlen Ihnen daher, die jeweils neueste Auflage unserer Druckschriften zu verwenden, denn unser Erfahrungs- und Wissensstand entwickelt sich stets weiter.



Benötigen Sie für Ihren konkreten Anwendungsfall verbindliche Angaben oder haben Sie technische Fragen, dann steht Ihnen unsere Hotline zur Verfügung.

Wir verweisen in diesem Zusammenhang auf unsere Allgemeinen Verkaufs-, Lieferungs- und Zahlungsbedingungen in der jeweils neuesten Fassung, die stets Ihren Geschäftsbeziehungen mit uns zugrunde liegen, und hier insbesondere auf Ziff. VI. Sie finden die gültigen AGBs in unseren aktuellen Preislisten, oder wir senden sie Ihnen gerne auf Anfrage zu.

Die Deutsche Rockwool bietet Ihnen Steinwolle-Dämmstoffe für unterschiedlichste Anwendungsbereiche an, und wir sind sicher, dass Ihre hohen Erwartungen an unsere Produkte in vollem Umfang erfüllt werden.

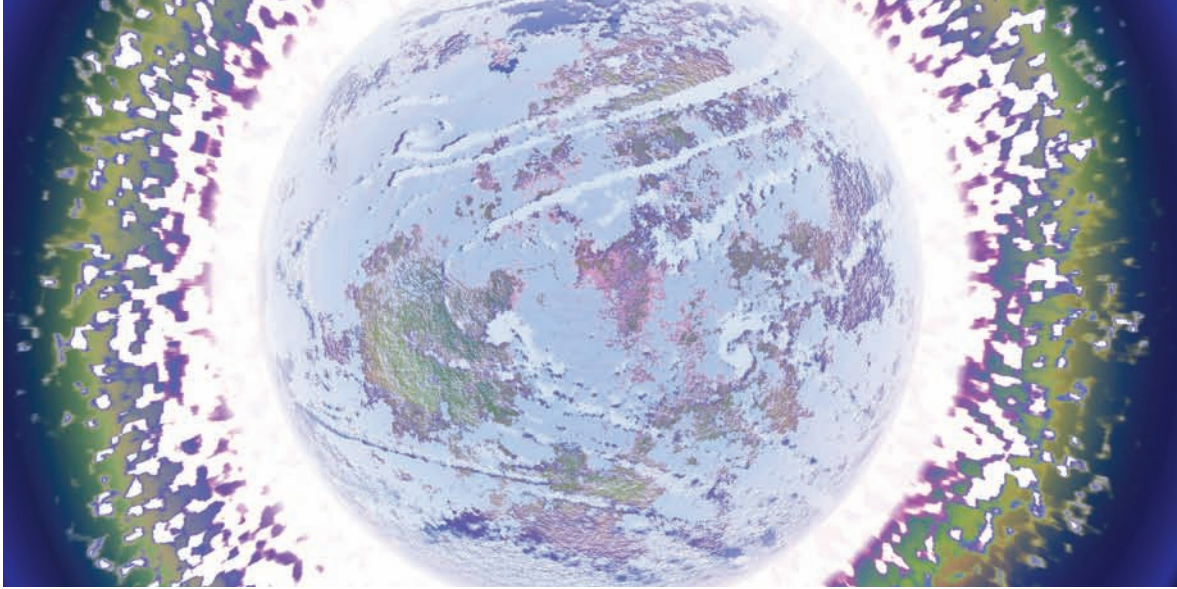
Mit besten Grüßen

Christian Göbel  
Geschäftsführer  
Deutsche Rockwool  
Mineralwoll GmbH & Co. OHG

Frank Jacobs  
Managing Director  
Rockwool Technical Insulation Group



EXCELLENCE  
IN FIRESAFE SOLUTIONS



# Das Rockwool Technical Insulation Prozesshandbuch

## Know-how für Planer und Praktiker im Anlagenbau

Energie hält die Welt in Bewegung. Ohne Energie kommt alles zum Stillstand. Die globalen Volkswirtschaften sind auf die sichere Versorgung mit günstiger Energie angewiesen. Über 80 Prozent der heute verbrauchten Energie wird jedoch aus nicht nachwachsenden Rohstoffen gewonnen. Knapper werdende Ressourcen und eine gleichzeitig explodierende Energienachfrage stellen Planer und Betreiber großer industrieller Anlagen vor die Aufgabe, deren Energieverbrauch möglichst weitreichend zu reduzieren, um ihren wirtschaftlichen Betrieb dauerhaft zu sichern.

Die Zeit der Ausreden für mangelhafte Energieeffizienz in der Anlagen- und Prozessindustrie ist vorbei, denn schon heute existieren eine Vielzahl leistungsfähiger Isolier- und Dämmsysteme, die dafür sorgen, dass knappe Energiereserven bestmöglich genutzt werden können. Das vorliegende Prozesshandbuch richtet sich an Planer, Bauer und Betreiber industrieller Anlagen und vermittelt einen Überblick über die Möglichkeiten moderner Isolierungstechniken für z. B. petrochemische Anlagen sowie Kraftwerke. Als Leitfaden führt es durch

die aktuellen Normen und gibt Ausführungshinweise für zahlreiche Dämmarbeiten.

Indem thermische Verluste in der Wärmeübertragung und Wärmespeicherung auf ein absolutes Minimum beschränkt werden, kann der Energieverbrauch betriebstechnischer Anlagen erheblich gesenkt werden. Dadurch sinkt der Ausstoß von Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), das bei jedweder Verbrennung fossiler Energieträger wie z. B. Kohle oder Öl entsteht und unter anderem für die globale Temperaturerhöhung verantwortlich ist. Wer heute von Umweltschutz spricht, kommt an der industriellen Dämmung technischer Anlagen zur Reduzierung des  $\text{CO}_2$ -Ausstoßes nicht vorbei. Eine Maßnahme übrigens, die sich unter ökonomischen Gesichtspunkten gleich zweimal auszahlt, denn im Rahmen des EU-Emissionsrechtehandels bedeutet  $\text{CO}_2$ -Reduzierung gleichermaßen eine Senkung der Emissionskosten.

Darüber hinaus hilft die richtige Isolierung dabei, Temperaturen z. B. in Rohren und Lagertanks innerhalb enger Toleranzen zu halten und so eine zuverlässige





eine sachgerechte Isolierung die Substanz: Anlagenteile können durch moderne Dämmstoffe sicher vor Feuchtigkeit und damit einhergehender Korrosion geschützt werden. Anlagen- und Prozessinstandhaltungskosten können spürbar reduziert, die effektive Lebensdauer industrieller Anlagen erfolgreich maximiert werden. Ferner leistet die Industriedämmung auch einen wichtigen Beitrag in punkto Personenschutz: Prozesstemperaturen und Lärmpegel, die in der Industrie üblicherweise über den allgemein anerkannten Grenzwerten für eine sichere und angenehme Arbeitsumgebung liegen, werden erst durch eine optimale Isolierung auf ein annehmbares Maß gebracht.

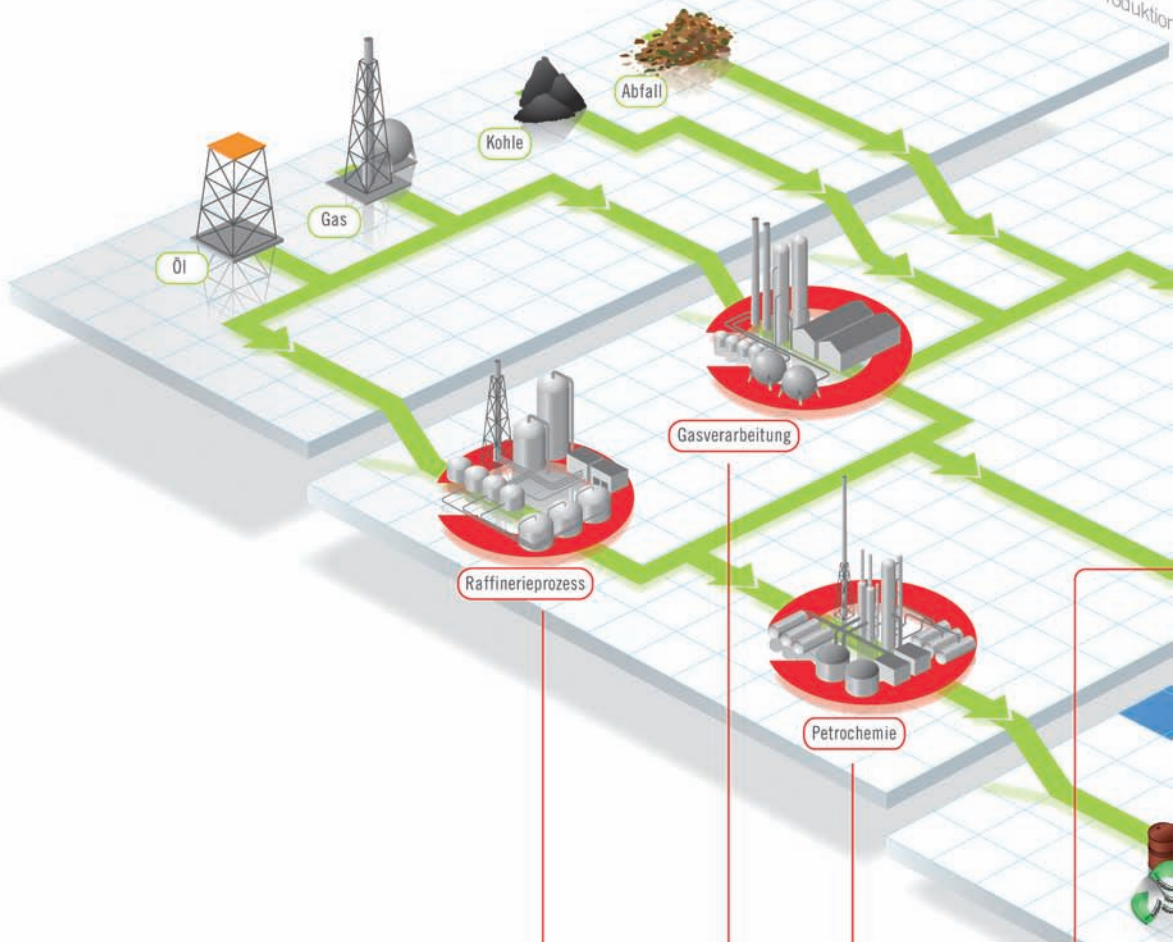
Mit einem kompletten Sortiment an Techniken und Dämmsystemen für die Petrochemie-, Energie-, Schiffsbau- und Verarbeitungsindustrie bietet Rockwool Technical Insulation (RTI) Planern und Praktikern optimal aufeinander abgestimmte Lösungen. RTI ist eine unabhängige Organisation innerhalb der Rockwool Gruppe, dem weltweit größten Hersteller von Steinwolle-dämmstoffen. In der Grafik „Flow Of Energy“ auf der folgenden Seite finden Sie einen Überblick über alle Segmente, in denen Rockwool zu Hause ist. Sämtliche RTI Produkte wie z. B. Rohrschalen, Platten, Drahtnetz- und Lamellenmatten sowie lose Dämmwolle erfüllen höchste Qualitäts- und Sicherheitsstandards und stehen insbesondere im Einklang mit den strengsten Brand-

schutzklassen. Steinwolle ist nicht brennbar bis über 1.000 °C und leistet damit einen entscheidenden Beitrag im vorbeugenden Brandschutz.

Als Ergänzung zu dem nun vorliegenden Prozesshandbuch stellt RTI regelmäßig technische Neuerungen, aktuelle und wichtige Prüfdokumentationen etc. auch online unter [www.rockwool-rti.com](http://www.rockwool-rti.com) bereit. Für viele in der Prozess- und Anlagenpraxis vorkommende Sonderfälle kann das Prozesshandbuch als Leitfaden lediglich grobe Vorschläge geben. In diesen Fällen stehen die Dämmexperten von RTI sowohl in der Planungs- als auch in der Ausführungsphase beratend zur Seite. Die Kontaktdaten für den schnellen und unkomplizierten „direkten Draht“ finden sich auf der Rückseite dieses Handbuches.

# RTI, Flow Of Energy

Erschließung, Förderung und Produktion



## Geschäftsfelder des Rockwool Konzerns:

**Dämmstoffe für industrielle Anwendungen:**  
 Lösungen zur Energieeinsparung, Schalldämmung und Optimierung von Produktionsprozessen.

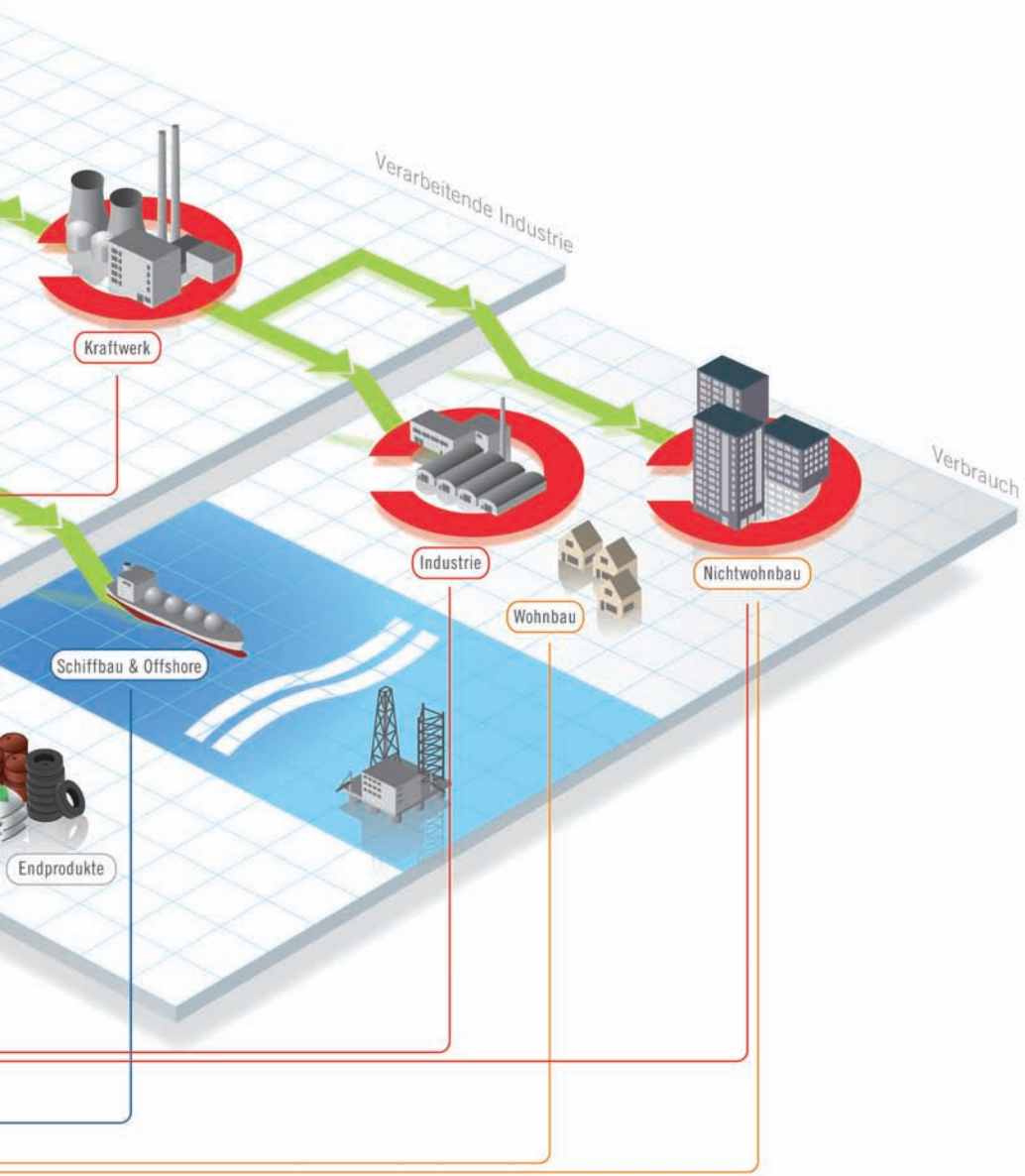
**Conlit Brandschutz:**  
 Lösungen für den vorbeugenden baulichen Brandschutz an Rohr- und Kabelabschottungen, Lüftungsleitungen und Stahlbaukonstruktionen.

**Dämmstoffe für die Haustechnik:**  
 Lösungen für Wärme- und Schalldämmungen in der Technischen Gebäudeausrüstung.

**Dämmstoffe für Schiffbau und Offshore:**  
 Komfort-, Schallschutz-, und Brandschutzisolierungen an Bord.

**Dämmstoffe für den Hochbau (Wohngebäude, Geschäftsgebäude, öffentliche Gebäude, Industriegebäude):**





# 1. Systemlösungen

## 1.1 Planung und Vorbereitung

Die Planung und Auswahl eines geeigneten Dämmsystems für technische Anlagen ist ein wichtiger Faktor für den wirtschaftlichen Betrieb, die Funktionalität, die Sicherheit, die Langlebigkeit und die Umwelteinflüsse der Anlage. Darüber hinaus werden bei der Planung und Auslegung der Dämmung häufig die anlagenspezifischen Wärmeverluste über den gesamten Lebenszyklus der Anlage festgelegt. Spätere Korrekturen – wie z. B. eine nachträgliche Erhöhung der Dämmdicke – sind häufig aus Platzgründen überhaupt nicht mehr möglich oder bedeuten vergleichsweise eine viel größere Investition als bei der Ursprungsplanung. Kontinuierlich steigende Energiekosten werden häufig bei der Dämmungsdimensionierung gar nicht berücksichtigt. Nachhaltig ausgerichtete Dämmdicken aber berücksichtigen diese Energiepreissteigerungen und können so bereits nach wenigen Jahren für den wirtschaftlichen Betrieb der Anlage ein wichtiges Kriterium sein. Ein schonender Umgang mit unserer Umwelt ist eine Verpflichtung gegenüber nachfolgenden Generationen. Richtig dimensionierte Dämmsysteme sind ein wichtiger Beitrag zum Umweltschutz und zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung und zum ökonomischen Erfolg, denn: CO<sub>2</sub>-Reduzierung bedeutet auch einen wirtschaftlichen Betrieb, weil Kosten für CO<sub>2</sub>- Verschmutzungszertifikate reduziert werden. Ein umweltschonender und ein wirtschaftlicher Betrieb sind daher heute keine Gegensätze mehr, sondern vielmehr zwei nicht voneinander trennbare Parameter.

### Entscheidungskriterien für die Wahl des richtigen Dämmsystems

Die Auswahl eines geeigneten Dämmsystems hängt von den folgenden vier Einflussgrößen ab:

- **Betriebstechnische Bedingungen**
  - a. Objektabmessungen
  - b. Betriebsweise der Anlage
  - c. Betriebstemperaturen
  - d. Zulässige Wärmeverluste bzw. Temperaturänderungen des Mediums
  - e. Frostschutz
  - f. Umgebungseinflüsse
  - g. Wartungs- und Inspektionsarbeiten
- **Sicherheitsaspekte**
  - a. Arbeitsschutz  
(z. B. max. zulässige Oberflächentemperaturen)
  - b. Brandschutz
  - c. Explosionsschutz
  - d. Lärmschutz innerhalb des Betriebes
- **Wirtschaftlichkeit**
  - a. Energiekosten
  - b. Energiekostenentwicklung
  - c. Kapitalaufwand
  - d. Instandhaltungskosten
  - e. Nutzungsdauer
- **Umweltanforderungen**
  - a. CO<sub>2</sub>-Reduzierung durch die Dämmung
  - b. Nachbarschaftlicher Lärmschutz

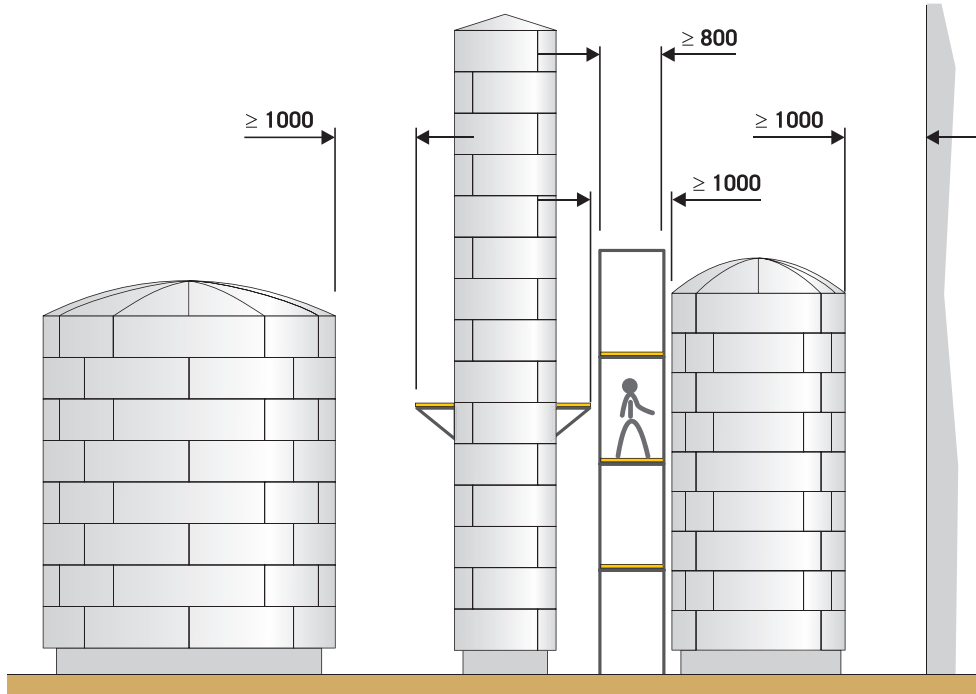
# 1.1 Planung und Vorbereitung

## Betriebstechnische Bedingungen

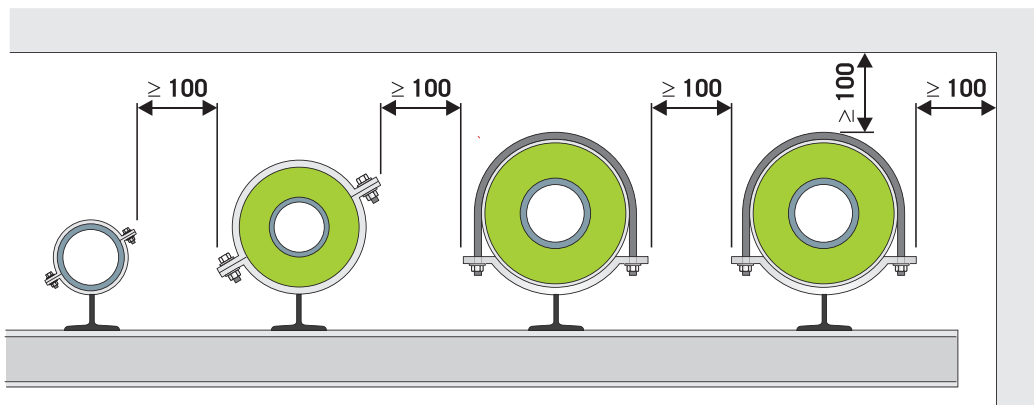
### a) Objektmessungen

Bereits bei der Planung der Anlage ist der erforderliche Platzbedarf für die Dämmung zu berücksichtigen. Entsprechend sollten bereits im frühen Planungsstadium die Dämmdicken festgelegt und bei der Rohrleitungs-isometrie und den Abständen zwischen den einzelnen Objekten einkalkuliert werden. Um eine systemgerechte Montage der Dämmstoffe und der Ummantelung ohne erhöhten Aufwand gewährleisten zu können, sollten die in den folgenden Bildern aufgeführten Mindestabstände zwischen den Objekten eingehalten werden.

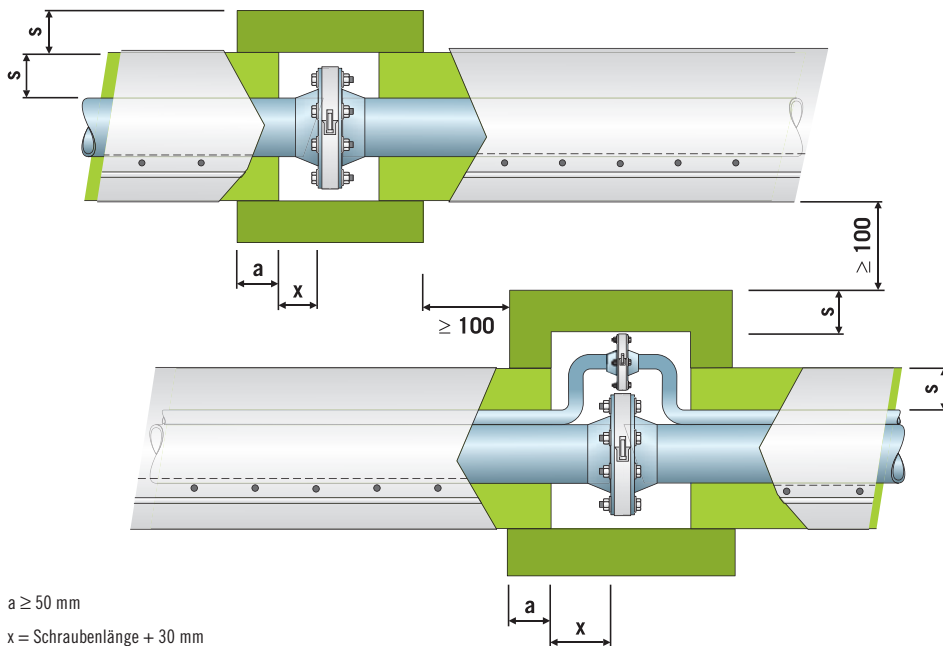
Mindestabstände zwischen Behältern und Kolonnen (Maße in mm)



Mindestabstände zwischen gedämmten Rohrleitungen (Maße in mm)



Mindestabstände im Bereich von Rohrflanschen (Maße in mm)



# 1.1 Planung und Vorbereitung

## Betriebstechnische Bedingungen

### b) Betriebsweise der Anlage

Für die Auswahl des geeigneten Dämmsystems muss die Betriebsweise der Anlage berücksichtigt werden. Man unterscheidet zwischen gleitender und unterbrochener Betriebsweise sowie einer Betriebsweise mit Wechseltemperaturen. Bei gleitender Betriebsweise liegen die Betriebstemperaturen durchgängig oberhalb bzw. durchgängig unterhalb der Umgebungstemperaturen. Die unterbrochene Betriebsweise, auch intermittierender Betrieb genannt, zeichnet sich dadurch aus, dass die Anlage zwischen einzelnen Betriebsphasen abgeschaltet wird und dabei durchaus Umgebungstemperaturen annehmen kann. Bei einer Betriebsweise mit Wechseltemperaturen liegen die Betriebstemperaturen wechselnd über oder unter der Umgebungstemperatur.

### c) Betriebstemperatur

Es dürfen nur Dämmstoffe verwendet werden, deren Funktionstüchtigkeit bei den vorgesehenen Betriebstemperaturen dauerhaft uneingeschränkt gewährleistet ist. Als Bewertungskriterium hierzu ist die obere Anwendungsgrenztemperatur des entsprechenden Dämmstoffes zu beachten (siehe auch Kapitel 2.3 „Produkteigenschaften“).

### d) Zulässige Wärmeverluste bzw. Temperaturänderungen des Mediums

Für viele technische Prozesse ist es erforderlich, dass Medien in Behältern, Kolonnen oder Tanks eine bestimmte Temperaturuntergrenze nicht unterschreiten. Chemische Prozesse laufen ansonsten nicht in der vorgesehenen Weise ab oder die Medien härten aus und lassen sich nicht mehr pumpen bzw. fördern. Eine zu große Abkühlung kann in Abgas- und Rauchgasströmen zum Ausfall von schwefeliger Säure führen, die korrosionsfördernd auf die Leitungen oder Kanäle wirkt. Bei fließenden Medien muss häufig sichergestellt werden, dass das Medium am Ziel noch die vorgesehene

Temperatur aufweist. Die Wärmedämmung ist diesen Bedürfnissen entsprechend auszulegen. Bei extremen Bedingungen (z. B. durch lange Lagerzeiten, weite Transportwege oder extreme Temperaturen) kann es erforderlich werden, dass zusätzlich zur Dämmung eine Begleitheizung für die Einhaltung der notwendigen Temperaturgrenzen sorgt. Mit Hilfe der wärmetechnischen Berechnungssoftware „Rockassist“ können diese Dämmungen berechnet und optimal ausgelegt werden.



In geschlossenen Gebäuden heizen mangelhaft gedämmte Anlagenteile das Raumklima unnötig auf. Häufig sind erhöhte Raumtemperaturen die Folge, die sich unter anderem negativ auf die Arbeitsbedingungen auswirken. Dies gilt sowohl für Personen, die sich dauerhaft in solchen Räumen aufhalten, als auch für elektronische Bauteile. Neben den erhöhten Wärmeverlusten muss dann häufig noch zusätzlich Energie aufgebracht werden, um die Räume entsprechend zu klimatisieren. Die Auslegung der Dämmung und die damit verbundene Reduzierung von Wärmeverlusten an Anlagenteilen muss daher im Einklang mit der gesamten Gebäudeinfrastruktur und -nutzung erfolgen.

### e) Frostschutz

Gerade bei Anlagen im Freien besteht im Winter Frostgefahr. Neben dem unerwünschten Anlagenausfall droht aufgrund der Ausdehnung von gefrierendem Wasser auch die Gefahr der Beschädigung der Anlage. Gegen das Einfrieren der Anlage sind entsprechende Maßnahmen einzuplanen. Eine Dämmung kann die Wärmeverluste reduzieren und damit den Zeitpunkt bis zum Einfrieren hinauszögern. Auf unbestimmte Zeit kann eine Dämmung alleine das Einfrieren der Anlage jedoch nicht verhindern. Hierzu müssen ggf. zusätzlich Begleitheizungen zwischen Objekt und Dämmung installiert werden. Um ein Einfrieren zu verhindern, muss die Dämmung so ausgelegt sein, dass die Wärmestromdichte des gedämmten Objektes kleiner ist als die zugeführte Wärme der Begleitheizung.



### f) Umgebungseinflüsse

Es muss ein Dämmsystem gewählt werden, dass den Umgebungseinflüssen dauerhaft standhält. Beispielhaft sind dabei folgende Umgebungseinflüsse zu nennen:

- Witterungseinflüsse
- Mechanische Belastungen
- Chemisch aggressive Milieus

Das Eindringen von Feuchtigkeit in das Dämmsystem muss vermieden werden. Wasseransammlungen im

Dämmstoff erhöhen die Wärmeleitfähigkeit und das Korrosionsrisiko der gedämmten Anlagenteile.

Ummantelungen müssen daher so angebracht werden, dass keine Feuchtigkeit in das System eindringen kann. Gerade bei Anlagen im Freien mit Betriebstemperaturen < 120 °C oder bei Anlagen im intermittierenden Betrieb ist die Gefahr der Wasseransammlung jedoch sehr groß. Ursache ist die kondensierende Feuchtigkeit aus der Umgebungsluft auf der Innenseite der Ummantelung. Es sollte daher ein Luftspalt von mindestens 15 mm zwischen Dämmstoff und Ummantelung eingehalten werden. An der Unterseite bzw. am tiefsten Punkt der Ummantelung sind des Weiteren Entwässerungs- und Belüftungsbohrungen von mindestens 10 mm Durchmesser in einem Abstand von höchstens 300 mm vorzusehen. Der Dämmstoff und die Ummantelung müssen ggf. auftretenden chemischen Einflüssen aus der Umgebung standhalten.

### g) Wartungs- und Inspektionsarbeiten

Um laufende Wartungs- und Inspektionsarbeiten durch die Dämmung nicht unnötig zu erschweren, sollten wartungsintensive Bereiche bei der Planung besonders berücksichtigt werden. Hier können z. B. abnehmbare Isoliersysteme in Form von Kappen und Hauben aufgebracht werden. Im Bereich von Flanschen und Armaturen sind ebenfalls leicht demontierbare Kappensysteme zu empfehlen. Die Befestigung dieser Kappen erfolgt in der Regel mit Hebelverschlüssen, die ohne spezielle Werkzeuge geöffnet werden können. Die Dämmung vor Einbauten wie z. B. Flanschen oder Armaturen ist mit einem so ausreichenden Abstand zu unterbrechen, dass ein Ein- bzw. Ausbau noch möglich ist. Hierbei ist die Schraubenlänge bei Flanschverbindungen entsprechend zu berücksichtigen. Der Anschluss der Dämmung sollte mit einer Stirnscheibe versehen, die Einbauten einschließlich der „Montageunterbrechung“ im Bereich der Dämmung mit Kappen gedämmt werden.



## 1.1 Planung und Vorbereitung



### Sicherheitsaspekte

#### a) Arbeitsschutz

##### Maximal zulässige Oberflächentemperaturen

Bei Oberflächentemperaturen von mehr als 60 °C kann es bei Berührungen zu Hautverbrennungen kommen. Die Unfallverhütungsvorschriften fordern daher, dass zugängliche Anlagenteile so ausgeführt werden, dass Personen keiner Verletzungsgefahr durch Verbrennungen ausgesetzt werden. Die Dämmung solcher Anlagenteile muss so dimensioniert werden, dass im Betrieb keine Oberflächentemperaturen von mehr als 60 °C auftreten. Mit Hilfe des wärmetechnischen Berechnungsprogramms „Rockassist“ können die hierfür benötigten Dämmdicken in wenigen Arbeitsschritten kalkuliert werden. Für die zuverlässige Auslegung müssen alle betriebsbedingten Parameter wie z. B. Objekttemperatur, Umgebungstemperatur, Luftbewegung, Oberflächenmaterialien, Abstände zu anderen Objekten etc. bekannt sein.

**Anmerkung:** Da die Oberflächentemperatur von einer Reihe physikalischer Parameter abhängt, die nicht immer berechnet oder sicher abgeschätzt werden können, ist die Oberflächentemperatur der Dämmung

keine gewährleistungsfähige Größe. Siehe hierzu auch den Technischen Brief Nr. 5 „Zur Problematik der Gewährleistung von Oberflächentemperaturen“ der BFA WKSB.

Lässt sich der Berührungsschutz mit den durch technische oder wirtschaftliche Anforderungen vorgegebenen Dämmdicken nicht erreichen, müssen solche Anlagenteile mit zusätzlichen Schutzeinrichtungen wie z. B. Schutzgittern oder Abschirmblechen versehen werden.

#### b) Explosionsschutz

Besteht Brand- und Explosionsgefahr, muss die Oberflächentemperatur des Objekts und der Ummantelung wesentlich unter der Zündtemperatur der zündfähigen Stoffe und/oder Gasgemische liegen. Diese Forderung gilt auch im Bereich von Wärmebrücken wie z. B. Rohrhalterungen, Trag- und Stützkonstruktionen etc. Mit Dämmsystemen kann ein Explosionsschutz nur in Verbindung mit einem Doppelmantel erreicht werden. Ein Doppelmantel ist eine werkseitig hergestellte, luft- und diffusionsdicht verschweißte oder verlötete Ummantelung. Zusätzlich müssen die besonderen Explosionsvorschriften beachtet werden. Werden in explosionsgefährdeten Bereichen elektrostatisch aufladbare Stoffe wie z. B. ungeerdete Ummantelungen oder nichtleitende Kunststoffe verwendet, muss nach ZH-1/200-Richtlinie „Statische Elektrizität“ geerdet werden.

#### c) Brandschutz

Die allgemeinen Brandschutzanforderungen an bauliche Anlagen werden im § 14 der Musterbauordnung wie folgt gestellt:

*Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.*

Art und Umfang der Brandschutzmaßnahmen muss der Planer gemeinsam mit den Bauaufsichtsbehörden, der Feuerwehr, Versicherungen und dem Betreiber festlegen. Grundlage bilden die jeweiligen Landesbauordnungen, die Industriebaurichtlinie und die DIN 18230 „Baulicher Brandschutz im Industriebau“.



Grundsätzlich ist zu bedenken, dass die Brandlast in einem Gebäude oder einer technischen Anlage durch brennbare Dämmstoffe deutlich erhöht werden kann. Nichtbrennbare Dämmungen wie z. B. Mineralwolle mit einem Schmelzpunkt von  $> 1.000\text{ }^{\circ}\text{C}$  hingegen wirken sich nicht nur positiv auf die Brandlast aus, sondern stellen im Brandfall auch einen gewissen Brandschutz für das gedämmte Anlagenteil dar.

Speziell an Anlagenteilen mit Begleitheizungen, die als Wärmeträger Thermoöl nutzen, besteht bei einer Leckage eine erhöhte Brandgefahr. Hier muss sichergestellt sein, dass das Thermoöl nicht in den Dämmstoff eindringen kann.

#### d) Lärmschutz innerhalb des Betriebes

Die Arbeitsstättenverordnung bzw. die Arbeitsplatzlärmschutzrichtlinie geben Richtwerte für Lautstärkegrenzwerte am Arbeitsplatz vor. Die Höhe der Richtwerte ist

von der Art der Tätigkeit abhängig.

Durch Dämmsysteme kann die Schallausbreitung von Anlagenteilen reduziert werden. Die Art und Wirkung der Schalldämmung sind von der Frequenz und dem Schalldruckpegel abhängig.

#### Wirtschaftlichkeit

Als wirtschaftliche Dämmdicke wird im Allgemeinen diejenige Dämmdicke deklariert, bei der die Summe aus Isolierkosten und Wärmeverlustkosten pro Jahr ein Minimum beträgt. Ein qualitativer Kurvenverlauf einer solchen Kostenfunktion ist im unten aufgeführten Bild dargestellt. Die Isolierkosten setzen sich aus den Material-, den Verarbeitungs-, möglichen Instandhaltungs- und den Kapitaldienstkosten für das Dämmsystem zusammen. Wärmeverlustkosten ergeben sich aus dem Wärmepreis, dem Wärmeverlust und der Anzahl der jährlichen Betriebsstunden. Beim Wärmepreis darf nicht nur der aktuelle Preis zu Grunde gelegt werden. Gerade die Entwicklung der letzten Jahre zeigt, dass auch in Zukunft mit einer erheblichen Energiepreissteigerung zu rechnen ist. Steigende Energiepreise bewirken eine Verschiebung der wirtschaftlichen Dämmdicke in Richtung größerer Dämmdicken. In der VDI 2055 werden verschiedene Berechnungsverfahren zur Ermittlung der wirtschaftlichen Dämmdicke ausführlich beschrieben.



# 1.1 Planung und Vorbereitung

## Wirtschaftlichkeit

Eine weitere häufig verwendete wirtschaftliche Kenngröße ist neben der wirtschaftlichen Dämmdicke die Kapitalrückflusszeit (KRZ), die auch als Amortisationszeit bekannt ist. Sie ist definiert als der Zeitraum, in dem die Kosten für die Dämmung durch die Ersparnis an Wärmeverlustkosten wieder erwirtschaftet werden.

$$KRZ = \frac{\text{Kosten der Dämmung}}{\text{jährliche Ersparnis}} \text{ [a]}$$

Im Allgemeinen ist die Kapitalrückflusszeit von Dämmungen an technischen Anlagen sehr kurz und liegt oft deutlich unter einem Jahr. Die alleinige Betrachtung der Kapitalrückflusszeit kann aber trügerisch sein, da sie die Lebensdauer der Anlage nicht berücksichtigt. Gerade bei langlebigen Anlagen ist es daher ratsam, höhere Dämmdicken zu wählen, auch wenn damit vielleicht eine höhere Kapitalrückflusszeit akzeptiert werden muss. Über die gesamte Lebensdauer der Anlage lässt sich aber mit der höheren Dämmdicke eine erheblich höhere Rendite aus der Investition „Dämmung“ ziehen und ein deutlich wirtschaftlicherer Betrieb der Anlage realisieren.

## Umwelanforderungen

Die Verbrennung fossiler Energieträger wie z. B. Kohle, Öl oder Gas führt nicht nur zu einer Erschöpfung der verfügbaren Primärenergiequellen, sondern bedeutet durch den Ausstoß von Kohlendioxid in die Atmosphäre auch eine Belastung der Umwelt.

Der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Erdatmosphäre ist maßgeblich für die als „Treibhauseffekt“ bezeichnete globale Temperaturerhöhung verantwortlich. CO<sub>2</sub> absorbiert die von der Erdoberfläche ausgehende Wärmestrahlung und vermindert somit die Wärmeabgabe an den Weltraum. Dies wird zu einer Veränderung des Weltklimas mit

bisher noch nicht abschätzbaren Folgen führen.

Eine Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes kann nur durch einen effizienteren Umgang mit fossilen Energieträgern erreicht werden.

Die Erhöhung der Dämmdicken in technischen Anlagen ist zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes unerlässlich.

Siehe hierzu auch den Technischen Brief Nr. 6 „Hohe Rentabilität bei umweltgerechten Isolierschichtdicken“ der BFA WKSB.



Die Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen wirkt sich für Unternehmen darüber hinaus auch wirtschaftlich positiv im Rahmen des EU-Emissionsrechtehandels aus. Erhöhte Dämmdicken bei technischen Anlagen zahlen sich daher zweifach aus. Sowohl die Kosten für den Energieverbrauch als auch die CO<sub>2</sub>-Emissionskosten werden gesenkt

## Voraussetzung für Dämmarbeiten

Bereits in der Entwurfs- und Konstruktionsphase von betriebstechnischen Anlagen müssen die Notwendigkeiten der späteren Dämmarbeiten berücksichtigt werden. Es ist daher ratsam, frühzeitig alle Projektverantwortlichen mit einzubeziehen, um unnötige und unvorhergesehene Probleme während der Isolierungsarbeiten von vornherein auszuschließen.

Gemäß der DIN 4140 „Dämmarbeiten an betriebstech-

nischen Anlagen in der Industrie und in der technischen Gebäudeausrüstung – Ausführung von Wärme- und Kälte­dämmungen“ – sowie der AGI Q 05 „Konstruktion von betriebstechnischen Anlagen“ müssen alle Vorgewerke abgeschlossen und insbesondere folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Korrosionsschutzarbeiten am Objekt sind – falls erforderlich – ausgeführt
- Begleitheizungen und messtechnische Einrichtungen sind angebracht
- Die Mindestabstände zwischen den Objekten sind eingehalten (siehe Bilder auf den Seiten 8 und 9)
- Die Oberfläche weist keine groben Verunreinigungen auf
- Halterungen zur Aufnahme der Tragkonstruktion sind am Objekt angebracht (Einzelheiten hierzu siehe Arbeitsblatt AGI Q 153)
- Dichtkragen und Dichtscheiben sind am Objekt angebracht (Einzelheiten hierzu siehe Arbeitsblatt AGI Q 152)
- Stutzen am Objekt sind mindestens so lang, dass die Flansche außerhalb der Dämmung liegen und ohne Behinderung verschraubt werden können
- Auflager sind so ausgeführt, dass Dämmstoffe, Dampfbremsen und Ummantelungen fachgerecht angeschlossen werden können
- Die Dämmung kann ohne Behinderungen (z. B. durch Gerüste) aufgebracht werden
- Schweiß- und Klebearbeiten am Objekt sind ausgeführt
- Fundamente sind fertig gestellt

## Korrosionsschutz

Durch fehlenden oder mangelhaften Korrosionsschutz entsteht jedes Jahr ein großer volkswirtschaftlicher Schaden. Die Lebensdauer von betriebstechnischen Anlagen verkürzt sich hierdurch deutlich, häufiger erforderliche Stillstands- bzw. Revisionsarbeiten verschlechtern die Wirtschaftlichkeit der Anlage.

Die häufige Annahme, dass das Dämmsystem auch die Aufgabe des Korrosionsschutzes übernimmt, ist falsch. Bei jeder Anlage muss individuell geprüft werden, ob ein Korrosionsschutz erforderlich ist und welche Korrosionsschutzmaßnahmen geeignet sind. Die Ausführung des Korrosionsschutzes erfolgt gemäß der DIN EN ISO 12944-1 bis 7 „Beschichtungssysteme – Korrosionsschutz von Stahlbauteilen durch Beschichtungssysteme“. Da diese Norm die Besonderheiten des Korrosionsschutzes unter Dämmsystemen jedoch nicht ausreichend berücksichtigt, sollten zusätzlich die Anforderungen der AGI Q 151 „Korrosionsschutz bei Wärme- und Kälte­dämmungen an betriebstechnischen Anlagen“ beachtet werden.

Die Auswahl eines geeigneten Dämmsystems hängt z. B. von den folgenden Parametern ab:

- Betriebsweise der Anlage
  - gleitende Betriebsweise
  - unterbrochene/intermittierende Betriebsweise
  - Betriebsweise mit wechselnden Temperaturen
- Betriebstemperaturen der Anlage
- Verwendete Metalle
  - unlegierte oder niedrig legierte Stähle
  - nicht rostende austenitische Stähle
  - Kupfer
- Äußere Einflüsse auf die Anlage
  - innen/außen
  - IMilieu der Anlage (chemisch aggressiv?)

Die DIN 4140 gibt folgende Hinweise zur Auswahl der Notwendigkeit von Korrosionsschutz:

- Bei Kälte­dämmungen muss das Objekt korrosions­geschützt sein, wenn es aus unlegierten oder niedrig legiertem Stahl besteht.

# 1.1 Planung und Vorbereitung

## Korrosionsschutz

- Bei Objekten aus z. B. nicht rostendem austenitischem Stahl oder Kupfer muss im Einzelfall vom Planer der Anlage geprüft werden, ob auf Korrosionsschutz verzichtet werden kann.
- Objekte aus nicht rostendem austenitischem Stahl brauchen keinen Korrosionsschutz, wenn eine Temperatur von 50 °C niemals – auch nicht kurzzeitig – überschritten wird.

### Hinweis

Bei allen Anlagen aus un- oder niedrig legiertem Stahl, bei denen die Betriebstemperaturen unter 120 °C liegen, sollte ein Korrosionsschutz aufgebracht werden.

Der Korrosionsschutz kann entfallen bei

- kontinuierlich betriebenen Tiefkälteanlagen (unter -50 °C) wie z. B. Lagertanks sowie
- gedämmten Oberflächen von Kraftwerkskomponenten wie z. B. Kesseldruckteilen, Rauchgas- und Heißluftkanälen, Dampfleitungssystemen mit Betriebstemperaturen, die ständig über 120 °C liegen.

Vor dem Aufbringen der meist mehrschichtigen Korrosionsschutzbeschichtung muss die Oberfläche fett-, staub- und säurefrei sein und sollte zur Verbesserung der Haftfestigkeit der Grundbeschichtung aufgeraut sein. Hierzu empfiehlt sich das Strahlen als Oberflächenvorbereitungsverfahren (bei austenitischen Stählen muss ein ferritfreies Strahlmittel verwendet werden).

Die entsprechenden Verarbeitungsrichtlinien der Beschichtungshersteller sind zu beachten.

Berühren sich Metalle mit unterschiedlichen elektrochemischen Potenzialen, z. B. Aluminium und Kupfer, besteht die Gefahr der Kontaktkorrosion. Diese kann ggf. mit isolierenden Zwischenschichten wie z. B. Kunststoffbändern verhindert werden. In Gegenwart von Feuchtigkeit wird die Entstehung von Kontaktkorrosion

grundsätzlich gefördert.

Die auf der nächsten Seite aufgeführte Tabelle, die der DIN 4140 entnommen wurde, gibt eine erste Orientierung hinsichtlich der Gefahr von Kontaktkorrosion bei verschiedenen Metallpaarungen.

## Lagerung von Dämmstoffen

Die unsachgemäße Lagerung von Dämmstoffen im Freien kann – in erster Linie durch Feuchtigkeit hervorgerufen – zur Schädigung der Dämmstoffe führen. Feuchtigkeit im Dämmstoff hat folgende negative Einflüsse:

Die Wärmeleitfähigkeit von Wasser ist ungefähr 25 Mal größer als die der Luft, die in Zellen oder zwischen den Fasern im Dämmstoff vorhanden ist. Mit einer Zunahme der Feuchtigkeit steigt daher die Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes und dementsprechend nimmt die Dämmwirkung ab. Bereits ein Feuchtegehalt von 1 Vol. % kann sich schon bis zu 25 % negativ auf die Wärmeleitfähigkeit auswirken. Des Weiteren bedeutet Feuchtigkeitszunahme auch eine wesentliche Gewichtszunahme, die in der Regel bei der statischen Auslegung eines Dämmsystems nicht berücksichtigt ist. Feuchtigkeit ist die Ursache für viele Korrosionsvorgänge, die im trockenen System praktisch nicht auftreten. In der Isoliertechnik sind insbesondere Sauerstoff-, Kontakt- und Spannungsrisskorrosion zu nennen. Dämmstoffe für austenitische Bauteile, die in AS-Qualität mit einem niedrigen Chloridionengehalt hergestellt werden, verlieren dieses Merkmal beim Einbringen von Feuchtigkeit unwiederbringlich. Dämmstoffe müssen daher bei der Lagerung, bei der Montage und im eingebauten Zustand vor Feuchtigkeit geschützt werden. Ist eine Lagerung unter festen Bebauungen nicht möglich, kann ein Witterungsschutz z. B. durch die Abdeckung mit wasserdichten Folien erfolgen. Es ist jedoch darauf zu achten, dass der Dämmstoff nicht direkt auf dem Boden steht und ggf. durch Bodenfeuchte nass werden kann.

Mineralwolle ist hydrophob ausgeführt und damit wasserabweisend. Diese Eigenschaft bietet allerdings nur einen zeitlich limitierten Schutz und nimmt bei bereits hoch thermisch belasteten Dämmstoffen stark ab. Daher müssen auch hydrophobierte Dämmstoffe bei einer Lagerung im Freien vor Feuchtigkeit geschützt werden.

Betrachteter Werkstoff		Partnerwerkstoff					
Metall	Flächenanteil im Verhältnis zum Partnerwerkstoff	Zink	Aluminium	Stahl ferritisch	Blei	Stahl austenitisch	Kupfer
Zink	klein	-	M	M	S	S	S
	groß	-	G	G	G	G	G
Aluminium	klein	G	-	G	S	S	S
	groß	G	-	G	M	G	S
Stahl ferritisch	klein	G	G	-	S	S	G
	groß	G	G	-	G	G	G
Blei	klein	G	G	G	-	S	S
	groß	G	G	G	-	M	M
Stahl austenitisch	klein	G	G	G	G	-	M
	groß	G	G	G	G	-	G
Kupfer	klein	G	G	G	G	G	-
	groß	G	G	G	G	G	-

G - Geringe oder kleine Korrosion am betrachteten Werkstoff

M - Mäßige Korrosion am betrachteten Werkstoff, z. B. in sehr feuchter Atmosphäre

S - Starke Kontaktkorrosion am betrachteten Werkstoff

Anmerkung: Die Tabelle 1 bezeichnet die Korrosion des "betrachteten Werkstoffs", nicht diejenige des "Partnerwerkstoffs". "Klein" bedeutet: "kleinflächig im Verhältnis zum Partnerwerkstoff", "groß" bedeutet: "großflächig im Verhältnis zum Partnerwerkstoff".

Beispiel 1: Betrachteter Werkstoff verzinkte Schraube in Partnerwerkstoff Ummantelung aus austenitischem Stahl: Zeile "Zink klein": "S" - starke Korrosion der Schraube.

Beispiel 2: Betrachteter Werkstoff Ummantelung aus austenitischem Stahl wird mit Partnerwerkstoff verzinkte Schraube verschraubt: Zeile "Stahl austenitisch groß". "G" - der korrosive Angriff auf den austenitischen Stahl ist gering.

### Hinweis

Die Tabelle berücksichtigt keine Korrosionsformen, die andere Ursachen haben wie z. B.

Spannungsrisskorrosion. Hierzu siehe Kapitel 2.3

„Produkteigenschaften“ - AS-Qualität.

# 1. Systemlösungen

## 1.2 Rohrleitungen

Bei vielen industriellen Prozessen in chemischen oder petrochemischen Anlagen sowie in Kraftwerken spielen Rohrleitungen eine zentrale Rolle, da sie Kernkomponenten wie z. B. Apparate, Kolonnen, Behälter, Kessel, Turbinen etc. miteinander verbinden und den Stoff- und Energiefluss ermöglichen. Zur Gewährleistung eines ordnungsgemäßen Prozessablaufs muss der Zustand der Medien in den Rohrleitungen innerhalb der festgelegten Grenzen (z. B. Temperatur, Viskosität, Druck, etc.) bleiben. Neben der korrekten Rohrleitungsisometrie und -befestigung übernimmt die Isolierung der Rohrleitung dabei eine wichtige Aufgabe. Sie muss sicherstellen, dass Wärmeverluste nachhaltig reduziert werden, der wirtschaftliche Betrieb und die Funktionalität der Anlage dauerhaft erhalten bleiben. Nur so kann die maximale Rentabilität der Prozessabläufe während der geplanten Lebensdauer ohne Verluste durch Störungen gewährleistet werden.

### Anforderungen an die Rohrleitungen

Zu den wesentlichen Effizienz- und Produktivitätsfaktoren von Rohrleitungen für die Prozessindustrie gehören Energieeffizienz, Zuverlässigkeit und Sicherheit unter verschiedenen Bedingungen, ferner die Funktionalität der Prozesssteuerung, eine angemessene, für die Betriebsumgebung geeignete Struktur sowie mechanische Haltbarkeit. Bei der Erfüllung dieser Anforderungen nimmt die Wärmedämmung der Rohrleitungen eine signifikante Rolle ein.

### Aufgabe der Wärmedämmung bei Rohrleitungen

Zu den Aufgaben einer sachgemäßen Wärmedämmung zählen:

- Reduzierung der Wärmeverluste,
- Frostschutz,
- Sicherstellung der Stabilität der Prozesstemperatur,
- Lärminderung,

- Vermeidung von Kondensation und Korrosion sowie
- Personen- und Umweltsicherheit.



### Rockwool Produkte zur Rohrdämmung

Rockwool Technical Insulation (RTI) bietet für die Rohrleitungsdämmung in der Prozesstechnik eine breite Produktpalette: Rohrschalen wie die Rockwool 880, druckfeste Lamellenmatten wie die Rockwool Duraflex sowie verschiedene Drahtnetzmatte wie die Rockwool RTD-2 wurden im Hinblick auf die spezifischen Anwendungsbereiche entwickelt. Entsprechend stehen diese leicht zu verarbeitenden Dämmsysteme für ein hohes Maß an Wirtschaftlichkeit, Funktionalität und Reduzierung der Wärmeverluste. Ständig durchgeführte interne und externe Produktüberwachungen stehen für gleichbleibende hohe Qualität sämtlicher RTI Produkte.

Die im Folgenden beschriebenen Anwendungsbeispiele können die besonderen Verhältnisse der bauspezifischen Gegebenheiten nicht vollständig berücksichtigen. Es ist jeweils im Einzelfall zu prüfen, ob die Produkte für

die entsprechende Anwendung geeignet sind. Im Zweifelsfall stehen die RTI Experten mit Rat und Tat zur Seite.

Des Weiteren sind die maßgeblichen Normen- und Regelwerke zu beachten, von denen hier folgende exemplarisch genannt werden:

- DIN 4140 (Dämmarbeiten an betriebstechnischen Anlagen in der Industrie und in der technischen Gebäudeausrüstung)
- AGI Q 101 (Dämmarbeiten an Kraftwerkskomponenten)
- CINI-Handbuch: „Dämmung in der Industrie“

### Wärmedämmkonstruktionen für Rohrleitungen

Eine Wärmedämmkonstruktion für Rohrleitungen besteht im Allgemeinen aus einem geeigneten Dämmstoff sowie einer Ummantelung, die das Objekt und die Dämmung vor äußeren Einflüssen wie z. B. der Witterung oder mechanischen Einwirkungen schützt. Bei Dämmstoffen, wie z. B. Drahtnetzmatte, die nicht über eine ausreichende Druckfestigkeit verfügen, um die Gewichtskraft der Ummantelung und sonstigen äußeren Belastungen aufzunehmen, werden zusätzlich Stützkonstruktionen erforderlich. Diese Stützkonstruktionen übertragen die Lasten aus der Ummantelung direkt auf das zu dämmende Objekt. An vertikalen Rohrleitungen werden Tragkonstruktionen angebracht, die die Lasten der Dämmung und der Ummantelung aufnehmen. Trag- und Stützkonstruktionen stellen im Allgemeinen Wärmebrücken dar. Die Auswahl eines geeigneten Dämmsystems hängt von zahlreichen Parametern ab, die im Abschnitt 1.1 näher beschrieben sind. Bei Rohrleitungsdämmungen kann man grundsätzlich zwischen den nachfolgend aufgeführten Dämmsystemen unterscheiden.

### Wärmedämmung mit Rohrschalen

Mit Rohrschalen lassen sich im Hinblick auf geringe Wärmeverluste und niedrige Oberflächentemperaturen generell die besten Ergebnisse bei Rohrleitungsisolierungen erzielen. Dies liegt im Besonderen an der geringen Wärmeleitfähigkeit im Vergleich zu Drahtnetzmatte oder druckfesten Lamellenmatte. Darüber hinaus verfügen die meisten Rohrschalen, wie z. B. die Rockwool 880, über eine so hohe Festigkeit, dass sie im Allgemeinen ohne zusätzliche Stützkonstruktionen verwendet werden können. Hierdurch entstehen auch keine dämmtechnisch bedingten Wärmebrücken, die einen negativen Einfluss auf die Betriebswärmeleitfähigkeit haben. Bei Temperaturen über 300 °C ist ein bedingter Einsatz von Stützkonstruktionen im Einzelfall zu prüfen. Rohrschalen werden immer passgenau auf den entsprechenden Rohrdurchmesser hergestellt, so dass Konvektionsgefahr und Verarbeitungsfehler – z. B. ein zu kurzer Zuschnitt wie bei Mattenisolierungen – minimiert werden. Die Rockwool 880 Rohrschale wird in Durchmessern von 17 bis 915 mm angeboten.





## 1.2 Rohrleitungen

### Wärmedämmung mit druckfesten Lamellenmatten

Dämmsysteme für Rohrleitungen mit druckfesten Lamellenmatten, wie z. B. Rockwool Duraflex, haben ihren bevorzugten Anwendungsbereich bei Rohrleitungen  $\geq$  DN 250 und Rohrleitungstemperaturen bis ca. 300 °C. Die besondere Struktur der Rockwool Duraflex bewirkt eine Druckfestigkeit von  $> 10$  kPa. Dadurch kann im Allgemeinen auf eine zusätzliche Stützkonstruktion verzichtet werden. Dämmtechnisch bedingte Wärmebrücken werden vermieden und Wärmeverluste reduziert. Darüber hinaus werden die Kosten für die Stützkonstruktion und deren Verarbeitung eingespart. Stützkonstruktionsfreie Dämmsysteme bewirken außerdem eine gleichmäßige Oberflächentemperatur auf dem Blechmantel. Hotspots durch die Stützkonstruktionen treten nicht auf. Druckfeste Lamellenmatten werden vor Ort auf die entsprechende Länge des Rohrfanges zugeschnitten und mit Spannbändern befestigt.



### Wärmedämmung mit Drahtnetzmatzen

Rohrleitungs-dämmungen mit Drahtnetzmatzen sind seit vielen Jahrzehnten bewährte Universallösungen. Sie sind auf Grund ihrer Flexibilität vielfältig einsetzbar und extrem temperaturbeständig. Die Matten lassen sich leicht zuschneiden und auf der Rohrleitung verarbeiten. Daher werden sie häufig bei Rohrleitungen mit einem hohen Anteil von Formteilen wie Bögen oder T-Stücken verwendet. Besonders bei Hochtemperaturdämmungen werden Drahtnetzmatzen an Rohrleitungen wegen ihrer hohen oberen Anwendungsgrenztemperatur bevorzugt eingesetzt. Drahtnetzmatzen verfügen jedoch nur über relativ geringe Druckfestigkeiten und können daher praktisch nur in Verbindung mit Stützkonstruktionen montiert werden. Aufgrund der dadurch entstehenden Wärmebrücken, lassen sich im unteren und mittleren Temperaturbereich (bis 300 °C) mit Rohrschalen oder druckfesten Lamellenmatten oft wärmetechnisch bessere Dämmergebnisse erreichen als mit Drahtnetzmatzen.



## Vergleich der unterschiedlichen Dämmsysteme

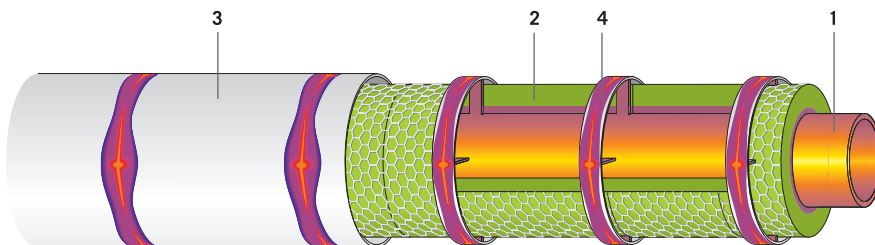
Der besondere Vorteil der beiden zuerst beschriebenen Systeme mit Rohrschalen und druckfesten Lamellenmatten liegt darin, dass im Allgemeinen auf die Stützkonstruktion verzichtet werden kann und damit dämmtechnisch bedingte Wärmebrücken minimiert bzw. ausgeschlossen werden. Drahtnetzmatzensysteme hingegen haben aufgrund ihrer hohen Anwendungsgrenztemperatur bei Hochtemperaturdämmungen ihre Vorzüge. Vorteile von Rohrschalen und druckfesten Lamellenmatten im Überblick:

- Die Montage der Stützkonstruktionen wird eingespart.
- Die Rohrschalen und Rockwool Duraflex sind ohne störende Stützkonstruktionen schneller aufgebracht.

- Beide Produkte bieten eine gleichmäßige, feste Oberfläche zur Montage des Schutzblechs.
- Aufgrund der fehlenden Stützkonstruktionen entstehen geringere Wärmeverluste.
- Es ergibt sich eine gleichmäßige Oberflächentemperatur auf dem Blechmantel.
- Im Vergleich zu Drahtnetzmatzen kann eine niedrigere Dämmdicke verwendet werden bzw. sinken durch die geringeren Wärmeverluste die Betriebskosten der Anlage.

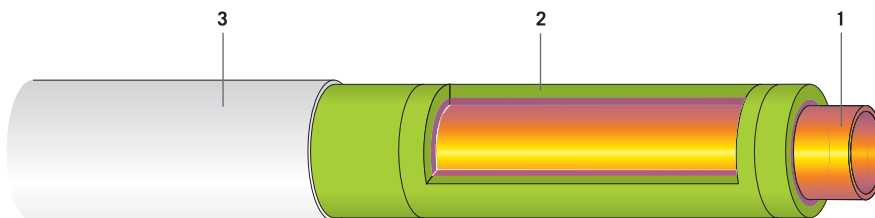
Im Allgemeinen fungiert eine Stützkonstruktion in der Dämmung als Wärmebrücke, wodurch der Wärmeverlust in der Gesamtdämmung erheblich erhöht wird.

### Dämmsystem mit Stützkonstruktion



1. Rohrleitung - 2. Dämmstoff, Rockwool RTD-2 - 3. Ummantelung -
4. Stützkonstruktion

### Dämmsystem ohne Stützkonstruktion



1. Rohrleitung - 2. Dämmstoff, Rockwool 880 oder Rockwool Duraflex -
3. Ummantelung

## 1.2 Rohrleitungen

### Erforderliche Dämmdicke

Vergleicht man die drei Dämmsysteme unter Berücksichtigung gleicher Wärmeverluste, zeigen sich deutliche Vorteile im Hinblick auf die Dämmdicken bei den stützkonstruktionsfreien Systemen mit Rockwool 880 und Rockwool Duraflex gegenüber Dämmungen mit Drahtnetzmaten. Die unten aufgeführte Tabelle gibt die erforderlichen Dämmdicken unter Berücksichtigung folgender Randbedingungen:

- Mediumstemperatur: 250 °C
- Umgebungstemperatur: 10 °C
- Windgeschwindigkeit: 5 m/s
- Ummantelung: Alu-Zink Blech
- Wärmeverlust: 150 W/m<sup>2</sup>
- Verwendung von Stützkonstruktionen bei Drahtnetzmaten

Nennweite DN	NPS (Zoll)	Rohrdurchmesser mm	Mindestdämmdicke		
			Rockwool 880	Rockwool Duraflex	Rockwool RTD-2
50	2	60	30	30	40
80	3	89	30	40	50
100	4	108	40	60	70
150	6	159	60	80	100
200	8	219	70	100	120
250	10	273	90	130	150
300	12	324	100	140 (2*70)	180 (2*90)
350	14	356	110	160 (2*80)	200 (2*100)

Doppellagige Verlegung

## Anwendungsmatrix für Rohrleitungsdämmungen

Die Auswahl des optimalen Dämmsystems ist von der Anwendung abhängig. Die unten aufgeführte Anwendungsmatrix gibt eine Hilfestellung bei der Auswahl.

Anwendung	Temperatur <sup>(1)</sup> (°C)	Rohrschalen	Druckfeste Lamellenmatten	Drahtnetzmatte	
		Rockwool 880	Rockwool Duraflex	Rockwool RTD-2	Rockwool RBM
Prozess- rohrleitungen	< 300°C	• • •	• •	•	
	300°C - 500°C	• •		• •	
	500°C - 640°C			• • •	
	640°C - 680°C				• •
Kurze Ab- schnitte, (viele) Bögen, Ventile, Flansche	< 300°C		• •	•	
	< 500°C			• •	
	500°C - 640°C			• •	
	640°C - 680°C				• •
Rohrleitung mit Begleitheizung		• •			
Fernwärme- leitungen	D ≤ 356mm	• •	•		
	D > 356mm	•	• •		

## 1.2 Rohrleitungen

### 1.2.1 Dämmsysteme mit Rohrschalen

Im Hinblick auf geringe Wärmeverluste und niedrige Oberflächentemperaturen lassen sich mit Rohrschalen (wie auf Seite 22 dargestellt) die besten Ergebnisse bei Rohrleitungsdämmungen erzielen. Dies liegt insbesondere an der geringen Wärmeleitfähigkeit im Vergleich zu Drahtnetzmatte und druckfesten Lamellenmatte. Darüber hinaus verfügen die meisten Rohrschalen, wie z. B. die Rockwool 880 Rohrschale, über eine so hohe Festigkeit, dass sie im Allgemeinen ohne zusätzliche Stützkonstruktionen verwendet werden können. Hierdurch entstehen keine dämmtechnisch bedingten Wärmebrücken, die negativen Einfluss auf die Betriebswärmeleitfähigkeit nehmen. Bei Temperaturen über 300 °C ist ein bedingter Einsatz von Stützkonstruktionen im Einzelfall zu prüfen.

Rohrschalen werden immer passgenau auf den entsprechenden Rohrdurchmesser hergestellt, so dass Konvektionsgefahr und Verarbeitungsfehler – z. B. ein zu kurzer Zuschnitt wie bei Mattenisolierungen – minimiert werden. Rockwool Rohrschalen werden in Durchmessern von 17 bis 915 mm angeboten.

#### Hinweis

Mit Rohrschalen werden aufgrund der geringen Wärmeleitfähigkeit bessere Wärmedämmwerte erreicht als z. B. mit Drahtnetzmatte. Von einer Kombination beider Produkte bei einer Dämmung an geraden Rohrstücken in der gleichen Dämmdicke ist daher abzuraten. Wird eine solche Kombination jedoch z. B. bei Formstücken oder Armaturen erforderlich, ist die Auswahl der richtigen Dämmdicke von äußerster Wichtigkeit. Nur so kann sichergestellt werden, dass keine unerwarteten, potenziell gefährlichen Oberflächentemperaturen auftreten.

#### Dämmdicken zur Sicherstellung des Berührungsschutzes

Zur ersten Orientierung dient die unten aufgeführte Tabelle bei der Auswahl der geeigneten Dämmdicken für den Berührungsschutz. Folgende Randbedingungen wurden zu Grunde gelegt:

- Umgebungstemperatur: 25 °C
- Windgeschwindigkeit: 0,5 m/s
- Ummantelung: verzinktes, blankes Stahlblech
- Maximale Oberflächentemperatur: 60 °C

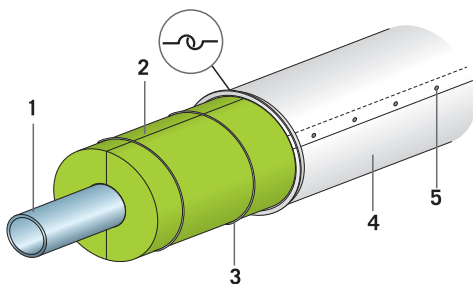
Außendurchmesser			Mediumstemperatur (°C)								
Nennweite	NPS (Zoll)	(mm)	≤100	150	200	250	300	350	400	450	500
DN25	1	33,0	30	30	30	30	30	40	50	70	80
DN 50	2	60,3	30	30	30	30	40	50	70	80	100
DN 80	3	88,9	30	30	30	40	50	60	80	90	110
DN 100	4	114,3	30	30	30	40	50	70	80	100	120
DN 150	6	168,3	30	30	30	50	60	80	90	120	140
DN 200	8	219,1	30	30	40	50	70	80	100	120	150
DN 250	10	273,0	30	30	40	50	70	90	110	130	160
DN 300	12	323,9	30	30	40	50	70	90	110	140	160

#### Doppellagige Verlegung

Bei abweichenden Randbedingungen wenden Sie sich bitte an unser RTI Verkaufsteam. Mit Hilfe des wärmetechnischen Berechnungsprogramms "Rockassist" kann die Dämmung nach den spezifischen Anforderungen ausgelegt werden.

## Montage

Vor Beginn der Dämmarbeiten sollten die in Kapitel 1.1 beschriebenen vorbereitenden Arbeiten am Objekt abgeschlossen sein.



1. Rohrleitung - 2. Rockwool 880 Rohrschale - 3. Spannband oder Bindedraht - 4. Blechummantelung - 5. Blechschraube oder Niete

Die Rockwool 880 Rohrschale wird eng anliegend direkt auf der Rohrleitung aufgebracht. Die Längsfuge der Rohrschale soll bei waagerechten Rohrleitungen an der Unterseite auf der 6-Uhr-Position liegen. Bei senkrechten Rohrleitungen sollte die Längsfuge jeweils um ca. 30° gegeneinander versetzt werden. Die Rohrschalen werden mit verzinktem Bindedraht oder mit Stahl oder Kunststoffspannbändern gesichert. Bei einer Dämmdicke von über 120 mm (oder Temperaturen > 300 °C) sollte die Dämmung mindestens zweilagig ausgeführt werden. Bei einer Mehrlagendämmung sind die Längs- und Quertugen versetzt anzuordnen.

## Trag- und Stützkonstruktionen

Stützkonstruktionen sind im Allgemeinen bei der Dämmung mit Rohrschalen nicht erforderlich. Bei Rohrleitungen, die großen mechanischen Belastungen (z. B. starken Vibrationen) ausgesetzt sind und/oder bei Temperaturen über 300 °C, ist im Einzelfall zu prüfen, ob eine Stützkonstruktion aufgebracht werden muss. Bei vertikal verlegten Rohrleitungen mit einer Höhe von mehr als vier Metern müssen Tragkonstruktionen aufgebracht werden, die die Eigenlast des Dämmsystems auf die Rohrleitung übertragen. Der erste Tragring sollte möglichst an der niedrigsten Stelle des vertikalen Rohres befestigt werden, der Abstand zwischen den Tragringen sollte ca. vier Meter nicht überschreiten.

## 1.2 Rohrleitungen

### 1.2.2 Dämmsysteme mit druckfesten Lamellenmatten

Dämmsysteme für Rohrleitungen mit druckfesten Lamellenmatten, wie z. B. Rockwool Duraflex, haben ihren bevorzugten Anwendungsbereich bei Rohrleitungen  $\geq$  DN 250 und Rohrleitungstemperaturen bis ca. 300 °C. Die besondere Struktur der Rockwool Duraflex bewirkt eine Druckfestigkeit von  $> 10$  kPa. Dadurch kann im Allgemeinen auf eine zusätzliche Stützkonstruktion verzichtet werden. Dämmtechnisch bedingte Wärmebrücken werden vermieden und Wärmeverluste reduziert. Darüber hinaus werden die Kosten für die Stützkonstruktion und deren Verarbeitung eingespart. Stützkonstruktionsfreie Dämmsysteme bewirken außerdem eine gleichmäßige Oberflächentemperatur auf dem Blechmantel. Hotspots durch die Stützkonstruktionen treten nicht auf.

Druckfeste Lamellenmatten werden vor Ort auf die entsprechende Länge des Rohrfanges zugeschnitten und mit Spannbändern befestigt.

#### Dämmdicken zur Sicherstellung des Berührungsschutzes

Zur ersten Orientierung dient die unten aufgeführte Tabelle bei der Auswahl der geeigneten Dämmdicken für den Berührungsschutz. Folgende Randbedingungen wurden zu Grunde gelegt:

- Umgebungstemperatur: 25 °C
- Windgeschwindigkeit: 0,5 m/s
- Ummantelung: verzinktes, blankes Stahlblech
- Maximale Oberflächentemperatur: 60 °C

Außendurchmesser			Mediumstemperatur (°C)				
Nennweite	NPS (Zoll)	(mm)	$\leq 100$	150	200	250	300
DN 100	4	114,3	30	30	30	50	60
DN 150	6	168,3	30	30	40	50	70
DN 200	8	219,1	30	30	40	60	80
DN 250	10	273,0	30	30	40	60	80
DN 300	12	323,9	30	30	50	70	90
DN 400	16	406,4	30	30	50	70	90
DN 500	20	508,0	30	30	50	70	100

Bei abweichenden Randbedingungen berät das RTI Verkaufsteam. Mit Hilfe des wärmetechnischen Berechnungsprogramms „Rockassist“ kann die Dämmung nach den spezifischen Anforderungen ausgelegt werden.

### Montage

Vor Beginn der Dämmarbeiten sollten die in Kapitel 1.1 beschriebenen vorbereitenden Arbeiten am Objekt abgeschlossen sein.

Die Matten werden bezogen auf den äußeren Dämmungsdurchmesser (Rohrdurchmesser + 2-fache Dämmdicke) der Länge nach zugeschnitten. Mit Spannbändern wird die Matte fest auf der Rohrleitung fixiert. Dabei ist darauf zu achten, dass die einzelnen Matten jeweils stramm aneinander stoßen und keine Fugen sowohl an der Längs- als auch an den Rundstößen auftreten. Die Stoßstellen der einzelnen Matten werden mit selbstklebendem Aluminiumband dicht verklebt. Bei einer Mehrlagendämmung sind die Längs- und Querfugen versetzt anzuordnen.

### Trag- und Stützkonstruktionen

Stützkonstruktionen sind im Allgemeinen bei der Dämmung mit druckfesten Lamellenmatten nicht erforderlich. Bei Rohrleitungen, die großen mechanischen Belastungen (z. B. starken Vibrationen) ausgesetzt sind, ist im Einzelfall zu prüfen, ob eine Stützkonstruktion aufgebracht werden muss.

Bei vertikal verlegten Rohrleitungen mit einer Höhe von mehr als vier Metern müssen Tragkonstruktionen aufgebracht werden, die die Eigenlast des Dämmsystems auf die Rohrleitung übertragen. Der erste Tragring sollte möglichst an der niedrigsten Stelle des vertikalen Rohres befestigt werden, der Abstand zwischen den Tragringen sollte ca. vier Meter nicht überschreiten.





## 1.2 Rohrleitungen

### 1.2.3 Dämmsysteme mit Drahtnetzmatten

Rohrleitungsdämmungen mit Drahtnetzmatten sind seit vielen Jahrzehnten bewährte Universallösungen. Sie sind auf Grund ihrer Flexibilität vielfältig einsetzbar und extrem temperaturbeständig. Die Matten lassen sich leicht zuschneiden und auf der Rohrleitung verarbeiten. Daher werden sie häufig bei Rohrleitungen mit einem hohen Anteil von Formteilen wie Bögen oder T-Stücken verwendet. Besonders bei Hochtemperaturdämmungen werden Drahtnetzmatten an Rohrleitungen wegen ihrer hohen oberen Anwendungsgrenztemperatur bevorzugt eingesetzt. Drahtnetzmatten verfügen jedoch nur über relativ geringe Druckfestigkeiten und können daher praktisch nur in Verbindung mit Stützkonstruktionen montiert werden. Aufgrund der dadurch entstehenden Wärmebrücken lassen sich mit Rohrschalen oder

druckfesten Lamellenmatten im unteren und mittleren Temperaturbereich (bis 300 °C) wärmetechnisch oft bessere Dämmergebnisse erreichen als mit Drahtnetzmatten.

#### Dämmdicken zur Sicherstellung des Berührungsschutzes

Zur ersten Orientierung dient die unten aufgeführte Tabelle bei der Auswahl der geeigneten Dämmdicken für den Berührungsschutz. Folgende Randbedingungen wurden zu Grunde gelegt:

- Umgebungstemperatur: 25 °C
- Windgeschwindigkeit: 0,5 m/s
- Ummantelung: verzinktes, blankes Stahlblech
- maximale Oberflächentemperatur: 60 °C.

Außenrohrdurchmesser			Mediumstemperatur (°C)					
Nennweite	NPS (Zoll)	(mm)	≤100	200	300	400	500	600
DN 100	4	114,3	30	40	70	120	160	220
DN 150	6	168,3	30	50	80	130	180	250
DN 200	8	219,1	30	50	90	140	200	270
DN 250	10	273,0	30	50	100	150	210	280
DN 300	12	323,9	30	60	100	160	220	300
DN 400	16	406,4	30	60	110	160	230	310
DN 500	20	508,0	30	60	110	170	240	330

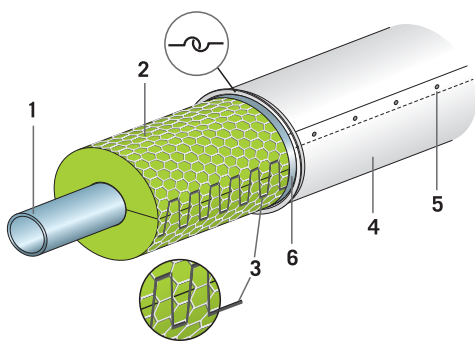
#### Doppellagige Verlegung

Bei abweichenden Randbedingungen berät das RTI Verkaufsteam. Mit Hilfe des wärmetechnischen Berechnungsprogramms Rockassist kann die Dämmung nach den spezifischen Anforderungen ausgelegt werden.

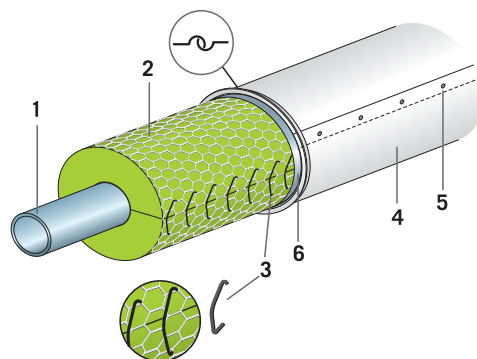
### Montage

Die Matte wird der Länge nach zugeschnitten, so dass sie mit leichtem Vorspannen passend um das Rohr gelegt werden kann. Die (längsseitigen und umlaufenden) Abschlussfugen der Matten sind mit Stahldraht (Dicke 0,5 mm) zusammenzubinden oder mit Mattenhaken zu befestigen. Edelstahlrohre und Rohre mit einer Betriebstemperatur von  $> 400\text{ °C}$  dürfen nur mit Drahtnetzmatte mit Edelstahl-Steppfaden und Drahtgeflecht gedämmt werden, um interkristalliner Rissbildung vorzubeugen.

Bei einer Dämmdicke von über 120 mm (oder Temperaturen  $> 300\text{ °C}$ ) sollte eine Mehrlagendämmung aufgetragen werden. Werden die Matten mehrlagig verlegt, sind sowohl die Längs- als auch die Rundfugen versetzt anzuordnen. Ist mit mechanischen Belastungen zu rechnen, sollten Stahlbänder für die Befestigung der Drahtnetzmatte verwendet werden.



1. Rohrleitung - 2. Drahtnetzmatte - 3. Vernähung der Stoßkante mit Bindedraht - 4. Blechummantelung - 5. Blechschraube oder Niete - 6. Stützkonstruktion



1. Rohrleitung - 2. Drahtnetzmatte - 3. Stoßkante mit Mattenhaken verschlossen - 4. Blechummantelung - 5. Blechschraube oder Niete - 6. Stützkonstruktion

### Trag- und Stützkonstruktionen

Da Drahtnetzmatte nicht über eine ausreichende Druckfestigkeit verfügen, um die Gewichtskraft der Blechummantelung aufzunehmen, dürfen sie auf Rohrleitungen  $> \text{DN } 100$  und Dämmdicken  $> 50\text{ mm}$  nur in Verbindung mit Stützkonstruktionen eingesetzt werden. Die allgemeinen Anforderungen an Stützkonstruktionen können dem Abschnitt 1.2.5 entnommen werden.

Bei vertikal verlegten Rohrleitungen mit einer Höhe von mehr als vier Metern müssen Tragkonstruktionen aufgebracht werden, die die Eigenlast des Dämmsystems auf die Rohrleitung übertragen. Der erste Tragring sollte möglichst an der niedrigsten Stelle des vertikalen Rohres befestigt werden, der Abstand zwischen den Tragringen sollte ca. 4 m nicht überschreiten.

## 1.2 Rohrleitungen

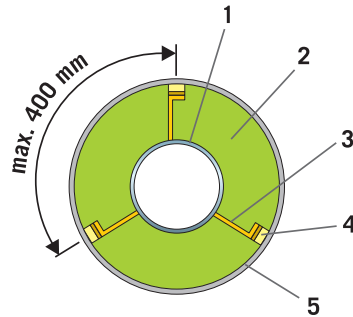
### 1.2.4 Stützkonstruktionen

Stützkonstruktionen haben die Aufgabe, die Ummantelung im vorgegebenen Abstand von der Rohrleitung zu halten, sofern der Dämmstoff dies nicht übernehmen kann. Sie können nur senkrecht zur Objektfläche wirkende Kräfte übertragen. Im Allgemeinen werden Stützkonstruktionen aus Metall hergestellt und stellen Wärmebrücken dar.

Stützkonstruktionen sind erforderlich, wenn der Dämmstoff nicht über die notwendige Druckfestigkeit (z. B. bei Drahtnetzmaten) verfügt und daher die Lasten der Ummantelung nicht aufnehmen kann. Bei Rohrschalen mit einer Rohdichte unter  $75 \text{ kg/m}^3$  und Rohrleitungstemperaturen über  $200 \text{ °C}$  werden ebenfalls Stützkonstruktionen erforderlich. Bei Anlagen, die besonderen Betriebsbedingungen ausgesetzt sind, wie z. B. Vibrationen, muss im Einzelfall geprüft werden, ob Stützkonstruktionen auch bei der Verwendung von Rohrschalen oder druckfesten Lamellenmatten verwendet werden müssen.

#### Dimensionierung der Stützkonstruktion

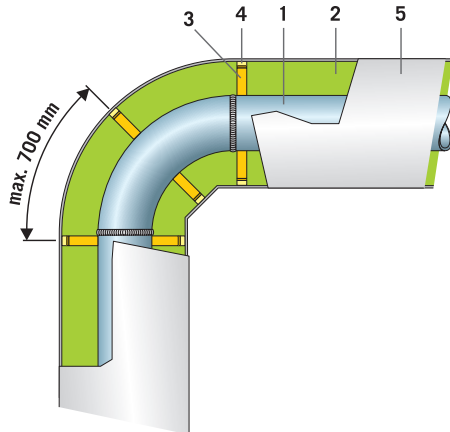
Die Stützkonstruktionen bestehen in der Regel aus metallischen Ringen, auf denen der Blechmantel aufliegt, und Stegen z. B. aus Metall oder Keramik als Abstandhalter, die sich auf dem Rohr abstützen. Zur Verringerung der Vibrationsübertragung werden häufig elastische Abstandhalter wie z. B. Omega-Bügel verwendet. Bei Abstandhaltern aus Stahl müssen mindestens drei Stege verwendet werden, wobei der maximale Abstand - gemessen am Umfang des äußeren Rings - maximal  $400 \text{ mm}$  betragen darf. Bei keramischen Stegen müssen mindestens vier Stege bei einem zulässigen Höchstabstand von  $250 \text{ mm}$  verwendet werden.



1. Rohrleitung - 2. Dämmstoff - 3. Stege - 4. Thermische Entkopplung - 5. Stützring

Bei Rohrleitungen werden die Stützkonstruktionen jeweils unter der Rundnaht der Ummantelung angeordnet.

An Formteilen wie z. B. Rohrbögen werden Stützkonstruktionen jeweils am Anfang und am Ende angebracht. Überschreitet der äußere Abstand zwischen den beiden Stützkonstruktionen  $700 \text{ mm}$ , müssen weitere Stützkonstruktionen dazwischen angeordnet werden.



1. Rohrleitung - 2. Dämmstoff - 3. Stützkonstruktion - 4. Ummantelung

### Innovatives Stützkonstruktionssystem Rockwool SKR

Rockwool SKR ist ein innovatives Stützkonstruktionssysteme für Rohrleitungen, das das Aufbringen des Dämmstoffes vereinfacht und die Bildung von Wärmebrücken minimiert. Während herkömmlichen Stützkonstruktionen zunächst auf der Rohrleitung befestigt werden und das Aufbringen des Dämmstoffes erschweren, kehrt Rockwool SKR die Montagefolge in sinnvoller Weise um. Erst wird der Dämmstoff fugenfrei aufgebracht – danach erfolgt die Montage der Stützkonstruktion. Neben der kürzeren Verarbeitungszeit wirkt sich dies positiv auf dämmtechnisch bedingten Wärmebrücken aus, die immer beim Anpassen des Dämmstoffes an die Stützkonstruktion entstehen. Der rechnerische  $\lambda$  Zuschlag von 0,005 W/(m x K) ermöglicht eine gute Betriebswärmeleitfähigkeit. Der rechnerische  $\lambda$  Zuschlag für herkömmliche Stützkonstruktionen aus Flachstahl beträgt gemäß der VDI 2055 0,013 W/(m x K).

### Systembeschreibung

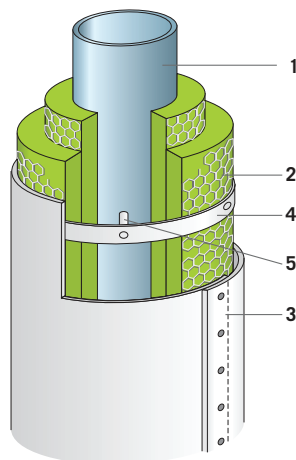
Rockwool SKR besteht aus einem auf den Durchmesser angepassten metallischen Tragrings, der aus mindestens zwei Segmenten besteht und auf die bestehende Rohrdämmung aufgebracht wird.

Mit Hilfe von metallischen Abstandshaltern, die nachträglich in den Tragrings eingeführt und durch den Dämmstoff bis zur Rohrleitung geführt werden, wird der Tragrings auf einen zuvor definierten Abstand zur Rohrleitung gehalten. Dieser Tragrings dient als Auflage für die Blechisolierung des Dämmsystems.

Bei senkrechten Rohrleitungen kommt ein Tragspanning SKR zur Anwendung der zur Lastaufnahme von Dämmstoff und Blechmantel dient.

### Systemkomponenten

- Rockwool – SKR werden aus verzinkten und austenitischem Stahl angeboten.
- Rockwool SKR – Segmentierter, auf den Durchmesser abgestimmter Tragrings mit starrer Aufnahmebuchse für den zylindrischen Abstandshalter
- Rockwool SKR-F – Segmentierter, auf den Durchmesser abgestimmten Tragrings, mit federgelagerten Abstandshalter und einem Potentialaufnahme von 0,5 cm pro zylindrischer Abstandshalterung.
- Rockwool SKR-S – Trag- Spanning für eine Lastaufnahme von 100 kg für vertikale Rohrleitung



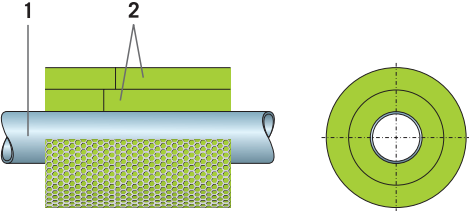
1. Rohrleitung - 2. Drahtnetzmatte RTD-2 - 3. Blechummantelung -  
4. Tragrings - 5. Abstandhalter

# 1.2 Rohrleitungen

## 1.2.4 Stützkonstruktionen

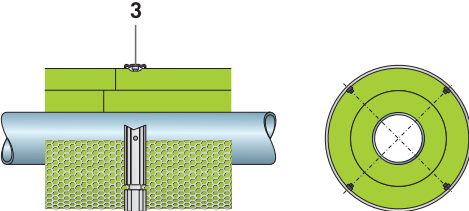
### Montage des Rockwool SKR Systems

#### Aufbringen des Dämmstoffes



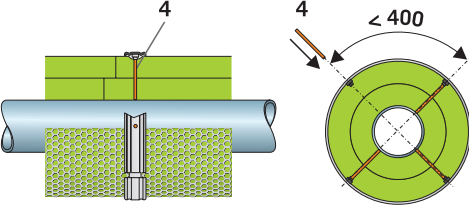
1 Rohrleitung - 2 Rockwool RTD-2

#### Platzieren der Tragringe



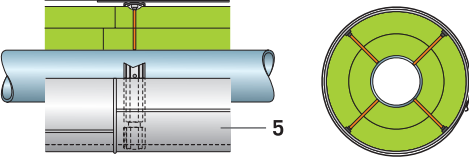
3 Tragring

#### Einführen der Abstandhalter



4 Abstandhalter

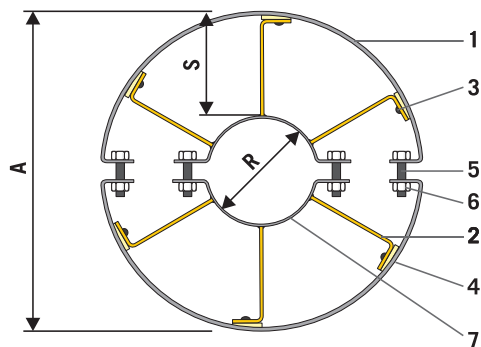
#### Montage der Blechummantelung



5 Blechummantelung

## 1.2.5 Tragkonstruktionen

Tragkonstruktionen haben die Aufgabe, die Eigenlast des Dämmsystems und die auf das Dämmsystem einwirkenden Kräfte auf das Objekt zu übertragen. Erforderlich werden sie bei senkrechten Rohrleitungen. Bei der Dimensionierung müssen neben den statischen und dynamischen Kräften auch temperaturbedingte Längenänderungen der Rohrleitungen und der Tragkonstruktionen berücksichtigt werden. Tragkonstruktionen werden an Halterungen, die zuvor an die Rohrleitung geschweißt wurden, befestigt oder über Klemmwirkung mit so genannten Doppelspannringen direkt an der Rohrleitung angebracht (siehe Bild 3). Bei Temperaturen über 350 °C müssen die Tragkonstruktionen aus warmfesten Stählen hergestellt werden.



1. Stützring - 2. Steg - 3. Niet- oder Schraubverbindung - 4. thermische Entkopplung - 5. Spannschraube - 6. Mutter - 7. innerer Spannring

Für eine erste Dimensionierungshilfe dient die unten aufgeführte Tabelle, die das Gewicht des Dämmsystems in Abhängigkeit von Rohrnenweite und Dämmdicke angibt. Es wurde ein Dämmstoff mit 100 kg/m<sup>3</sup> Rohdichte inklusiv Stützkonstruktion und 1,0 mm starken verzinktem Blech (11 kg/m<sup>2</sup>) berücksichtigt.

Rohr			Dämmdicke in mm								
DN	Außenϕ		30	40	50	60	70	80	100	120	140
15	21,3	kg/m	4	5	6	8	9	11	15	19	24
25	33,7	kg/m	4	5	7	8	10	12	15	20	25
50	60,3	kg/m	5	7	8	10	11	13	17	22	27
65	76,1	kg/m	6	7	9	10	12	14	18	23	28
80	88,9	kg/m	7	8	10	11	13	15	19	24	29
100	114,3	kg/m	8	9	11	12	14	16	21	26	31
200	219,1	kg/m	12	14	16	18	20	23	28	33	39
300	323,9	kg/m	17	19	21	24	26	29	35	41	47
500	508,0	kg/m	25	28	31	34	37	40	47	54	62
700	711,0	kg/m	34	37	41	44	48	52	60	69	78
ebene Fläche		kg/m	15	16	17	18	19	20	22	24	26

## 1.2 Rohrleitungen

### 1.2.6 Ummantelungen

Um die Dämmung vor mechanischen Einflüssen und/oder Witterungs- bzw. Umwelteinflüssen zu schützen, sollte diese mit einer geeigneten Ummantelung versehen werden. Die Auswahl einer geeigneten Ummantelung hängt daher von verschiedenen Faktoren wie z. B. Verkehrslasten, Trittfestigkeit, Wind- und Schneelasten, Umgebungstemperaturen und -bedingungen ab.

#### Hinweis

Ein trittfestes Dämmsystem darf sich beim Begehen durch eine 100 kg schwere Person – einschließlich mitgeführten Werkzeuges – nicht bleibend verformen. Für die Aufnahme von zusätzlichen Lasten, wie z. B. das Absetzen von schweren Armaturen, ist eine trittfeste Dämmung nicht ausgelegt. Eine trittfeste Dämmung ist im Sinne der Sicherheitsvorschriften **nicht begehbar!**

- Die Oberflächentemperatur der Ummantelung wird vom Materialtyp beeinflusst. Im Allgemeinen gilt die Regel: je glänzender eine Oberfläche ist, desto höher die Oberflächentemperatur.
- Um das Risiko der Kontaktkorrosion auszuschließen, sollten nur Metallpaarungen gewählt werden, die auf Grund ihrer elektrochemischen Potenziale nicht hierzu neigen (siehe auch Seite 17 in Abschnitt 1.1).
- Zur Schalldämmung wird ein Entdröhnungsmaterial (Bitumen, Bleischicht, Mylar-Folie) auf die Dämmung oder innerhalb der Ummantelung aufgebracht. Um das Brandrisiko zu senken, sollten die Oberflächentemperaturen der Ummantelung auf die maximale Betriebstemperatur des Entdröhnungsmaterials beschränkt werden.

Bei der Auswahl der geeigneten Ummantelungen sind folgende Punkte zu beachten:

- Aufgrund seiner mechanischen Festigkeit, Feuerbeständigkeit und geringen Oberflächentemperatur (im Vergleich zur Aluminiumummantelung) wird in Gebäuden in der Regel verzinkter Stahl verwendet.
- Im Freien wird für gewöhnlich Aluminium verwendet, weil es einfach zu montieren und kostengünstiger als rostfreier Stahl ist sowie bei den üblichen Witterungsbedingungen nicht zur Korrosion neigt.
- In korrosiven Umgebungen wird aluminierter Stahl, Edelstahl oder glasfaserverstärkter Polyester (GRP: z. B. Rocktight) als Ummantelung verwendet. In Umgebungen mit Brandrisiko ist es ratsam, Edelstahl zu verwenden.

Ummantelungsmaterial	Brandgefährdete Bereiche	Korrosives Milieu	Max. Oberflächentemperatur		
			< 50°C	< 60°C	>60°C
Aluminiumblech	-	-			●
Stahlblech Alu-Zn beschichtet	-	-			●
Verzinktes Stahlblech	●	-			●
Nichtrostendes, austenitisches Stahlblech	●	●			●
Aluminiertes Stahlblech	●	●			●
Lackiertes oder Kunststoffbeschichtetes Stahl- oder Aluminiumblech	-	-		●	
GRP	-	●			90°C
Mastics	-	-			80°C
Tapes	-	-	●		

Die Dicke des Metallblechs richtet sich generell nach dem Durchmesser der Rohrleitung und nach der Art des Metalls. Bei speziellen Akustikanforderungen wird

im Allgemeinen eine größere Dicke ( $\geq 1$  mm) verwendet.

#### Empfohlene Blechdicke und Überlappungen bei Ummantelungen aus nichtprofilierten Blechen (nach DIN 4140)

Alle Maße in mm	Ummantelung Mindestnenndicke <sup>a</sup>			Überlappung	
	Stahl beschichtet mit - Zink (Zn) - Aluminium (Al) - Al-Zn - Kunststoff	Stahl nichtrostend austenitisch nach E DIN EN 10028-7 und DIN EN 10088-3	Aluminium	Längsnaht	Rundnaht
bis 400	0,5	0,5	0,6	30	50
400 bis 800	0,6	0,5	0,8	40	
800 bis 1200	0,7	0,6	0,8	50	
1200 bis 2000	0,8	0,6	1,0		
2000 bis 6000	1,0	0,8	1,0		
> 6000	1,0	0,8	1,2		

- a. In Absprache mit dem Auftraggeber sind geringere Blechdicken möglich.  
b. Bei Rohrleitungen entfällt die Rundnahtüberlappung, wenn die Rundnähte durch Sicke und Gegensicke verbunden werden.  
c. Bei großflächigen Ummantelungen und hohen Windbelastungen können statische Nachweise erforderlich werden. In diesem Fall sind bauaufsichtlich zugelassene Verbindungsmittel zu benutzen. Für die Lastannahmen gilt DIN 1055-4.



## 1.2 Rohrleitungen

### 1.2.6 Ummantelungen

Die nach CINI Standart empfohlenen Blechdicken weichen zum Teil von den in DIN 4140 genannten Blechdicken ab. Im Abschnitt sind die Blechdicken nach CINI Standart aufgeführt.

Zur Reduzierung des Risikos der galvanischen Korrosion ist es besonders wichtig, die richtigen Schrauben, Bänder etc. zu verwenden. Weitere Informationen zu diesem Punkt sind der Tabelle auf Seite 17 zu entnehmen. Grundlegende Richtlinien sind:

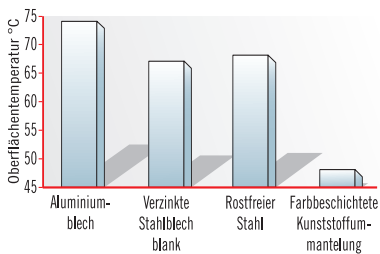
- Blechummantelungen sind an den Längsnähten mit mindestens sechs Blechschrauben oder Blindnieten je Meter zu verbinden.
- Die Schrauben oder Blindniete sollten gleiche Abstände voneinander haben. Wird zweireihig verschraubt oder vernietet, sind die Schrauben oder Niete zu versetzen.
- Statt mit Schrauben oder Nieten kann die Ummantelung auch mit korrosionsbeständigen Bändern gehalten werden.
- Es dürfen keine Aluminumschrauben verwendet werden

#### **Einfluss der Ummantelung auf die Oberflächentemperatur**

Neben der Dämmdicke, der Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes und den Umgebungsbedingungen (z. B. Temperatur und Wind) wird die Oberflächentemperatur einer Dämmung durch den Emissionsgrad der Ummantelung beeinflusst. Als Faustregel gilt für eine Wärmedämmung, je glänzender eine Oberfläche ist (niedriger Emissionsgrad), umso höher ist die Oberflächentemperatur. Nachstehendes Beispiel zeigt die unterschiedlichen ummantelungsabhängigen Oberflächentemperaturen auf:

#### **Beispiel:**

- Durchmesser: DN 100 (114mm)
- Mediumtemperatur: 500 °C
- Einsatzort: Innenraum (Windgeschwindigkeit 0,5 m/s)
- Dämmung: Rockwool RTD-2, Drahtnetzmatte, Dicke: 100 mm
- Unterschiedliche Ummantelungsmaterialien
  - o Aluminiumblech
  - o Verzinktes Stahlblech, blank
  - o Rostfreier Stahl
  - o Farbbeschichtete Kunststoffummantelung



#### **Ummantelungen im korrosiven Milieu**

Für die Funktionalität einer technischen Isolierung ist es wichtig, dass diese vor Witterungseinflüssen geschützt und ein Eindringen von Feuchtigkeit in den Dämmstoff verhindert wird. Feuchtigkeit im Dämmsystem erhöht die Wärmeleitfähigkeit, reduziert dadurch die Effektivität des Wärmeschutzes und stellt zusätzlich ein hohes Korrosionsrisiko für das Bauteil dar. In bestimmten Anwendungsgebieten werden vom Ummantelungssystem außerdem eine chemische Resistenz sowie die Reinigungsmöglichkeit mit z. B. Dampfstrahlern erwartet. Neben dem Dämmstoff und der Ausführung spielt daher die Wahl eines geeigneten Ummantelungssystems eine wichtige Rolle, weil es die Basis für eine hohe Lebensdauer, niedrige Wartungskosten und geringen Wärmeverlust einer technischen Isolierung bildet.

Rockwool Technical Insulation hat deshalb ein innovatives Ummantelungssystem für die Technische Isolierung entwickelt: **Rocktight**

**Rocktight: für einen dauerhaften Isolationsschutz**

Rockwool Rocktight ist eine glasfaserverstärkte Polyesterplatte, die unter dem Einfluss von ultraviolettem (UV-) Licht aushärtet. Das Material enthält Harze, Glasfasern und spezielle Füllmittel und ist zunächst durch beidseitig aufgebrachte Folien vor UV-Strahlen geschützt.

Unverarbeitet ist es weich und flexibel. In diesem Zustand kann Rocktight in jede Form geschnitten und einfach auf die Dämmung aufgebracht werden. Der Polyester härtet danach unter dem Einfluss von ultraviolettem (UV-) Licht aus. Nach der Aushärtung ist Rocktight wasserdicht und bildet einen mechanischen Schutz für die Dämmung.

Die Vorteile:

- **Lange Lebensdauer**  
Mit Rocktight erhält man eine geschlossene, wasserdichte Ummantelung für Rockwool Dämmungen. Das minimiert Schäden durch Witterungseinflüsse oder allgemeinen Verschleiß. Rocktight ist resistent gegen viele chemische Stoffe und bildet einen mechanischen Schutz für die Dämmung.
- **Einfach zu reinigen**  
Dämmsysteme, die mit Rocktight ummantelt sind, können mit Dampfstrahlern gereinigt werden, ohne dass schädliches Wasser in die Dämmung eintritt.
- **Niedrige Startkosten**  
Der Zuschnitt und die Verarbeitung finden direkt vor Ort statt. Aufwendige Vorfertigungen wie z. B. bei Blechummantelungen entfallen damit.
- **Flexible Anwendungen**  
Rocktight kann bei Kälte- und Wärmedämmung unter- und oberirdischer Leitungen sowie bei Offshore-Anlagen verwendet werden.

Die hohe Flexibilität erlaubt auch den Einsatz an

komplizierten geformten Objekten.

Rockwool Rocktight zeichnet sich durch seine einfache Verarbeitungsweise aus. Der Zuschnitt erfolgt mit einem Messer direkt vor Ort. Auf Grund der hohen Flexibilität der unausgehärteten Rocktight Matte lässt sie sich auch leicht an komplizierte geometrische Formen wie z. B. Rohrbögen, T-Stücke oder Armaturen anpassen.

Die Rockwool Rocktight Matte ist beidseitig mit einer Abdeckfolie versehen und wird aufgerollt in einer Kartonverpackung geliefert. Zusätzlich ist die Rolle in einer schwarzen UV-Dichten Folie eingeschlagen. Die Unterseite (dem Objekt zugewandte Seite) ist mit einer dunkelfarbenen Folie abgedeckt und hat eine rauere selbstklebende Oberfläche. Die glatte Oberfläche der Außenseite ist mit einer weißen Folie abgedeckt. Nach jedem Arbeitsgang sollte die angefangene Rolle wieder in den geschlossenen Karton gepackt werden, damit die Gefahr der Aushärtung durch einfallendes Tages- oder UV-Licht minimiert wird.

Rocktight erfordert eine trockene, saubere (belüftete) Arbeitsumgebung. Für Anwendungen im Freien sollten ggf. Zelte aufgebaut werden, um die unausgehärtete Rocktight Matte vor UV-Licht zu schützen.

- **Hohe Temperaturen:** Rockwool Rocktight kann bis zu einer Temperatur von 90 °C verwendet werden. Bei höheren Temperaturen sollte eine Endkappe zur Senkung der Temperatur verwendet werden.
- **Chemische Beständigkeit:** Rockwool Rocktight ist resistent gegen ein Vielzahl von Chemikalien.
- **Dehnungsfugen:** Um diverse Dehnungen des Rocktight Materials und der Stahlrohre aufnehmen zu können, sollten Dehnungsfugen vorgesehen werden.

## 1.2 Rohrleitungen

### 1.2.6 Ummantelungen

Rocktight Ummantelungen an gedämmten Rohrleitungen

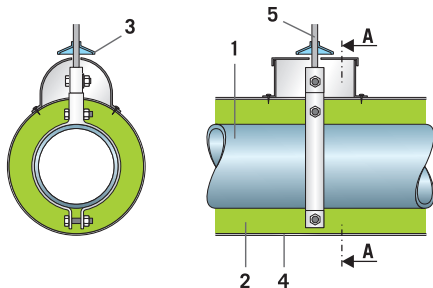


## 1.2.7 Rohrleitungsaufhängungen und Rohrleitungsaufleger

Für Rohrleitungsaufhängungen und Rohrleitungsaufleger gibt es eine Vielzahl von Lösungen. Im Weiteren werden folgende Befestigungsmöglichkeiten in Verbindung mit Dämmungen aufgezeigt:

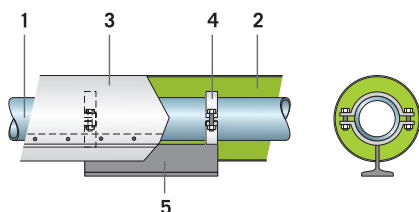
- Rohraufhängungen mit direktem Kontakt zur Rohrleitung
- Rohrloslager mit direktem Kontakt zur Rohrleitung
- Rohrloslager ohne direkten Kontakt zur Rohrleitung (üblich bei Kältedämmungen)

### Rohraufhängungen mit direktem Kontakt zur Rohrleitung



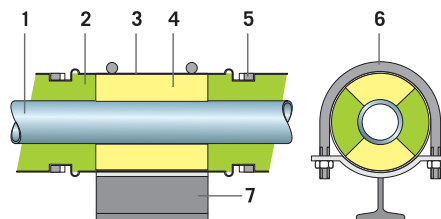
1. Rohrleitung - 2. Dämmstoff - 3. Dichtkragen -  
4. Blechummantelung - 5. Rohraufhängung

### Rohrloslager mit direktem Kontakt zur Rohrleitung



1. Rohrleitung - 2. Dämmstoff - 3. Blechummantelung -  
4. Rohrloslager

### Rohrloslager ohne direktem Kontakt zur Rohrleitung



1. Rohrleitung - 2. Dämmstoff - 3. Druckfester Dämmstoff  
- 4. Rohrloslager

Grundsätzlich gilt bei allen Rohrbefestigungen, dass das Dämmsystem (Dämmung und Ummantelung) nicht durch Dehnungen der Rohrleitung beschädigt werden darf. Insbesondere eine Beschädigung der Ummantelung bei Anlagen im Freien kann einen Feuchtigkeitseintritt zur Folge haben, der das Dämmsystem nachhaltig schädigt. Hohe Wärmeverluste, ggf. gefährlich hohe Oberflächentemperaturen sowie Korrosion an den Rohrleitungen können die Folge sein.

## 1.2.8 Dämmung von Armaturen und Flanschen

Die Wärmeverluste an ungedämmten Einbauten wie Armaturen und Flanschen ist selbst bei geringen Temperaturen erheblich. Angaben über Wärmeverluste von ungedämmten Armaturen und Flanschen können der Tabelle A14 der VDI 2055 entnommen werden. Danach verursacht z. B. eine ungedämmte Armatur DN 100 bei 100 °C in einem Gebäude ungefähr genau so hohe Wärmeverluste wie ca. 20 m dieser Rohrleitung. Außerdem kann an ungedämmten Armaturen oder Flanschen die Mediumtemperatur soweit absinken, dass prozesskritische Temperaturen erreicht werden, bei denen z. B. eine Kristallisation im Medium auftritt. Flansche und Armaturen sollten daher nach Möglich-

## 1.2 Rohrleitungen

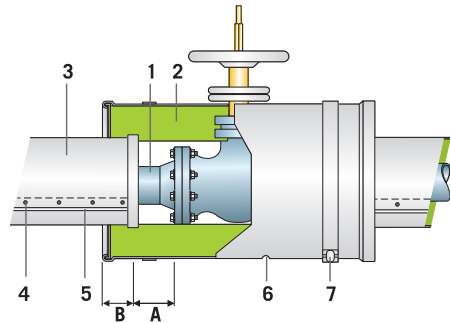
### 1.2.8 Dämmung von Armaturen und Flanschen

keit in der gleichen Dämmdicke wie die Rohrleitung gedämmt werden.

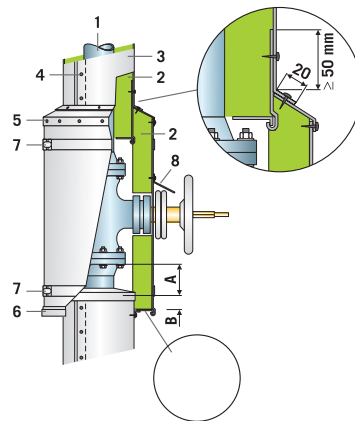
Üblicherweise werden Dämmungen von Einbauten mit Kappen- bzw. Haubendämmungen ausgeführt, da diese eine schnelle Demontage z. B. im Wartungsfalle erlauben. Kappen oder Hauben werden in der Regel von innen mit Drahtnetzmatte gedämmt. Die Kappen werden mit Hebelverschlüssen, die direkt an der Kappe oder an Spannbändern montiert sind, am Objekt befestigt. Folgende Randbedingungen sind bei der Ausführung von Kappendämmungen von Armaturen und Flanschen zu beachten:

- Die Überlappung der Kappendämmung über die isolierte Rohrleitung sollte mindestens 50 mm betragen.
- Die Rohrdämmung soll an den Flanschen mit einem Abstand von "Schraubenlänge + 30 mm" enden und nach Möglichkeit mit einer Stirnscheibe geschlossen werden, um ein Lösen der Flansche ohne Beschädigung der Dämmung zu ermöglichen.
- Bei Ventilen wird vorzugsweise eine verlängerte Spindel angebracht, die horizontal ausgerichtet oder unter dem Rohr montiert ist, um den Wassereintritt entlang des Spindelschafts zu verhindern.
- Die Ummantelung ist so anzubringen, dass keine Feuchtigkeit eindringen kann. Hierzu können z. B. an geneigten oder senkrechten Leitungen oberhalb der Kappen Regenabweiser angebracht werden. Ist ein Feuchtigkeitseintritt nicht vermeidbar, sind Abflusslöcher in der Kappe mit einem Durchmesser von 10 mm vorzusehen.

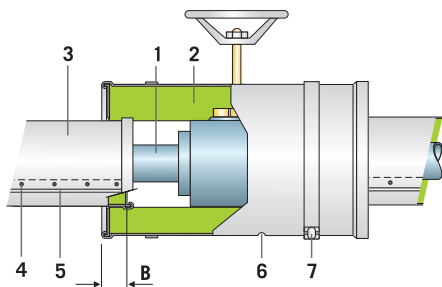
Nachfolgend sind einige mögliche Ausführungsvarianten für Armatur- und Flanschdämmungen aufgeführt:



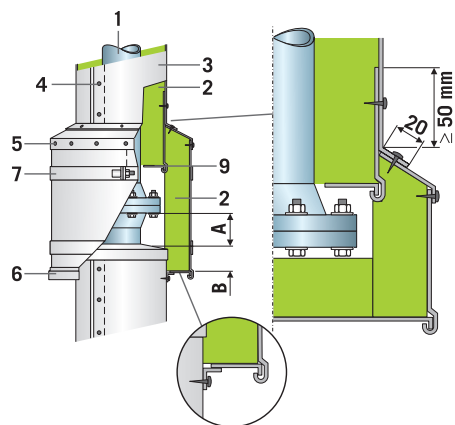
1. Rohrleitung - 2. Dämmstoff - 3. Blechummantelung -
4. Blechschraube oder Niete - 5. Sicke - 6. Abflussöffnung -
7. Spannband -  $B \geq 50 \text{ mm}$  -  $A = \text{Schraubenlänge} + 30 \text{ mm}$



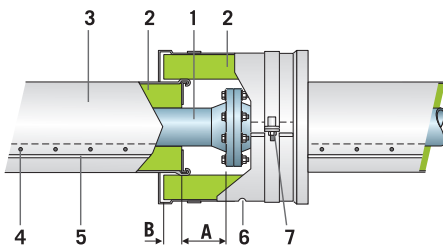
1. Rohrleitung - 2. Dämmstoff - 3. Blechummantelung -
4. Blechschraube oder Niete - 5. Regenabweiser -
6. Stirnscheibe - 7. Spannbänder - 8. Regenabweiser -
- $B \geq 50 \text{ mm}$  -  $A = \text{Schraubenlänge} + 30 \text{ mm}$



1. Rohrleitung - 2. Dämmstoff - 3. Blech - 4. Blechschraube oder Niete - 5. Sicke - 6. Abflussöffnung - 7. Spannbänder -  $B \geq 50$  mm



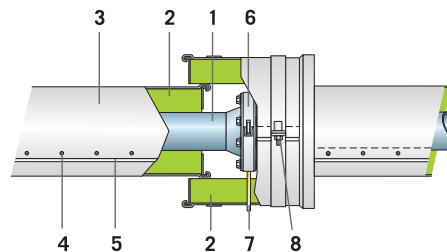
1. Rohrleitung - 2. Dämmstoff - 3. Blech - 4. Blechschraube oder Niete - 5. Regenabweiser - 6. Stirnscheibe - 7. Spannbänder -  $B \geq 50$  mm -  $A =$  Schraubenlänge + 30 mm



1. Rohrleitung - 2. Dämmstoff - 3. Blech - 4. Blechschraube oder Niete - 5. Sicke - 6. Abflussöffnung -  $B \geq 50$  mm -  $A =$  Schraubenlänge + 30 mm

### Leckagen

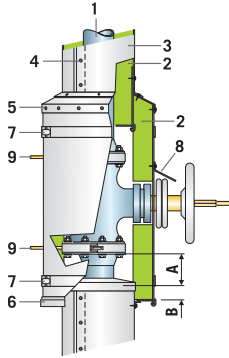
Bei Rohrleitungen, deren flüssiger Inhalt im Fall einer Leckage die Dämmung oder das Beschichtungssystem beschädigen kann, ist es ratsam, Flanschbänder mit einem Leckortungsniessel um die Flansche herum anzubringen. Ebenso können Flanschbänder das Eindringen brennbarer Produkte in das Dämmmaterial und somit die Entstehung einer Brandsituation verhindern.



1. Rohrleitung - 2. Dämmstoff - 3. Blech - 4. Blechschraube oder Niete - 5. Sicke - 6. Flanschbänder - 7. Leckortungsniessel - 8. Spannbänder

## 1.2 Rohrleitungen

### 1.2.8 Dämmung von Armaturen und Flanschen



1. Rohrleitung - 2. Dämmstoff - 3. Blech - 4. Blechschraube oder Niete - 5. Stirnscheibe - 6. Stirnscheibe - 7. Spannbänder - 8. Regenabweiser - 9. Leckortungsrippel - B  $\geq$  50 mm - A = Schraubenlänge + 30 mm

### 1.2.9 Dämmung von Rohrbögen und T-Stücken

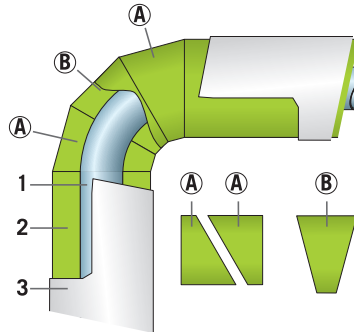
Aufgrund von Rohrdehnungen oder Vibrationen ist die Dämmung (Ummantelung) an Bögen und T-Stücken oftmals anfällig für Schäden. Speziell im Freien besteht daher die Gefahr des Feuchtigkeitseintritts über beschädigte Sickenverbindungen in der Ummantelung.

Prinzipiell ist es empfehlenswert für die Dämmung der Formteile den gleichen Dämmstoff in gleicher Dämmdicke wie bei der Rohrleitung zu verwenden. Bei Rohrbögen bis zu einem Rohrdurchmesser bis 194 mm werden auch vorgefertigte Rohrbogen-Dämmformteile angeboten.

#### Dämmen von Rohrbögen mit Rohrschalen

Bei der Dämmung von Rohrbögen mit Rohrschalen werden diese zu Segmenten geschnitten und mit nach unten gerichteter Längsfuge eng anliegend auf dem Rohrbogen aufgebracht. Die Winkelaufteilung der Segmente richtet sich nach dem Radius des Rohrbogens. Die Rohrschalensegmente werden mit Spannbändern

oder mit Bindendraht auf dem Rohrbogen befestigt. Fugen zwischen den einzelnen Segmenten werden mit loser Steinwolle stramm verstopft.



1. Rohrleitung - 2. Dämmstoff - 3. Blechummantelung - 4. Segmentierte Rohrschalen

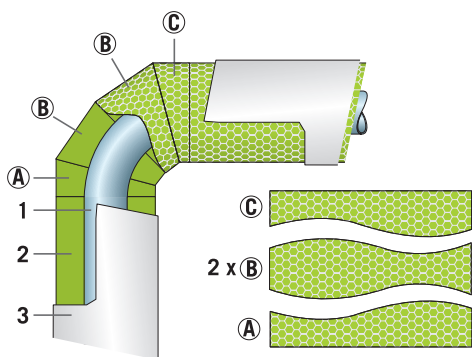
#### Dämmen von Rohrbögen mit Dämmmatten

Ist die Rohrleitung mit Drahtnetzmatte oder druckfesten Lamellenmatten gedämmt, werden im Allgemeinen die Formteile wie Rohrbögen oder T-Stücke mit denselben Matten gedämmt. Der Zuschnitt der Matten erfolgt dann in so genannten Bogensegmenten, die die Form von „Fischen“ haben. Diese werden auf dem Rohrbogen fugendicht aufgebracht. Bei Drahtnetzmatte werden alle Stöße (Rund- und Längsstöße) mit Bindendraht oder Mattenhaken dicht vernäht. Stützkonstruktionen werden mindestens am Anfang und am Ende des Bogens erforderlich (weitere Details siehe Seite 30).

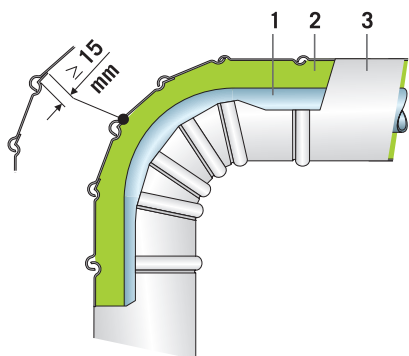
Druckfeste Lamellenmatten werden mit Metall- oder Kunststoffbändern auf dem Rohrbogen fixiert.

Auftretende Spalte zwischen den einzelnen Segmenten werden mit loser Steinwolle stramm verstopft. Die Stoßkanten werden mit selbstklebendem Aluminiumklebeband fixiert.

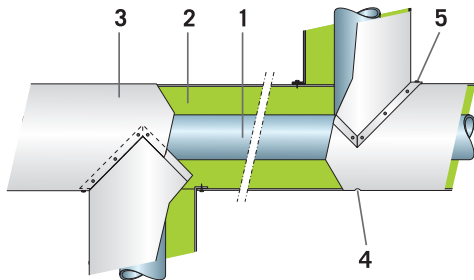
In den unten aufgeführten Zeichnungen sind Details der Blechausführung an Formteilen dargestellt.



1. Rohrleitung - 2. Dämmstoff - 3. Blechummantelung -  
A bis C: Bogensegmente aus Matten



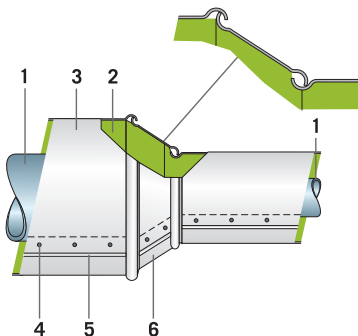
1. Rohrleitung - 2. Dämmstoff - 3. Blechummantelung



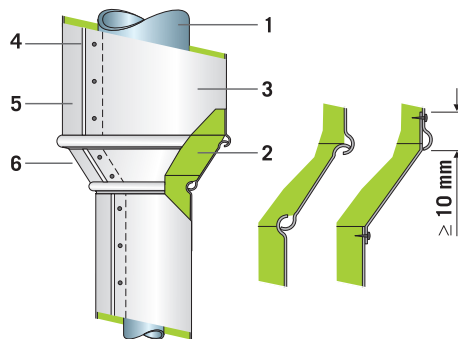
1. Rohrleitung - 2. Dämmstoff - 3. Blechummantelung -  
4. Abflussöffnung - 5. Schweiß mit Kittmasse

## 1.2.10 Reduzierstücke

Bei weit verzweigten Rohrleitungen mit vielen Abgängen kommt es zu einer Reduzierung der Rohrdurchmesser. Nachfolgend einige Beispiele für die Ausführung von Reduzierstücken:



1. Rohrleitung - 2. Dämmstoff - 3. Blechummantelung -  
4. Blechschraube oder Niete - 5. Sicke



1. Rohrleitung - 2. Dämmstoff - 3. Blechummantelung -  
4. Blechschraube oder Niete - 5. Sicke



## 1.2 Rohrleitungen

### 1.2.11 Dehnungsfugen

Zwischen der Rohrleitung und der Ummantelung können bei Wärmedämmungen große Temperaturunterschiede herrschen. Die Materialien der Rohrleitungen und des Dämmsystems weisen außerdem unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten auf. Dies führt zu unterschiedlichen thermischen Längenänderungen der verschiedenen Komponenten im Dämmsystem, denen durch konstruktive Maßnahmen Rechnung getragen werden muss. Die Längenänderung  $\Delta l$  lässt sich wie folgt ermitteln:

$$\Delta l = l \cdot \Delta t \cdot \alpha$$

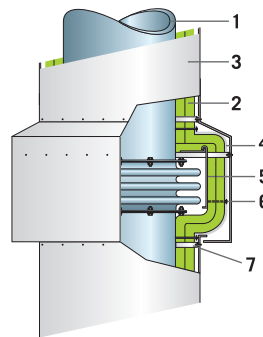
Hierin sind  $l$  die Länge der Rohrleitung,  $\Delta t$  die Temperaturdifferenz zwischen der kalten und der warmen Rohrleitung (bzw. Ummantelung) und  $\alpha$  der lineare Wärmeausdehnungskoeffizient (siehe Tabellen in Kapitel 4).

Beispiel für die thermische Längenänderung von Stahl

$\Delta l(\text{mm})/\text{m}$	$\Delta t$
0,55	50
1,10	100
1,65	150
2,20	200

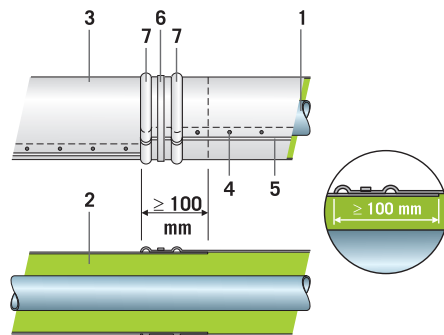
Werden in Rohrleitungen Wellrohrkompensatoren zum thermischen Längenausgleich eingebaut, muss das Dämmsystem so ausgeführt werden, dass kein Dämmstoff zwischen die Wellen gelangt und ggf. die kompensierende Wirkung beeinträchtigt. Der Kompensator wird daher, wie in der unten aufgeführten Zeichnung dargestellt, mit einem Blech abgedeckt, welches dann gedämmt wird. Bei

Temperaturen über 300 °C darf wegen der Gefahr von interkristalliner Rissbildung kein verzinktes Blech verwendet werden.



1. Rohrleitung - 2. Dämmstoff (z. B. Drahtnetzmatte RTD-2)
3. Ummantelung - 4. Aluminiumfolie - 5. Abdeckblech -
6. Mattenstift mit Clip - 7. Stützkonstruktion

Um thermische Längenänderungen der Blechummantelung auszugleichen, können die unten dargestellten Dehnungsfugen eingebaut werden.



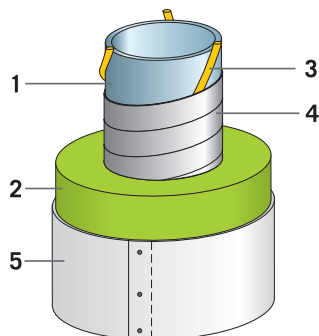
1. Rohrleitung - 2. Dämmstoff - 3. Blechummantelung -
4. Blechschraube oder Niete - 5. Sicke - 6. Metallspannband -
7. Rundsicke

## 1.2.12 Rohrbegleitheizungen

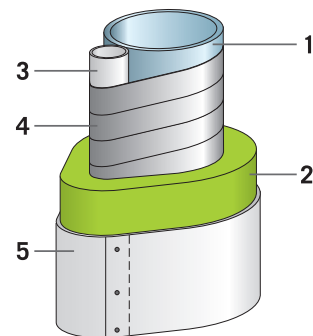
Besonders bei Rohrleitungen, in denen Medien über lange Strecken transportiert werden, kann der Einsatz von Rohrbegleitheizungen erforderlich werden. Die Aufgaben einer Rohrbegleitheizung können dabei sehr vielfältig sein. Sie soll z. B. verhindern, dass die Temperatur des Mediums nicht unter eine kritische Marke absinkt, in der das Medium nicht mehr fließfähig ist oder eine Kristallisation der Flüssigkeit eintritt. Im Winter kann sie bei Stillstand der Anlage ein Einfrieren der Rohrleitung verhindern. Grundsätzlich wird zwischen Beirohr-Beheizungen und elektrischen Begleitheizungen unterschieden. Bei den Beirohr-Beheizungssystemen wird parallel ein Begleitrohr eng neben der Medienrohrleitung geführt. Als Wärmeträger werden die Begleitrohre mit Dampf, Warmwasser oder Thermoölen durchströmt. Die elektrischen Begleitheizungen bestehen aus Kabeln, die auf den Rohren geführt werden und diese beheizen.

Grundsätzlich können Rohre mit Begleitheizungen mit Rohrschalen oder mit Matten gedämmt werden. Es ist jedoch darauf zu achten, dass kein Dämmstoff zwischen die Begleitheizung und die Rohrleitung gerät und so die Wärmeübertragung behindert. Häufig wird deshalb vor dem Aufbringen der Dämmung die Rohrleitung einschließlich der Begleitheizung mit Aluminiumfolie eingewickelt. Bei der Verwendung von Rohrschalen ist ein entsprechend großer Rohrschalennennendurchmesser zu wählen. Bei senkrechter Rohrleitungsführung empfiehlt es sich, das Ende jeder Rohrschale mit loser Steinwolle zu verschließen, um eine Konvektion zu verhindern (Kaminwirkung).

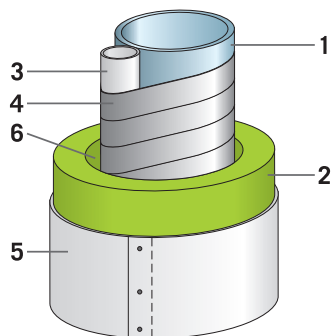
In den unten aufgeführten Darstellungen sind mögliche Ausführungsvarianten aufgeführt.



1. Rohrleitung - 2. Rockwool 880 Rohrschale - 3. Beirohr-Begleitheizung - 4. Aluminiumfolie - 5. Blechummantelung



1. Rohrleitung - 2. Rockwool Duraflex oder Drahtnetzmatte RTD-2 - 3. Beirohr-Begleitheizung - 4. Aluminiumfolie - 5. Blechummantelung



1. Rohrleitung - 2. Rockwool Duraflex oder Drahtnetzmatte RTD-2 - 3. Elektrische Begleitheizung - 4. Aluminiumfolie - 5. Blechummantelung

## 1.2 Rohrleitungen

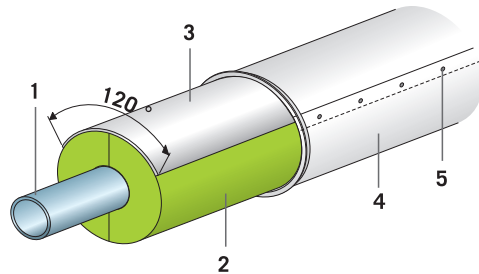
### 1.2.13 Trittfeste Dämmsysteme für Rohrleitungen

Grundsätzlich sollte das Betreten von gedämmten Rohrleitungen vermieden werden, da hierdurch die Dämmung beschädigt werden kann. Dies zeigt sich z. B. bei verbeulten Blechummantelungen und daraus resultierenden Fugen an den Blechsicken. Durch diese Fugen kann Wasser in die Dämmung dringen und das gesamte Dämmsystem nachhaltig schädigen. Erhöhte Wärmeverluste und auftretende Korrosion sind dann häufig die Folge.

Ein trittfestes Dämmsystem darf sich beim Begehen durch eine 100 kg schwere Person – einschließlich mitgeführten Werkzeuges – nicht bleibend verformen. Für die Aufnahme von zusätzlichen Lasten, wie z. B. das Absetzen von schweren Armaturen, ist eine trittfeste Dämmung nicht ausgelegt. Eine trittfeste Dämmung ist im Sinne der Sicherheitsvorschriften **nicht begehbar!**

Bei speziellen Anwendungen wird eine Verstärkung der Ummantelung empfohlen. Dies kann mittels eines Verstärkungsblechs erfolgen.

Trittfeste Dämmsysteme erfordert eine Dämmung mit hoher mechanischer Festigkeit. Daher ist die Anwendung von Rohrschalen oder druckfesten Lamellenmatten zu empfehlen. Von der Verwendung sonstiger nicht druckfester Dämmmaterialien wie z. B. Drahtnetzmaten ist abzuraten, da der Blechmantel nur auf den Stützkonstruktionen aufliegt und bei Begehen zum Verbeulen neigt.



1. Rohrleitung - 2. Rockwool 880 Rohrschale - 3. Lastausgleichsblech - 4. Blechummantelung - 5. Blechschrabe oder Niete

## 1.3 Dämmung von Behältern

Behälter sind wichtige Bestandteile in Anlagen für verfahrenstechnische Prozesse in nahezu allen Industriebereichen. In vielen Produktionsprozessen werden unterschiedliche Stoffe benötigt, die in Behältern lagern und von dort den einzelnen Verfahrensprozessen zugegeben werden. In den Behältern werden vornehmlich flüssige, feste oder gasförmige Stoffe gelagert und bei Bedarf dem eigentlichen Prozess zugegeben.

Es ist häufig wichtig, dass die Stoffe in den Behältern in bestimmten Temperaturengrenzen gelagert werden, da die Stoffe bei zu hohen oder zu niedrigen Temperaturen Schaden nehmen können, aushärten oder nicht mehr fließfähig sind und sich dann nicht mehr pumpen oder fördern lassen. Die Dämmung an Behältern spielt daher für die Funktionalität von verfahrenstechnischen Prozessen eine große Rolle. Darüber hinaus übernimmt sie noch folgende Aufgaben:

- Reduzierung der Wärmeverluste
- Sicherstellung des Berührungsschutzes durch Minimierung der Oberflächentemperatur
- Verminderung der Abkühlung des gelagerten Stoffes, damit dieser z. B. nicht aushärtet und fließfähig bleibt.
- Einfrieren des Behälter verhindern (in der Regel mit zusätzlichen Begleitheizungen)
- Aufheizen des Stoffes, z. B. durch Sonnenstrahlung bei im Freien stehenden Behältern verhindern

Die in den verschiedenen industriellen Prozessen vorhandenen Behälter sind derart vielfältig, dass die folgenden Anwendungsbeispiele nicht die besonderen Verhältnisse des Einzelfalls berücksichtigen können. Es ist daher in jedem Einzelfall zu prüfen, ob die Produkte und die beschriebenen Konstruktionen für die

entsprechende Anwendung geeignet sind. Im Zweifelsfall lassen Sie sich vom RTI-Vertriebsteam beraten.

Des Weiteren sind die maßgeblichen Normen- und Regelwerke zu beachten, von denen hier folgende exemplarisch genannt werden:

- DIN 4140 (Dämmarbeiten an betriebs- und haustechnischen Anlagen)
- AGI Q 05 (Konstruktion von betriebstechnischen Anlagen)
- AGI Q 101 (Dämmarbeiten an Kraftwerkskomponenten)
- CINI-Handbuch: „Dämmung in der Industrie“

### Hinweis

Vor Beginn der Dämmarbeiten sollten die in Kapitel 1.1 beschriebenen vorbereitenden Arbeiten am Objekt abgeschlossen sein.

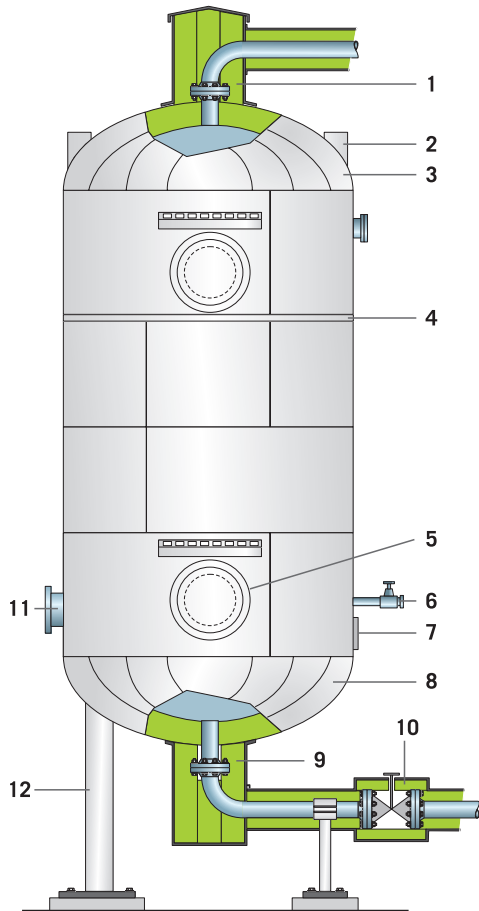
### Dämmsysteme für Behälter

Ein Dämmsystem für Behälter setzt sich im Allgemeinen aus folgenden Komponenten zusammen:

- Dämmstoff
- Trag- und Stützkonstruktion
- Ggf. einer Dampfbremse bei Kälte-dämmungen
- Ummantelung

## 1.3 Dämmung von Behältern

### Dämmsysteme für Behälter



1. Behältereinlauf - 2. Kranhaken zum Behältertransport -
3. Behälterkopf - 4. Dehnungsfuge - 5. Mannloch -
6. Entnahmestelle (z. B. für Proben) - 7. Kennzeichnungsschild - 8. Behälterboden - 9. Behälterauslauf -
10. Armaturendämmung - 11. Flansch - 12. Behälterfuß

### Auswahl und Ausführung der Dämmung

Die Auswahl des geeigneten Dämmstoffes richtet sich unter anderem nach der Betriebsweise, der Anlagentemperatur, der Abmessung und dem Standort des Behälters.

In erster Linie werden Dämmplatten wie z. B. die Rockwool RTP-W oder druckfeste Lamellenmatten wie z. B. die Rockwool Duraflex für die Dämmung von Behältern verwendet.

Da Behälter häufig im Freien stehen ist es wichtig, einen Dämmstoff mit einer niedrigen Wärmeleitfähigkeit und gut Wasser abweisenden Eigenschaften auszuwählen. Die Befestigung der Dämmstoffe an zylindrischen Behältern erfolgt im Allgemeinen mit Stahlspannbändern. Diese sollten aus Edelstahl (1.4319 bzw. 1.4301) bestehen und durch Flügel- oder Quetschverschluss (Zykloverschluss) verschlossen werden. Die in der Tabelle auf den nächsten Seite angegebenen Bandabmessungen und Bandabstände für zylindrische Objekte haben sich in vielen Projekten bewährt.

Dämmungsaußendurchmesser	Innere Dämmschicht Bandabmessung	Äußere oder einlage Dämmschicht Bandabmessung	Abstand der Bänder
200 bis 1800 mm	13 x 0,5 mm	16 x 0,5 mm	250 mm
> 1800 mm	16 x 0,5 mm	19 x 0,5 mm	250 mm

Bei der großen Anwendungsvielfalt können diese Werte nur als Anhaltswerte dienen. Es ist in jedem Anwendungsfall zu überprüfen ob, ggf. andere Bandabmessungen und -abstände erforderlich werden.

Bei mehrlagigem Dämmschichtaufbau sind die einzelnen Dämmschichtlagen fugenversetzt aufzubringen.

Bei Behältern mit ebenen Wänden werden zur Dämmung im Allgemeinen die Dämmplatte RTP-W oder die Drahtnetzmatte RTD-2 verwendet. Die Befestigung erfolgt dann mit Schweißstiften und Federplättchen.

An ebenen Flächen sind die Drahtnetzmatte mit mindestens sechs Stiften je m<sup>2</sup>, an Unterseiten mit mindestens zehn Stiften je m<sup>2</sup> zu befestigen.

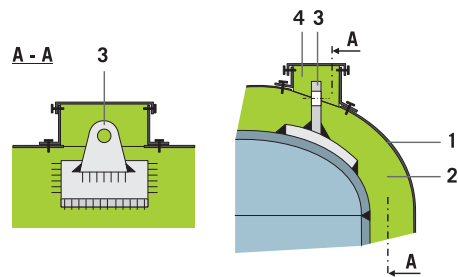
Für die Bestiftung ist dabei Folgendes zu beachten:

- Bis zu Dämmdicken  $\leq 120$  mm sind Stifte mit einem Mindestdurchmesser von 4 mm zu verwenden.
- Bei Dämmdicken zwischen 130 und 230 mm sind Stifte mit einem Mindestdurchmesser von 5 mm zu verwenden.
- Der Mindestdurchmesser der Stifte bei Dämmdicken  $\geq 240$  mm beträgt 6 mm.
- Liegt die Ummantelung ohne Luftspalt direkt auf dem Dämmstoff auf, müssen die Stifte 10 mm kürzer sein als die Dämmstoffdicke.
- Jede Dämmstofflage wird mit Clipsen befestigt.

Alle Längs- und Querstöße bei Drahtnetzmatte werden vernäht, verrödtelt oder mit sechs Mattenhaltern pro Meter verbunden. Bei mehrlagiger Verlegung sind Fugen zu versetzen.

Im Weiteren sind einige typische Ausführungsdetails von Behälterdämmungen aufgeführt.

#### Dämmung eines Kranhakens

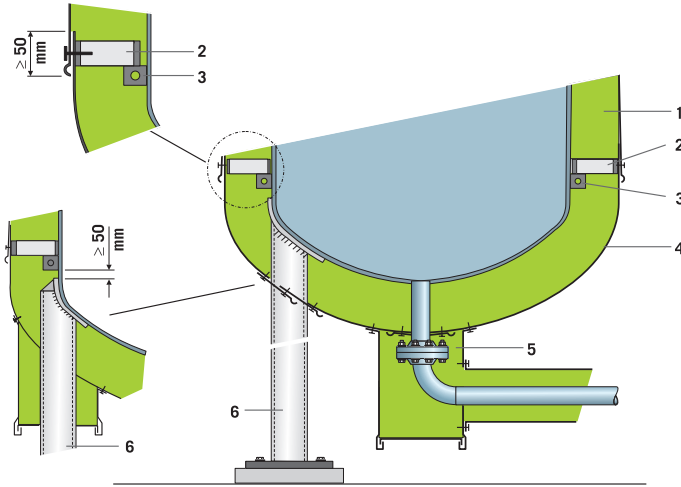


1. Ummantelung - 2. Dämmstoff - 3. Kranhaken -
4. Kappendämmung für den Kranhaken

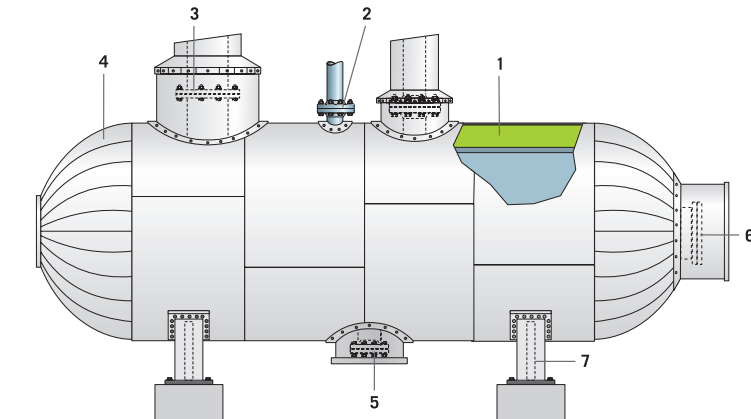
# 1.3 Dämmung von Behältern

## Auswahl und Ausführung der Dämmung

### Dämmung eines Behälterbodens

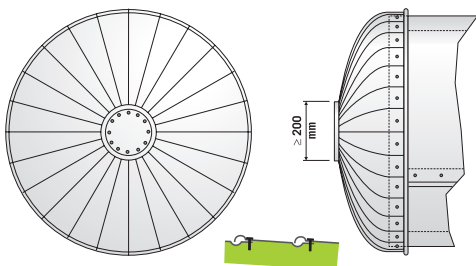


- 1. Dämmung z. B. Rockwool Duraflex - 2. Tragkonstruktion -
- 3. Halterung - 4. Zepelinkopf - 5. Behälterauslass -
- 6. Behälterfuß

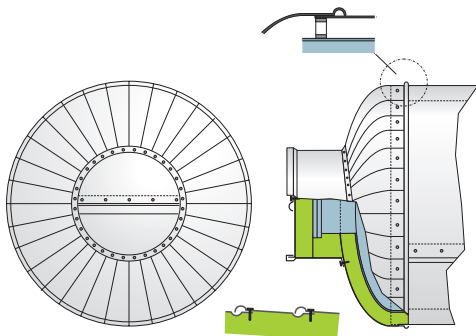


- 1. Dämmung Rockwool Duraflex - 2. Flanschanschluss für Sicherheitsventil - 3. Behälter Füllstutzen - 4. Zepelinkopf -
- 5. Behälterentleerung - 6. Zepelinkopf mit Mannloch -
- 7. Behälterfuß

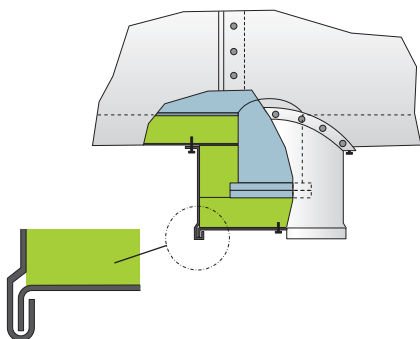
### Dämmung eines Zeppelinkopfes



### Dämmung eines Zeppelinkopfes mit Mannloch



### Dämmung eines Behälterauslasses



### Trag- und Stützkonstruktion

An Behältern wird im Allgemeinen der Einsatz von Trag- und Stützkonstruktionen erforderlich. Die Tragkonstruktionen haben die Aufgabe, die Gewichtskraft des Dämmsystems aufnehmen und über Halterungen auf das zu dämmende Objekt abzutragen. Die Stützkonstruktionen halten die Ummantlung der Dämmung im vorgegebenen Abstand. An vertikalen Behältern übernehmen die Unterkonstruktionen häufig die Funktionen der Trag- und Stützkonstruktion in einem. Ausführungsdetails sind in Kapitel 1.4 aufgeführt.

Die entsprechenden Anforderungen für Trag- und Stützkonstruktionen sind den AGI Q 153 und 154 zu entnehmen.

Vor Beginn der Dämmarbeiten müssen an den Behältern Halterungen angebracht werden, an denen die Tragkonstruktionen befestigt werden. Die Halterungen für Tragkonstruktionen müssen in der Form, Konstruktion und den Abmessungen so gefertigt werden, dass das Anbringen der Dämmung während der Montage möglich ist. Für die Dimensionierung der Halterungen und der Trag- und Stützkonstruktionen sind die Lastannahmen gemäß DIN 1055-4 und DIN 1055-5 zu wählen.

### Ummantelungen

Die Ummantelung von Behältern stellt einen mechanischen Schutz sowie einen Witterungsschutz für den Dämmstoff dar. Der Markt bietet hierfür eine Vielzahl von unterschiedlichen Glattblech und Profilblecharten an. Ein Überblick ist in Abschnitt 3.2 aufgeführt. Glattbleche kommen vorwiegend bei Ummantelungen von kleineren Behältern zum Einsatz. Bei großflächigen Dämmungen können Glattbleche nur geringe statische Belastungen durch Windkräfte aufnehmen. Dadurch wird ein engerer Abstand zwischen den Unterkonstruktionen erforderlich, wodurch sich deren Anzahl und die



## 1.3 Dämmung von Behältern

### Auswahl und Ausführung der Dämmung

damit verbundenen Wärmebrücken erhöhen. An großen Flächen neigen Glattbleche eher als profilierte Bleche zu Knicken oder Beulen, die zu optischen Beeinträchtigungen führen. Zur Verbesserung der Stabilität und der Optik können die Bleche diagonal (bombiert) gekantet werden.

Bei großflächigen Behältern werden bevorzugt Profilbleche eingesetzt. Sie bieten Vorteile in statischer Hinsicht und können Dehnungen senkrecht zur Sickenrichtung aufnehmen. Sie haben allerdings den Nachteil, dass Durchdringungen wie z. B. von Rohrleitungen konstruktiv aufwändiger sind. Profilbleche sind daher nur bei Ummantelungen sinnvoll, die einen geringen Anteil an Durchdringungen haben. Profilblechummantelungen sind so auszuführen, dass anfallendes Regenwasser sicher abgeleitet wird.

### Ummantelungen in feuchten oder korrosiven Milieus

Für die Funktionalität einer technischen Isolierung ist es wichtig, dass diese vor Witterungseinflüssen geschützt und ein Eindringen von Feuchtigkeit in den Dämmstoff verhindert wird. Feuchtigkeit im Dämmsystem erhöht die Wärmeleitfähigkeit, reduziert dadurch die Effektivität des Wärmeschutzes und stellt zusätzlich ein hohes Korrosionsrisiko für das Bauteil dar. In bestimmten Anwendungsgebieten werden vom Ummantelungssystem außerdem eine chemische Resistenz sowie die Reinigungsmöglichkeit mit z. B. Dampfstrahlern erwartet. Neben dem Dämmstoff und der Ausführung spielt daher die Wahl eines geeigneten Ummantelungssystems eine wichtige Rolle, weil es die Basis für eine hohe Lebensdauer, niedrige Wartungskosten und geringen Wärmeverlust einer technischen Isolierung bildet.

Rockwool Technical Insulation hat deshalb ein innovatives Ummantelungssystem für die Technische Isolierung entwickelt: Rocktight.

### Rocktight: für einen dauerhaften Schutz

Rockwool Rocktight ist eine glasfaserverstärkte Polyesterplatte, die unter dem Einfluss von ultraviolettem (UV-) Licht aushärtet. Das Material enthält Harze, Glasfasern und spezielle Füllmittel und ist zunächst durch beidseitig aufgebrachte Folien vor UV-Strahlen geschützt.

Unverarbeitet ist es weich und flexibel. In diesem Zustand kann Rocktight in jede Form geschnitten und einfach auf die Dämmung aufgebracht werden. Der Polyester härtet danach unter dem Einfluss von ultraviolettem (UV-) Licht aus. Nach der Aushärtung ist Rocktight wasserdicht und bildet einen mechanischen Schutz für die Dämmung.

Hinweise über die Verarbeitung von Rocktight sind auch im Abschnitt 1.2 aufgeführt.



## 1.4 Dämmung von Kolonnen

Kolonnen sind säulenförmige Behältnisse, die in verfahrenstechnischen Prozessen für chemische oder physikalische Vorgänge wie z. B. zur Destillation oder Extraktion von Stoffen verwendet werden. Sie bilden daher häufig die Kernstücke in chemischen oder petrochemischen Anlagen. Die Prozesse in Kolonnen laufen häufig nur bei bestimmten Temperaturen ab. Die Dämmung an Behältern und Kolonnen spielt daher für ihre Funktionalität eine große Rolle. Darüber hinaus übernimmt sie noch folgende Aufgaben:

- Reduzierung der Wärmeverluste
- Sicherstellung des Berührungsschutzes durch Minimierung der Oberflächentemperatur
- Verminderung der Abkühlung des gelagerten Stoffes, damit dieser z. B. nicht aushärtet und fließfähig bleibt
- Sicherstellen, dass die erforderlichen Prozesstemperaturen eingehalten werden
- Aufheizen des Stoffes, z. B. durch Sonnenstrahlung, bei im Freien stehenden Behältern verhindern

Die in den verschiedenen industriellen Prozessen vorhandenen Kolonnen sind derart vielfältig, dass die folgenden Anwendungsbeispiele nicht die besonderen Verhältnisse des Einzelfalls berücksichtigen können. Es ist daher in jedem Einzelfall zu prüfen, ob die Produkte und die beschriebenen Konstruktionen für die entsprechende Anwendung geeignet sind. Im Zweifelsfall lassen sie sich vom RTI-Vertriebsteam beraten.

Des Weiteren sind die maßgeblichen Normen- und Regelwerke zu beachten, von denen hier folgende exemplarisch genannt werden:

- DIN 4140 (Dämmarbeiten an betriebs- und haustechnischen Anlagen)
- AGI Q 101 (Dämmarbeiten an Kraftwerkskomponenten)
- CINI-Handbuch: „Dämmung in der Industrie“

### Hinweis

Vor Beginn der Dämmarbeiten sollten die in Kapitel 1.1 beschriebenen vorbereitenden Arbeiten am Objekt abgeschlossen sein

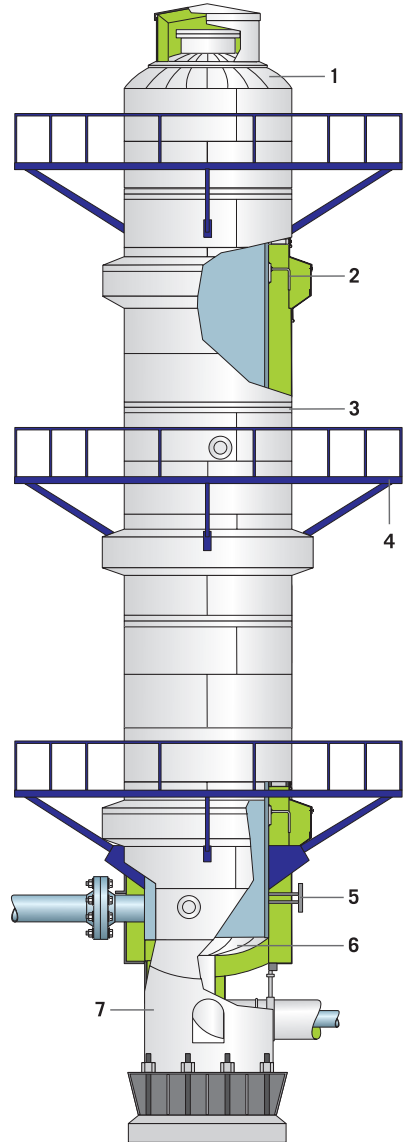
### Dämmsysteme für Kolonnen

Ein Dämmsystem für Behälter und Kolonnen setzt sich im Allgemeinen aus folgenden Komponenten zusammen:

- Dämmstoff
- Trag- und Stützkonstruktion
- Ggf. einer Dampfbremse bei Kälte-dämmungen
- Ummantelung

# 1.4 Dämmung von Kolonnen

## Dämmsysteme für Kolonnen



- 1. Kolonnenkopf - 2. Vakuum- Aussteifungsring -
- 3. Dehnungsfuge - 4. Arbeitsbühne - 5. Kennzeichnungs-
- schild - 6. Kolonnenboden - 7. Kolonnenstandzarge

## Auswahl und Ausführung der Dämmung

Die Auswahl des geeigneten Dämmstoffes richtet sich unter anderem nach der Betriebsweise, der Anlagentemperatur, der Abmessung und dem Standort des Behälters oder der Kolonne.

In erster Linie werden Dämmplatten wie z. B. die Rockwool RTP-W und druckfeste Lamellenmatten wie z. B. die Rockwool Duraflex für die Dämmung von Behältern und Kolonnen verwendet.

Da Kolonnen häufig im Freien stehen, ist es wichtig, einen Dämmstoff mit einer niedrigen Wärmeleitfähigkeit und gut Wasser abweisenden Eigenschaften auszuwählen.

Die Befestigung der Dämmstoffe an zylindrischen Behältern und Kolonnen erfolgt im Allgemeinen mit Stahlspannbändern. Diese sollten aus Edelstahl (1.4319 bzw. 1.4301) bestehen und durch Flügel- oder Quetschverschluss (Zykloverschluss) verschlossen werden. Die in der Tabelle auf der nächsten Seite angegebenen Bandabmessungen und Bandabstände für zylindrische Objekten haben sich in vielen Projekten bewährt.

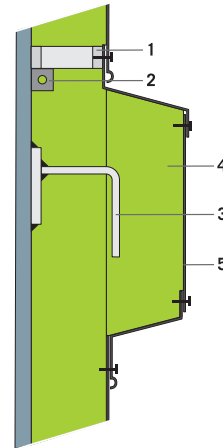
Dämmungsaußendurchmesser	Innere Dämmschicht Bandabmessung	Äußere oder einlage Dämmschicht Bandabmessung	Abstand der Bänder
200 bis 1800 mm	13 x 0,5 mm	16 x 0,5 mm	250 mm
> 1800 mm	16 x 0,5 mm	19 x 0,5 mm	250 mm

Bei der großen Anwendungsvielfalt können diese Werte nur als Anhaltswerte dienen. Es ist in jedem Anwendungsfall zu überprüfen ob, ggf. andere Bandabmessungen und –abstände erforderlich werden.

Bei mehrlagigem Dämmschichtaufbau sind die einzelnen Dämmschichtlagen fugenversetzt aufzubringen.

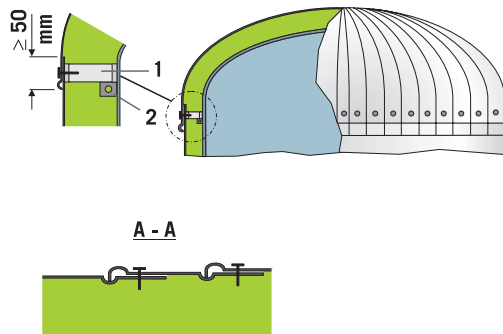
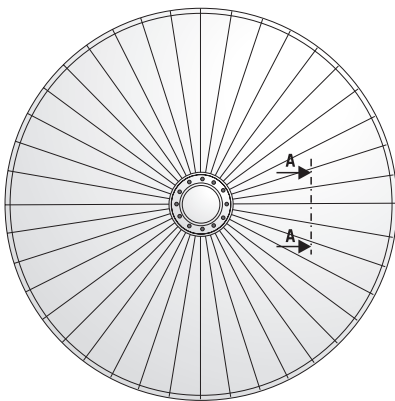
Im Weiteren sind einige typische Ausführungsdetails von Behälterdämmungen aufgeführt.

### Dämmung eines Vakuum- Aussteifungsring



1. Tragkonstruktion - 2. Halterung - 3. Vakuum-Aussteifungsring - 4. Dämmstoff - 5. Ummantelung

### Dämmung eines Behälter oder Kolonnenkopfes in Zeppeinform

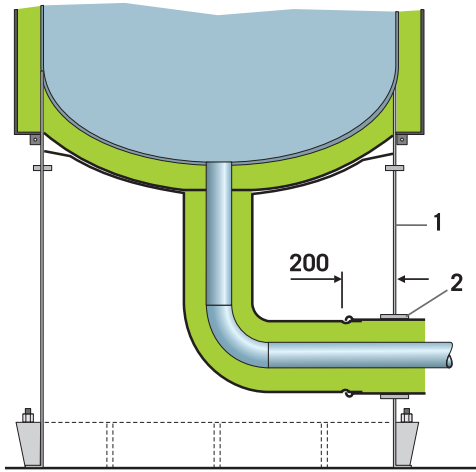


1. Tragkonstruktion - 2. Halterung

# 1.4 Dämmung von Kolonnen

## Auswahl und Ausführung der Dämmung

### Dämmung eines Kolonnenbodens

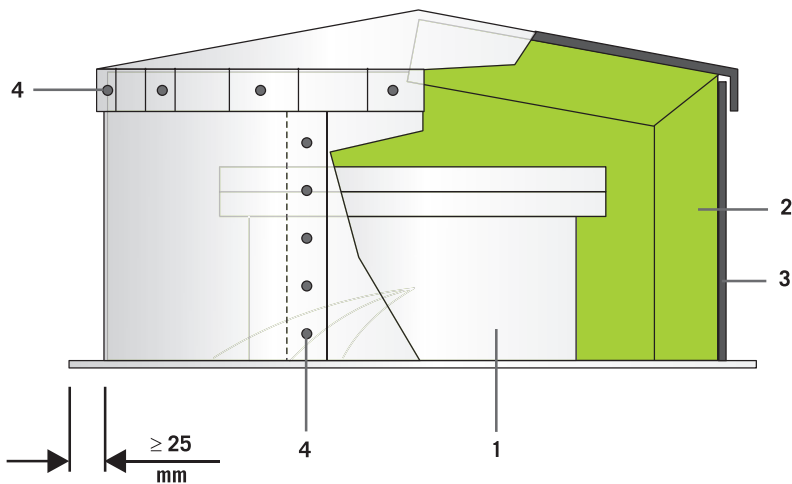


### Brandschutz bei Kolonnenstandzargen

Die brandschutztechnische Qualität einer Kolonne hängt in erster Linie vom Feuerwiderstand der Kolonnenstandzarge ab. RTI bietet mit ihren Conlit Systemen bewährte Brandschutzlösungen von Kolonnenstandzargen an. Wenden Sie sich bei Fragen hierzu bitte an unser RTI-Verkaufsteam.

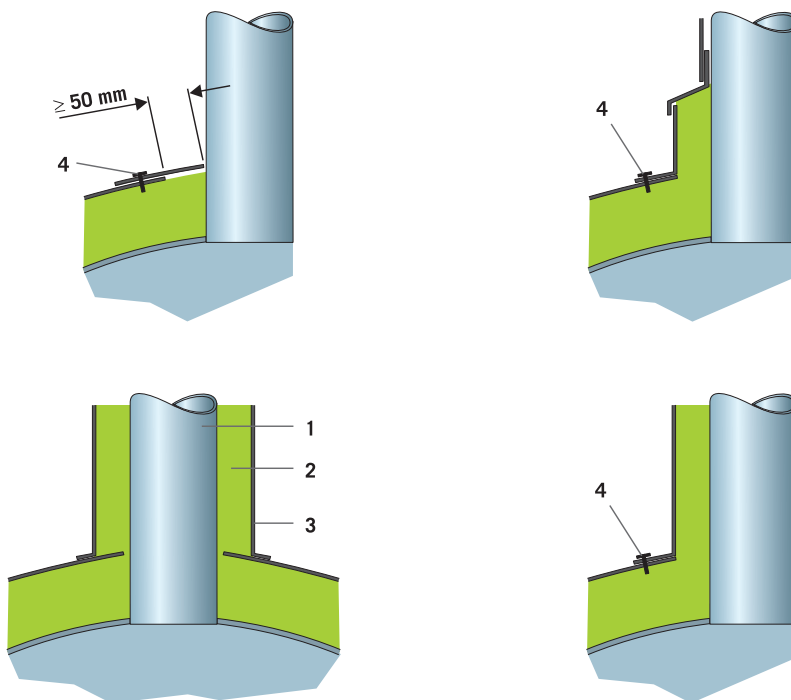
1. Kolonnenstandzarge - 2. Schiebehülse

### Dämmung eines Mannloches am Kolonnenkopf



1. Mannloch - 2. Dämmstoff - 3. Ummantelung -  
4. Blechschraube

### Ausführungsvarianten für Rohrdurchdringungen



#### Trag- und Stützkonstruktion

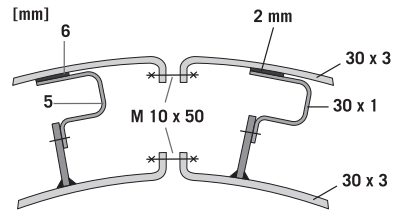
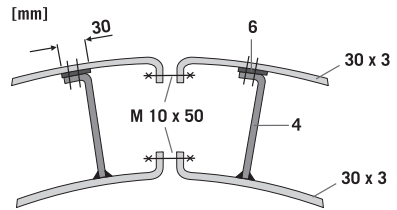
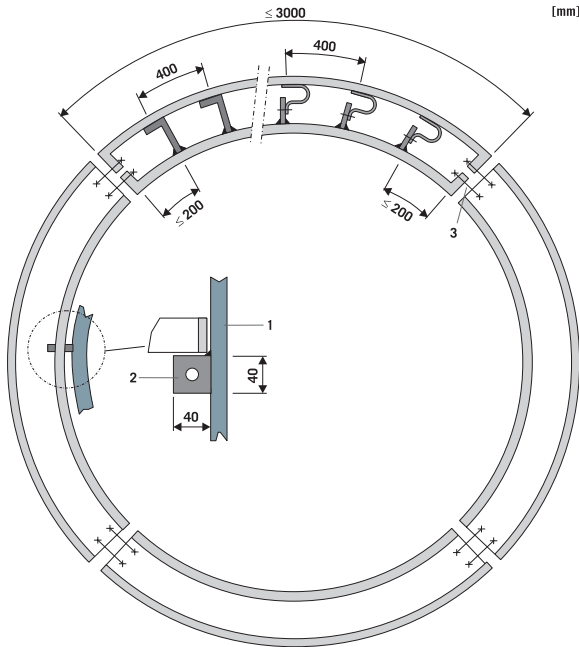
An Kolonnen wird im Allgemeinen der Einsatz von Trag- und Stützkonstruktionen erforderlich. Die Tragkonstruktionen haben die Aufgabe die Gewichtskraft des Dämmsystems aufzunehmen und über Halterungen auf das zu dämmende Objekt abzutragen. Die Stützkonstruktionen halten die Ummantelung der Dämmung im vorgegebenen Abstand. An Kolonnen, die immer senkrecht sind, übernehmen die Unterkonstruktionen häufig die Funktionen der Trag- und Stützkonstruktion in einem.

Die entsprechenden Anforderungen für Trag- und Stützkonstruktionen sind den AGI Q 153 und 154 zu entnehmen.

An Kolonnen müssen vor Beginn der Dämmarbeiten Halterungen angebracht werden, an denen die Tragkonstruktionen befestigt werden. Die Halterungen für Tragkonstruktionen müssen in der Form, Konstruktion und den Abmessungen so gefertigt werden, dass das Anbringen der Dämmung während der Montage möglich ist. Für die Dimensionierung der Halterungen und der Trag- und Stützkonstruktionen sind die Lastannahmen gemäß DIN 1055-4 und DIN 1055-5 zu wählen.

# 1.4 Dämmung von Kolonnen

## Auswahl und Ausführung der Dämmung



- 1. Objektwand - 2. Halterung - 3. Metrische Verschraubung - 4. Steg - 5. Omegabügel

### Ummantelungen

Die Ummantelung von Behältern stellt einen mechanischen Schutz sowie einen Witterungsschutz für den Dämmstoff dar. Der Markt bietet hierfür eine Vielzahl von unterschiedlichen Glattblech und Profilblecharten an. Ein Überblick ist Abschnitt 3.2 aufgeführt. Weitere Hinweise sind auch im Kapitel 1.3 Dämmung von Behältern aufgeführt.

### Rocktight: für einen dauerhaften Schutz

Gerade in den feuchten und korrosiven Milieus hat sich das Rockwool Ummantelungssystem Rocktight bewährt. Weitere Hinweise hierzu sind in den Kapiteln 1.2 und 1.3 aufgeführt.



## 1.5 Dämmung von Dampfkesseln

### Einleitung

Im Sinne der Dampfkesselverordnung gelten sowohl Heizwasserkessel als auch Kessel zur Erzeugung von Wasserdampf bei erhöhten Drücken als Dampfkessel. Im Allgemeinen ist daher der Oberbegriff „Kessel“ für dampferzeugende Anlagen und Heizwasseranlagen gebräuchlich. Mit der Dämmung von Kesseln werden folgende Hauptziele verfolgt:

- Reduzierung der Wärmeverluste und damit Erhöhung des Wirkungsgrades des Kessels.
- Sicherstellung des Berührungsschutzes durch Minimierung der Oberflächentemperatur.
- Verhinderung des Aufheizens der Raumluft im Kesselhaus, damit ein akzeptables Arbeitsklima gewährleistet bleibt.

Die Bauart und Funktionsweise der im Markt angebotenen Kessel ist derartig vielfältig, dass die folgenden Anwendungsbeispiele nicht die besonderen Verhältnisse des Einzelfalls berücksichtigen können. Es ist im Einzelfall zu prüfen, ob die Produkte und die beschriebenen Konstruktionen für die entsprechende Anwendung geeignet sind. Im Zweifelsfall berät das RTI Vertriebsteam.

Des Weiteren sind die maßgeblichen Normen und Regelwerke zu beachten, von denen hier folgende exemplarisch genannt werden:

- DIN 4140 „Dämmarbeiten an betriebs- und haustechnischen Anlagen in der Industrie und in der technischen Gebäudeausrüstung“
- AGI Q 101 „Dämmarbeiten an Kraftwerkskomponenten“
- CINI Handbuch „Dämmung in der Industrie“.

### 1.5.1 Dämmung von Flammrohr-Rauchrohrkesseln

Flammrohr-Rauchrohrkessel werden häufig in kleinen und mittleren Industrieanlagen wie z. B. in der Papier- oder Lebensmittelindustrie verwendet, bei denen kleinere und mittlere Mengen an Heizwasser bzw. Wasserdampf bei geringen Drücken benötigt werden. Ein weiterer Einsatz dieser Kessel liegt in der Gebäudetechnik großer Komplexe wie z. B. Hotels, Krankenhäuser etc.

Der Flammrohr-Rauchrohrkessel besteht aus einem waagrecht liegenden zylindrischen Mantelkörper mit Durchmessern von bis zu vier Metern. Im Inneren befindet sich i. d. R. ein gewelltes Flammrohr, in dem die Verbrennung des Brennstoffs – i. d. R. Öl oder Gas – stattfindet. Am Ende des Kessels befinden sich so genannte Wendekammern, in denen das Rauchgas gewendet und durch Rauchrohrzüge durch den Kessel zurückgeführt wird. Je nach Bauweise verfügt der Kessel über einen oder mehrere Rauchgaszüge, die durch die Wendekammer am hinteren oder am vorderen Boden verbunden sind. Der Raum um die Rauchgaszüge und das Flammrohr ist mit dem zu erwärmenden Wasser gefüllt.

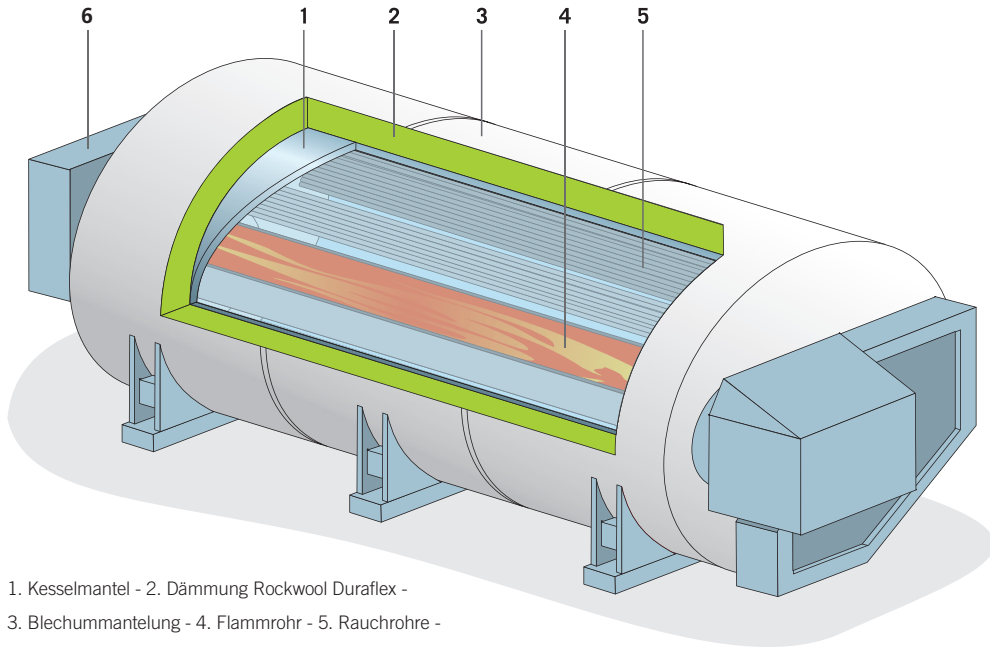




# 1.5 Dämmung von Dampfkesseln

## 1.5.1 Dämmung von Flammrohr-Rauchrohrkesseln

### Dreizug-Flammrohrrauchrohrkessel



- 1. Kesselmantel - 2. Dämmung Rockwool Duraflex -
- 3. Blechummantelung - 4. Flammrohr - 5. Rauchrohre -
- 6. Wendekammer

Bei der Dämmung von Flammrohr-Rauchrohrkesseln hat sich der Einsatz von druckfesten Lamellenmatten wie z. B. Rockwool Duraflex bewährt. Auf der waagerechten zylindrischen Kesseloberfläche lassen sich diese Matten leicht aufbringen und mit Metallspannbändern auf den Kesseln fixieren. Auf metallische Stützkonstruktionen, die stets auch Wärmebrücken darstellen, kann verzichtet werden. Aufgrund der Druckfestigkeit von  $> 10 \text{ kPa}$  kann der Blechmantel direkt auf der Duraflex Dämmung aufgebracht werden. Alternativ kann auf die Spannbänder zur Fixierung verzichtet werden, wenn der Blechmantel so stramm aufgebracht wird, dass er diese Funktion übernehmen

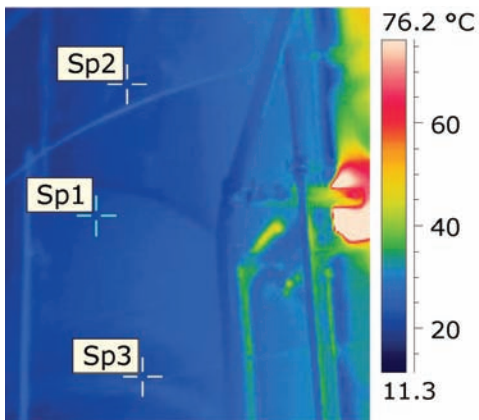
kann. Die Dämmung zeichnet sich durch eine gleichmäßige Festigkeit und Oberfläche aus, dank der fehlenden Stützkonstruktion ist eine gleichmäßige Oberflächentemperatur ohne Temperaturspitzen, die eine Gefahr in Form von Hautverbrennungen darstellen, sichergestellt. Das ausgeglichene Oberflächentemperaturprofil belegen auch die auf Seite 61 aufgeführte Thermografie eines Flammrohr-Rauchrohrkessels.

Im Bereich der Wendekammern erfolgt die Dämmung i. d. R. mit Drahtnetzmatte, die mit Stiften und Federclipsen befestigt werden.

Thermografie eines Flammrohr-Rauchrohrkessels, der mit Rockwool Duraflex gedämmt ist. (Quelle

LOOS INTERNATIONAL, Loos Deutschland GmbH)

Die mit Rockwool „Duraflex“ isolierten Bereiche weisen eine gleichmäßige Temperaturverteilung ohne sichtbare, erhöhte Warmstellen auf. Das rechte Bild zeigt die Position der Thermokamera. Der Messpunkt Sp1 hat eine Temperatur von 21,7 °C, der Messpunkt Sp2 hat 21,2 und der Messpunkt Sp3 hat 22,8 °C.



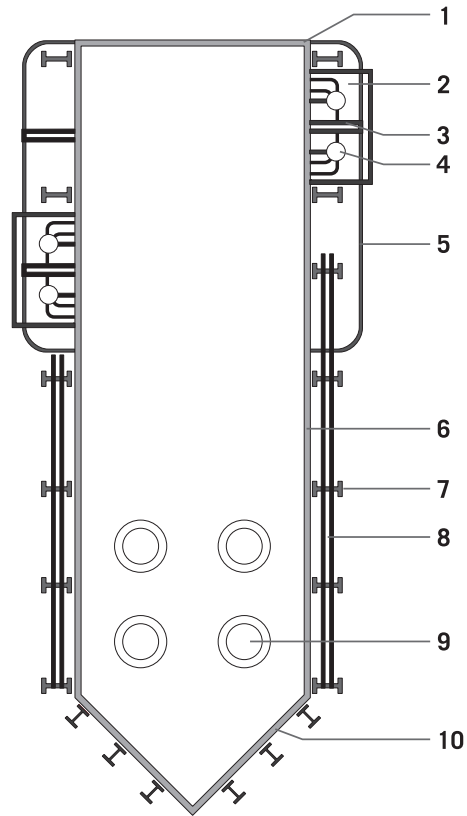
#### Dämmarbeiten an einen Flammrohr-Rauchrohrkessel mit der Rockwool Duraflex



# 1.5 Dämmung von Dampfkesseln

## 1.5.2 Großdampferzeuger

In der modernen Kraft- und Wärmewirtschaft werden Großdampferzeuger, in denen fossile Brennstoffe wie Steinkohle, Braunkohle, Anthrazit etc. verbrannt werden, zur Dampferzeugung für den Betrieb von Dampfturbinen eingesetzt. In heutigen Großdampf-erzeugern werden bei Drücken von 300 bar und Dampftemperaturen von 620 °C bis zu 3.600 t Dampf je Stunde erzeugt. Die am weitesten verbreitete Bauart sind Bensonkessel, die im Zwangsumlauf (mit Kesselspeisepumpe) betrieben werden. Im Gegensatz zum Flammrohr-Rauchrohrkessel befindet sich das Wasser oder der Dampf nicht im Behälter, sondern in Rohrleitungen, die in gasdicht verschweißten Rohr-Steg-Rohr-Konstruktionen ausgeführt sind und die Kesselwände bilden. Üblicherweise als Turm- oder Zweizugkessel konstruiert, erreichen diese Kessel je nach eingesetztem Brennstoff Kesselhöhen von bis zu 160 m. Im unteren Bereich befindet sich die Feuerung, in der der feingemahlene Brennstoff verbrannt wird. Die Rauchgase strömen durch den Kessel, geben Wärme an das Wasser in den Rohren ab und führen es so zur Verdampfung. Der Kesselkörper ist an einem Gerüst aufgehängt und kann so im Betrieb auftretende Wärmedehnungen durch vertikale und horizontale Ausdehnungen kompensieren. Diese Art der Ausdehnungen ist bei der Auslegung des Dämmsystems zu berücksichtigen. Im Folgenden ist eine Zeichnung mit den wichtigsten dämmtechnischen Komponenten eines Kessels aufgeführt.



- 1. Kesseldecke - 2. Totraum - 3. Traverse - 4. Sammler -
- 5. Kesseltragrohr - 6. Kesselwand - 7. Bandage - 8. Stiele -
- 9. Brenneröffnung - 10. Kesseltrichter

### Bandagen

Waagrecht umlaufend um den Kessel werden in regelmäßigen Abständen sogenannte Bandagen angebracht, das sind Versteifungselemente, die ein Ausbeulen des Kessels verhindern. Unterschieden wird zwischen Warmbandagen, die innerhalb, und Kaltbandagen, die außerhalb der Dämmschichten angeordnet sind.

## Toträume

Toträume sind der Kesselwand bzw. Kesseldecke vorgelagerte Bereiche, in denen Anlagenteile wie Sammler, Verteiler oder Rohre geführt werden. Die Toträume liegen jedoch noch innerhalb der Dämmung.

## Stiele

Stiele sind Versteifungselemente, die vertikal zwischen den Bandagen angeordnet sind und die Vertikallasten aus den Bandagen auf die Kesselwand abtragen. Die Stiele können innerhalb und außerhalb der Dämmstoffebene angeordnet sein.

## Ausführung des Dämmsystems für Großdampfzeuger

Bei der Auswahl des geeigneten Dämmsystems für Großdampfzeuger sind folgende Produkteigenschaften von größter Bedeutung:

- Die eingesetzten Dämmstoffe müssen nichtbrennbar sein.
- Die obere Anwendungsgrenztemperatur der Dämmstoffe muss höher als die Anwendungstemperatur des zu dämmenden Bauteils sein (siehe Kapitel 2.1 – Produkteigenschaften).
- Die Wärmeleitfähigkeit muss als Funktion der Temperatur angegeben sein.
- Der längenspezifische Strömungswiderstand sollte möglichst hoch sein. Hohe längenspezifische Strömungswiderstände reduzieren die Konvektion im Dämmstoff.

Für die Auslegung der Dämmstoffdicke sind neben dem Berührungsschutz, der maximale Oberflächentemperaturen von 60 °C zulässt, betriebstechnische Parameter sowie Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkte zu berücksichtigen. In der AGI Q 101, „Dämmarbeiten an Kraftwerkskomponenten“ wird vorgeschlagen, die Dämmschichtdicken für Kraftwerkskomponenten für

eine maximale Wärmestromdichte von 150 W/m<sup>2</sup> auszuliegen. Bei steigenden Energiepreisen und dem gesellschaftspolitisch gesetzten Ziel der CO<sub>2</sub>-Reduzierung ist dieser allgemeine Richtwert jedoch kritisch zu hinterfragen. Wirtschaftlich und aus Umweltgesichtspunkten ist ein Auslegungsparameter von deutlich unter 150 W/m<sup>2</sup> häufig sinnvoll.

Für die Dämmung von Großdampfzeugern haben sich Rockwool Drahtnetzmatte über viele Jahre bewährt. Sie sind flexibel und lassen sich daher leicht an die unterschiedlichen Geometrien oder Oberflächenstrukturen anpassen. Rockwool Drahtnetzmatte sind nichtbrennbar, verfügen über hohe obere Anwendungsgrenztemperaturen und weisen über dem gesamten Temperaturbereich eine geringe Wärmeleitfähigkeit auf.

Die gesamte Dämmschicht wird mehrlagig in zwei bis drei Dämmschichten aufgebracht. Die Rockwool Drahtnetzmatte RTD-Plus mit einer oberen Anwendungsgrenztemperatur von 720 °C hat sich in oberen Temperaturbereichen – wie sie z. B. häufig an Toträumen anzutreffen sind – als erste Dämmschichtlage bewährt. Die weiteren Dämmschichten werden je nach anliegender Schichttemperatur mit der Rockwool Drahtnetzmatte RBM oder RTD-2 ausgeführt.

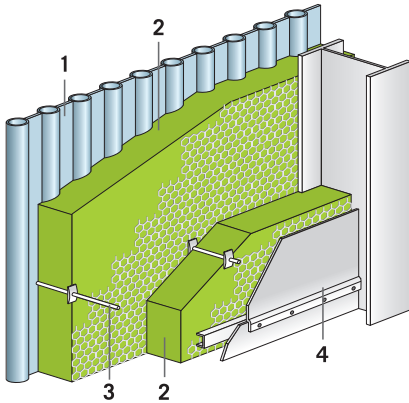
Verzinktes Drahtgeflecht und verzinkter Steppdraht bei Drahtnetzmatte dürfen nur bis zu einer Temperatur von 400 °C belastet werden. Bei Temperaturen über 400 °C müssen nichtrostendes, austenitisches Drahtgeflecht und Steppfaden verwendet werden.

Um die Konvektion im Dämmstoff an lotrechten Konstruktionen wie z. B. Kesseln zu reduzieren, sollten nur Dämmstoffe eingesetzt werden, die einen längenspezifischen Strömungswiderstand von  $\geq 50 \text{ kPa s/m}^2$  aufweisen.

# 1.5 Dämmung von Dampfkesseln

## 1.5.2 Großdampferzeuger

### Darstellung einer Kesseldämmung mit Drahtnetzmatzen



1. Flossenwand - 2. Rockwool Drahtnetzmatte RTD-2 -
3. Befestigungsstifte mit Federplättchen -
4. Blechummantelung

Vor Ausführung der Dämmarbeiten müssen die in Abschnitt 1.1 „Planung und Vorbereitung“ genannten Voraussetzungen für Dämmarbeiten erfüllt sein.

Die Drahtnetzmatzen werden an ebenen Flächen mit mindestens sechs Stiften je m<sup>2</sup>, an Unterseiten mit mindestens zehn Stiften je m<sup>2</sup> befestigt. Die Stifte werden entweder direkt auf die Oberfläche des Objektes aufgeschweißt oder in Buchsen eingeschlagen. Bei Flossenwänden (Rohr-Steg-Rohr-Wände) dürfen die Stifte nicht an den Rohren befestigt, sondern müssen an den Stegen zwischen den Rohren angeschweißt werden. Des Weiteren ist folgendes bei der Bestiftung zu beachten:

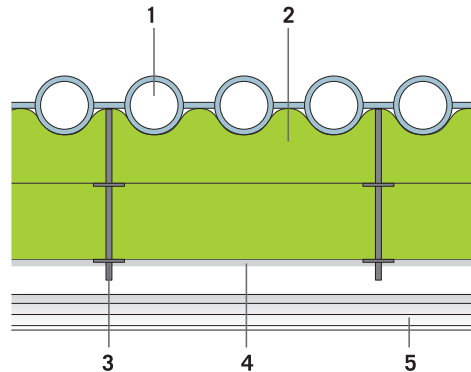
- Bis zu Dämmdicken ≤ 120 mm sind Stifte mit einem Minstdurchmesser von 4 mm zu verwenden.
- Bei Dämmdicken zwischen 130 und 230 mm sind Stifte mit einem Minstdurchmesser von 5 mm

zu verwenden.

- Der Minstdurchmesser der Stifte bei Dämmdicken ≥ 240 mm beträgt 6 mm.
- Liegt die Ummantelung ohne Luftspalt direkt auf dem Dämmstoff auf, müssen die Stifte 10 mm kürzer sein als die Dämmstoffdicke.
- Jede Dämmstofflage wird mit Clipsen befestigt.

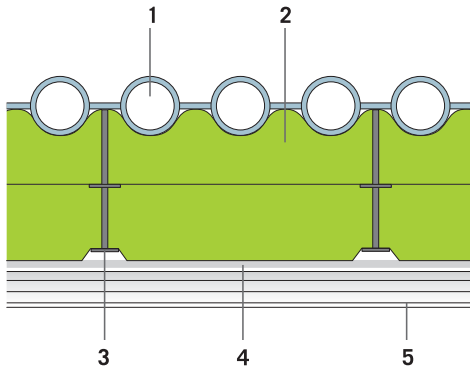
Alle Längs- und Querstöße bei Drahtnetzmatzen werden vernäht, verrödelt oder mit sechs Mattenhaltern pro Meter verbunden. Bei mehrlagiger Verlegung sind Fugen zu versetzen.

### Darstellung einer Kesseldämmung mit Drahtnetzmatzen mit Luftspalt zwischen Dämmung und Blechummantelung.



1. Flossenrohr - 2. Rockwool Drahtnetzmatte RTD-2 -
3. Befestigungsstifte mit Federplättchen - 4. ggf. Aluminiumfolie - 5. Blechummantelung z. B. Trapezblech

**Darstellung einer Kesseldämmung mit Drahtnetzmatte ohne Luftspalt zwischen Dämmung und Blechummantelung.**



1. Flossenrohr - 2. Rockwool Drahtnetzmatte RTD-2 -  
3. Befestigungsstifte mit Federplättchen - 4. ggf. Aluminium-  
folie - 5. Blechummantelung z. B. Trapezblech

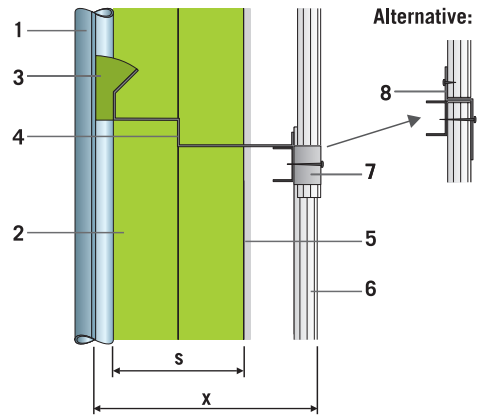
**Konvektion in der Dämmung**

Speziell bei lotrechten Dämmkonstruktionen, bei denen an der Warmseite Hohlräume zwischen dem Objekt und der Dämmung auftreten können, ist die Gefahr erhöhter Wärmeverluste - hervorgerufen durch Konvektion im Dämmstoff - groß. Bei Flossenwänden besteht dieses Risiko ebenso, da eine konturfolgende Dämmung, bei der die Hohlräume im Bereich der Stege dicht verschlossen sind, nicht immer sichergestellt werden kann. Folgende Maßnahmen wirken der Konvektion entgegen:

- Vertikale Abschottungen sollen in Abständen von 5 bis 8 m eingebaut werden.
- Es sollen nur Dämmstoffe mit einem längenspezifischen Strömungswiderstand von  $\geq 50 \text{ kPa s/m}^2$  verwendet werden.
- Das Einbringen einer Alufolie zwischen die einzelnen Dämmschichtlagen und / oder auf der Außenseite wird empfohlen.

**Abschottung**

Nachfolgend sind zwei Ausführungsvarianten für vertikale Abschottungen dargestellt. Je nach Temperatur oder konstruktiven Erfordernissen kann die Abschottung aus Blech ( $d \geq 0,5 \text{ mm}$ ) oder Aluminiumfolie ( $d \geq 80 \mu\text{m}$ ) hergestellt werden. Die Abschottung muss am Objekt auf der warmen Seite angeschlossen werden und bis zur Ummantelung auf der kalten Seite reichen. Rohrzwickel müssen mit loser Steinwolle stramm verstopft werden. Bei mehrlagigen Dämmschichten muss die Abschottung stufenförmig ausgeführt werden.



1. Kesselwand - 2. Rockwool Drahtnetzmatte RTD-2 -  
3. Ausstopfen mit loser Steinwolle - 4. Abschottungsblech -  
5. ggf. Aluminiumfolie - 6. Ummantelung / Trapezblech -  
7. MF - Profillfüller - 8. Blechtrennung durch Z-Profil

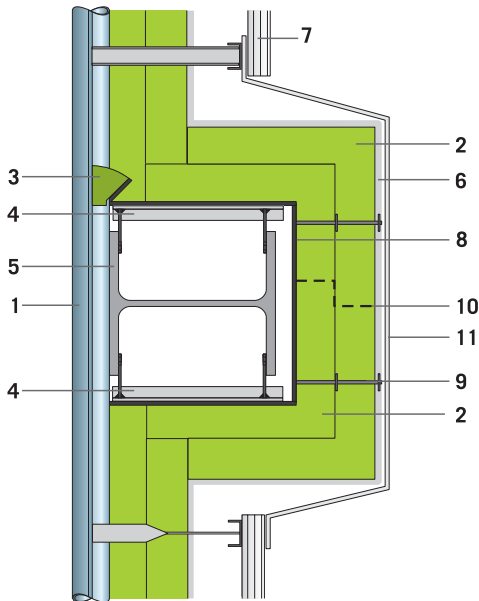
# 1.5 Dämmung von Dampfkesseln

## 1.5.2 Großdampferzeuger

### Dämmung der Bandagen

Warmliegende Bandagen werden gedämmt und mit einer Ummantelung versehen. Ein entsprechender Ausführungsvorschlag ist unten aufgeführt.

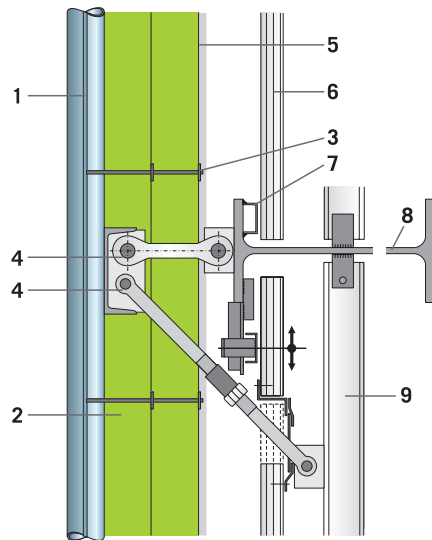
#### Dämmung einer warmliegenden Bandage an einer Kesselwand



- 1. Kesselwand - 2. Rockwool Drahtnetzmatte RTD-2 -
- 3. Ausstopfung mit loser Steinwolle - 4. Unterkonstruktion -
- 5. Warmliegende Bandage - 6. ggf. Aluminiumfolie -
- 7. Ummantelung/ Trapezblech - 8. Innere Bandagenabdeckung aus Schwarzblech - 9. Mattenstifte mit Clips - 10. Abschottung Alu-Folie - 11. Ummantelung Glattblech

Kaltliegende Bandagen werden in der Regel nicht gedämmt und auch nicht mit einer Ummantelung versehen. Ein Ausführungsbeispiel für den Anschluss der kaltliegenden Bandage ist ebenfalls unten dargestellt.

#### Kaltliegende Bandage an einer Kesselwand

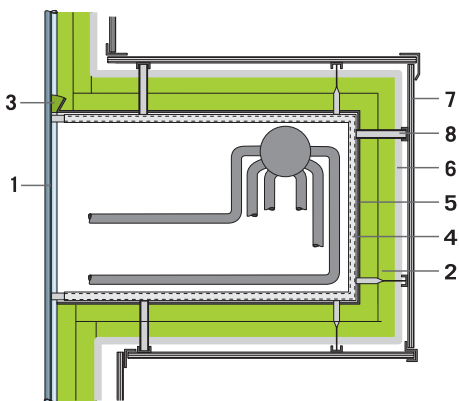


- 1. Kesselwand - 2. Rockwool Drahtnetzmatte RTD-2 -
- 3. Mattenstifte mit Clips - 4. Bandage Ablenkungen -
- 5. ggf. Aluminiumfolie - 6. Ummantelung/ Trapezblech -
- 7. Unterkonstruktion - 8. Kaltbandage - 9. Kesselstiel

## Dämmung von Toträumen

Toträume, die vor der Kesselwand bzw. Kesseldecke liegen und in denen sich Anlagenteile wie Verteiler und Sammler befinden, werden mit einer Verblechung eingehaust, auf die dann die Dämmung aufgebracht wird. Hierfür muss ein zunderbeständiges Blech in einer Mindeststärke von 1 mm verwendet werden. Die Bleche müssen auf entsprechend statisch bemessenen Unterkonstruktionen so befestigt sein, dass die Wärmedehnungen aufgenommen werden können. Der Dämmstoff wird auf der Totraumverblechung mit Stiften - wie oben beschrieben - befestigt. Nachfolgend ist ein Beispiel für eine Totraumdämmung aufgeführt.

### Totraum für Kesselwandsammler



1. Kesselwand - 2. Rockwool Drahtnetzmatte RTD-2 -
3. Ausstopfen mit loser Steinwolle - 4. Tragkonstruktion -
5. Totraum Verblechung - 6. ggf. Aluminiumfolie -
7. Ummantelung / Trapezbleche - 8. Trag und Stützkonstruktion

## Trag- und Stützkonstruktionen

Die Befestigungsmöglichkeiten der Trag- und Stützkonstruktionen an Kesseln sind vielfältig. Sie können direkt am Kessel, an Hilfskonstruktionen, an Bandagen, Traversen oder Stielen angebracht werden. Bei der Auswahl der Trag- und Stützkonstruktion und deren Befestigungsmöglichkeiten hat eine Abstimmung zwischen dem Isolierer und dem Anlagenbauer zu erfolgen. Bei Kraftwerkskomponenten mit Temperaturen über 350 °C sind warmfeste bzw. hitzebeständige Stähle zu verwenden.

## Ummantelungen

Bei großflächigen Kraftwerkskomponenten wie Großdampferzeugern werden aus statischen, konstruktiven, wirtschaftlichen und gestalterischen Gründen profilierte Bleche, wie z. B. Trapezbleche, als Ummantelungsmaterial eingesetzt. Die Stützweiten, Überlappungen und Verbindungen richten sich nach dem Profil und sind den entsprechenden Herstellerangaben der Profilblechhersteller zu entnehmen.

Die Auswahl des geeigneten Ummantelungsmaterials erfolgt unter Berücksichtigung der Parameter Korrosion, Temperaturbeständigkeit, Konstruktionsart und architektonischer Gestaltung und ist zwischen Auftragnehmer und Auftraggeber festzulegen.

Für die Ummantelung von Großdampferzeugern, die üblicherweise innerhalb von Gebäuden stehen, wird in der Regel verzinktes Stahlblech eingesetzt.



# 1. Systemlösungen

## 1.6 Dämmung von Rauchgaskanälen

### Einleitung

Bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen entstehen Rauchgase, die durch Rauchgaskanäle zu den verschiedenen Reinigungsphasen, wie z. B. DeNO<sub>x</sub>-, Entstaubungs- und REA-Prozessen, geleitet werden, bevor sie in die Atmosphäre abgeführt werden. Oft werden große Teile von Rauchgaskanälen im Freien verlegt. Sie unterliegen daher zum Teil von innen und außen extremen Bedingungen. Wirken von außen Witterungseinflüsse wie Wind, Regen sowie unterschiedliche Umgebungstemperaturen auf den Rauchgaskanal, so kann es im Inneren bei zu starkem Abkühlen der Rauchgase ggf. zur Bildung von schwefeligen, korrosionsfördernden Säuren kommen.

Dämmsysteme an Rauchgaskanälen erfüllen die folgenden Aufgaben:

- Wärmeverluste im Rauchgas werden reduziert und somit Taupunktunterschreitungen (Säure- oder Wassertaupunkt) im Rauchgas an den Rauchgaskanalinnenflächen vermieden. Das Korrosionsrisiko wird dadurch minimiert. Dies gilt auch für Bereiche mit konstruktiven Wärmebrücken wie Trägern, Versteifungen etc.
- Reduzierung der Wärmeverluste an Rauchgaskanälen mit nachgeschalteter Wärmerückgewinnung
- Sicherstellung des Berührungsschutzes
- Einhaltung von schalltechnischen Anforderungen

Die Bauarten der Rauchgaskanäle unterscheiden sich z. B. in ihrer Größe und Geometrie sowie durch die verwendeten Materialien und Beschichtungen. Alle folgenden Anwendungsbeispiele können daher die besonderen Verhältnisse des Einzelfalls nicht vollständig berücksichtigen. Aus diesem Grund ist im

Einzelfall zu prüfen, ob die Produkte und die beschriebenen Konstruktionen für die entsprechende Anwendung geeignet sind. Im Zweifelsfall berät das RTI Vertriebsteam.

Des Weiteren sind die maßgeblichen Normen und Regelwerke zu beachten, von denen hier folgende exemplarisch genannt werden:

- DIN 4140 „Dämmarbeiten an betriebs- und haustechnischen Anlagen“
- AGI Q 101 „Dämmung von Kraftwerkskomponenten“
- CINI Handbuch „Dämmung in der Industrie“

### 1.6.1 Ausführung der Dämmsysteme für Rauchgaskanäle

Für rechteckige Rauchgaskanäle haben sich Rockwool Drahtnetzmatte über viele Jahre bewährt. Sie sind flexibel und lassen sich daher leicht an die unterschiedlichen Geometrien und Oberflächenstrukturen anpassen. Rockwool Drahtnetzmatte sind nichtbrennbar, verfügen über hohe obere Anwendungsgrenztemperaturen und weisen über dem gesamten Temperaturbereich eine geringe Wärmeleitfähigkeit auf.

Die Befestigung der Drahtnetzmatte auf rechteckigen Kanälen erfolgt mit Schweißstiften und Federclipsen. Vor dem Aufbringen der Schweißstifte sollte gemeinsam vom Anlagenbauer und vom Isolierer ein Befestigungsverfahren definiert werden, das ggf. vorhandene Korrosionsbeschichtungen auf der Innen- und Außenseite des Rauchgaskanals nicht beschädigt. So kann es z. B. durchaus sinnvoll sein, die Schweißstifte vor dem Auftragen der Korrosionsbeschichtung aufzubringen.

An ebenen Flächen sind die Drahtnetzmatte mit mindestens sechs Stiften je m<sup>2</sup>, an Unterseiten mit mindestens zehn Stiften je m<sup>2</sup> zu befestigen.

Des Weiteren ist bei der Bestiftung Folgendes zu beachten:

- Bis zu Dämmdicken  $\leq 120$  mm sind Stifte mit einem Minstdurchmesser von 4 mm zu verwenden.
- Bei Dämmdicken zwischen 130 und 230 mm sind Stifte mit einem Minstdurchmesser von 5 mm zu verwenden.
- Der Minstdurchmesser der Stifte bei Dämmdicken  $\geq 240$  beträgt 6 mm.
- Liegt die Ummantelung ohne Luftspalt direkt auf dem Dämmstoff auf, müssen die Stifte 10 mm kürzer sein als die Dämmstoffdicke.
- Jede Dämmstofflage wird mit Clipsen befestigt.

Alle Längs- und Querstöße bei Drahtnetzmatte werden vernäht, verrödelt oder mit sechs Mattenhaltern pro Meter verbunden. Bei mehrlagiger Verlegung sind Fugen zu versetzen.

Um die Konvektion innerhalb des Dämmstoffes zu reduzieren, ist es ratsam bei großen senkrechten Flächen Abschottungen, z. B. aus Blech, in Abständen von 5 bis 8 m einzubauen. Die Abschottung muss über die gesamte Dämmschichtebene bis zur Ummantelung wirksam sein.

An runden Rauchgasrohren, bei denen die Temperaturen unter 300 °C liegen, empfiehlt sich als Dämmung die druckfeste Lamellenmatte Rockwool Duraflex. Diese wird direkt auf dem Rauchgasrohr aufgebracht und mit Spannbändern fixiert. Eine Befestigung mit Schweißstiften

und Federclipsen ist hierbei im Allgemeinen nicht erforderlich.

### **Dämmung von Versteifungselementen**

Zur Stabilisierung sind großdimensionierte Rauchgaskanäle mit Versteifungsprofilen versehen. Diese können aus Doppel-T-Trägern, Hohlprofilen oder Verstärkungsrippen bestehen und stellen potenzielle Wärmebrücken dar. Hieraus resultieren die nachfolgend aufgeführten Probleme:

- Die Wärmebrücken verursachen einen erhöhten Wärmestrom und führen zu einer Temperaturabsenkung an den Innenwänden der Kanäle.
- Temperaturunterschiede zwischen der Innen- und Außenseite führen zu Spannungen in den Profilen. Werden die Spannungen zu groß, kann dies zu Verformungen und zum Abriss der Schweißnähte führen.

### **Vermeidung von Temperaturabsenkung auf der Innenwand**

Um eine Temperaturabsenkung an der Innenwand im Bereich von Versteifungsprofilen zu vermeiden, müssen diese in jedem Fall gedämmt werden. Die erforderliche Dämmdicke hängt unter anderem von der Größe und Geometrie der Profile, der Temperatur- und Strömungsverhältnisse innerhalb des Rauchgaskanals und der Betriebsweise ab. Zur Ermittlung der Dämmdicke können zum Teil komplexe Berechnungen erforderlich werden. Diese werden meistens vom Anlagenbauer erstellt, da er alle Anlagenparameter kennt. Beim Anfahren der Anlage ist eine kurzzeitige Unterschreitung der Taupunkttemperatur des Rauchgases an der Kanalinnenwand unvermeidlich.

# 1.6 Dämmung von Rauchgaskanälen

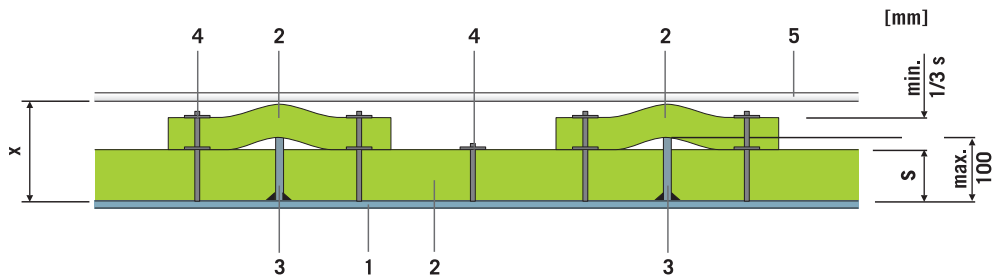
## 1.6.1 Ausführung der Dämmsysteme für Rauchgaskanäle

### Reduzierung von Temperaturspannungen in den Versteifungsprofilen

Die Problematik der Temperaturspannungen in Versteifungsprofilen wird von der Betriebsweise der Anlage beeinflusst. Weniger kritisch ist der **stationäre Betrieb**, bei dem sich die Rauchgastemperatur über den Zeitverlauf nicht ändert. Generell sind die Temperaturspannungen unkritisch, wenn die in AGI Q 101 beschriebenen Ausführungsgrundsätze eingehalten werden:

- Die Dämmdicke über den Versteifungselementen soll die gleiche Dicke aufweisen wie die der Dämmung des Rauchgaskanals.
- Bei Kanälen mit Verstärkungsrippen bis 100 mm Höhe muss die Dämmschichtdicke über den Rippen mindestens ein Drittel der erforderlichen Dämmschichtdicke des Kanals betragen.

### Dämmung von Verstärkungsrippen



1. Kanalwand - 2. Dämmstoff - 3. Verstärkungsrippe -  
4. Schweißstifte mit Clips - 5. Ummantelung

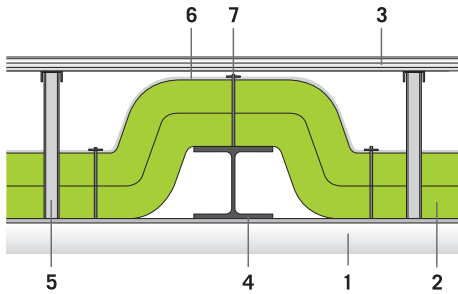
Bei **instationärer Betriebsweise**, wie z. B. beim Anfahren der Anlage, und den dabei auftretenden schwankenden Rauchgastemperaturen müssen ggf. Maßnahmen ergriffen werden, die ein gleichmäßiges Erwärmen der Versteifungsprofile zulassen. Die Temperaturen auf der Kanalwandung sowie auf der Innenseite des Versteifungselementes erhöhen sich beim Anfahren der Anlage schnell, während die Außenseite des Profils zunächst noch kalt bleibt und sich erst nach längerer Verzögerung erwärmt. Dies führt zu Temperaturdifferenzen, die unter Umständen unzulässige Bauteilspannungen mit sich bringen. Die Höhe der Temperaturdifferenzen hängt von zahlreichen Parametern ab, von denen im

Folgenden einige exemplarisch aufgeführt sind:

- Die Anfahrsgeschwindigkeit beeinflusst die Temperaturanstiegsgeschwindigkeit des Rauchgases und damit die Temperaturdifferenz im Versteifungselement.
- Bei großen Profilen treten hohe Temperaturunterschiede auf.
- Die Form der Aussteifungsprofile (dickwandige Profile erwärmen sich ungleichmäßiger)
- Unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten der verwendeten Materialien führen zu einer ungleichen Temperaturverteilung.
- Wärmeübertragungsverhältnisse

Um die Temperaturdifferenzen abzumindern, muss die Dämmung konstruktiv so ausgebildet werden, dass möglichst viel Wärme durch Strahlung und Konvektion von der Kanalwand an die Außenflansche der Aussteifungsprofile transportiert wird. Im Weiteren sind zwei Ausführungsdetails für eine Profildämmung aufgeführt.

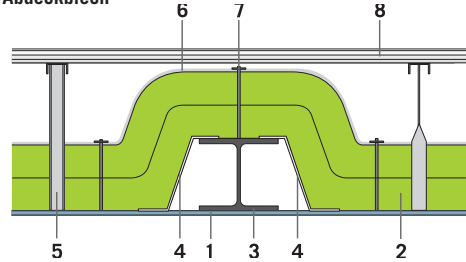
#### Dämmung von Verstärkungsrippen



1. Kanalwand - 2. Rockwool Drahtnetzmatte RTD-2 -
3. Ummantelung Trapezblech - 4. Verstärkungselement -
5. Trag- und Stützkonstruktion - 6. Aluminiumfolie (optional) -
7. Schweißstifte Clips

Diese Art der Ausführung empfiehlt sich im Allgemeinen für Profilhöhen bis  $\leq 240$  mm.

#### Dämmung eines Verstärkungselement mit Hohlraum und Abdeckblech



1. Kanalwand - 2. Rockwool Drahtnetzmatte RTD-2 -
3. Verstärkungselement - 4. Abdeckblech - 5. Trag- und Stützkonstruktion - 6. Aluminiumfolie (optional) -
7. Schweißstifte Clips - 8. Ummantelung Trapezblech

Bei Profilhöhen über 240 mm sollte zusätzlich ein Abdeckblech eingebracht werden. Damit die Wärmeübertragung von der Kanalwand zum Außenflansch nicht behindert wird, dürfen die Hohlräume nicht gedämmt werden.

Die dargestellte Profildämmung führt bei senkrecht verlaufenden Stahlträgern zu erhöhten Wärmeverlusten durch Konvektion. In Abständen von ca. 3 bis 5 m müssen daher Abschottungen – z. B. durch eingeschweißte Bleche in den Verstärkungselementen – zur Verringerung der Konvektion eingebracht werden.

## 1.6 Dämmung von Rauchgaskanälen

### 1.6.2 Ummantelung von Rauchgaskanälen

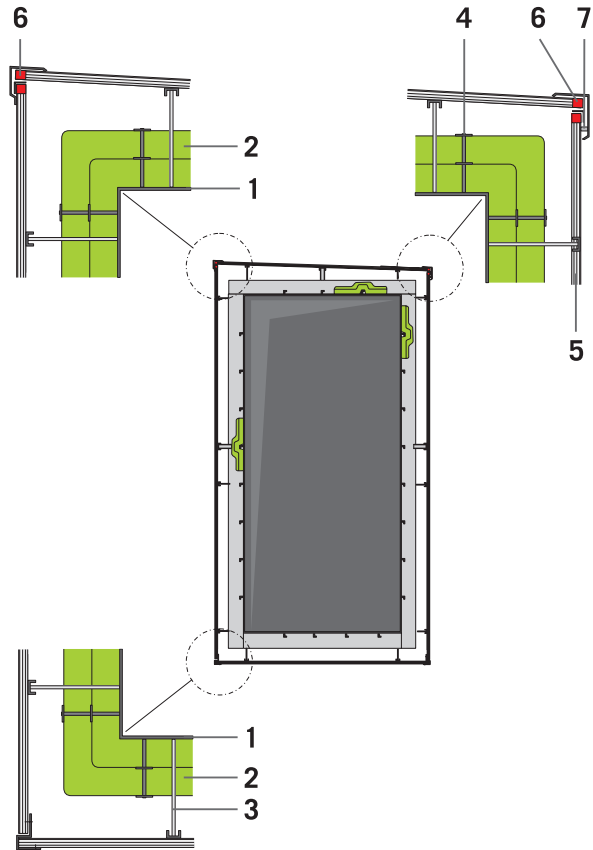
Rauchgaskanäle werden aufgrund ihrer Größe und der damit einhergehenden höheren Ansprüche an die Biegesteifigkeit der Ummantelung mit profilierten Blechen wie z. B. Trapezblech ummantelt. Aber auch Glattbleche, die dann aber im Allgemeinen bombiert sind, können verwendet werden. Die Ummantelungen werden mit Hilfe von Unterkonstruktionen auf dem Rauchgaskanal befestigt.

Bei Kanälen im Freien mit Rauchgastemperaturen von  $< 120\text{ °C}$  ist ein Luftspalt von mindestens 15 mm zwischen Ummantelung und Dämmung vorzusehen. Gerade bei klaren Nächten besteht die Gefahr, dass durch Wärmestrahlung in den Weltraum (die kleine Fläche „Rauchgaskanal“ strahlt auf eine unendlich große Fläche „Weltraum“) die Oberflächentemperatur der Ummantelung unter die Taupunkttemperatur der Umgebungsluft sinkt. Die Luftfeuchtigkeit aus der Umgebungsluft kann dann auf der Innenseite der Ummantelung kondensieren. Aus diesem Grund darf kein Kontakt zwischen Dämmung und Ummantelung bestehen. Zur Ableitung des Wassers sind Entwässerungs- bzw. Belüftungsbohrungen am tiefsten Punkt der Unterseite vorzusehen.

Bei runden Rauchgaskanälen, die mit der stützkonstruktionsfreien Dämmung Rockwool Duraflex ausgeführt sind, werden Wellbänder oder Noppenfolien als Abstandshalter zwischen Dämmung und Blechummantelung eingesetzt.

Die Oberseite der Ummantelung von im Freien liegenden Kanälen ist mit einem Gefälle von  $\geq 3\%$  zu versehen. Auf den folgenden Seiten sind zwei Beispiele für die Ummantelung eines Rauchgaskanals im Pult- bzw. Satteldach dargestellt.

**Außen liegender Kanal mit einer Ummantelung als  
Pulldach ausgeführt**

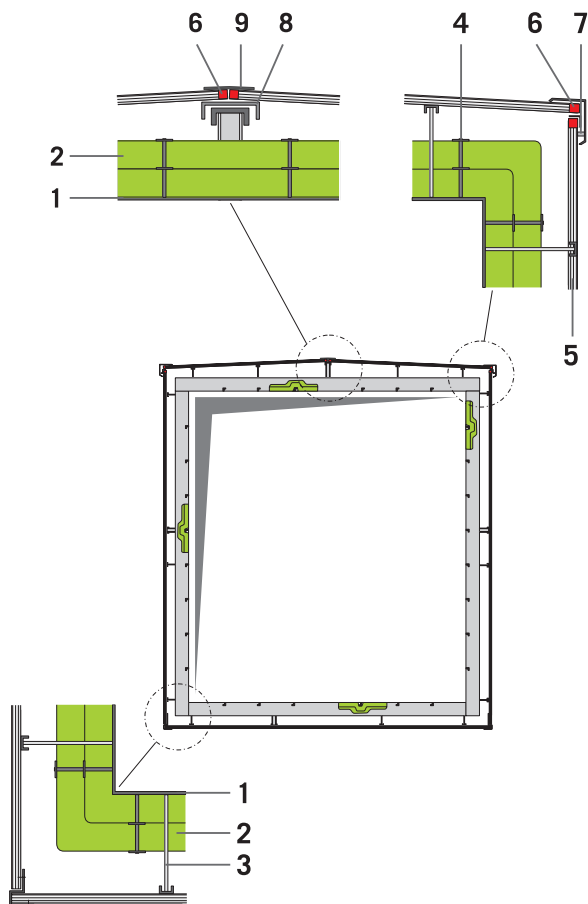


- 1. Kanalwand - 2. Dämmstoff – Rockwool RTD-2 -
- 3. Trag- und Stützkonstruktion - 4. Schweißstifte Clips -
- 5. Ummantelung Trapezblech - 6. Füller (trapezförmig) -
- 7. Z-Distanz-Steg

# 1.6 Dämmung von Rauchgaskanälen

## 1.6.2 Ummantelung von Rauchgaskanälen

Außen liegender Kanal mit einer Ummantelung als Satteldach ausgeführt



- 1. Kanalwand - 2. Dämmstoff – Rockwool RTD-2 -
- 3. Trag- und Stützkonstruktion - 4. Schweißstifte Clips -
- 5. Ummantelung Trapezblech - 6. Füller (trapezförmig) -
- 7. Z-Distanz-Steg - 8. Hilfskonstruktion - 9. Aufbördelung des Untergurtes

### 1.6.3 Schalldämmung von Rauchgaskanälen

Die Wärmedämmung an Rauchgaskanälen beeinflusst die Ausbreitung von Luft- und Körperschall. Die Effekte, die damit erzielt werden, sind von vielen Faktoren wie der Frequenz, dem Schalldruckpegel und dem Konstruktionsaufbau abhängig. Folgende konstruktive Maßnahmen beeinflussen die akustischen Eigenschaften eines Dämmsystems:

- Änderung der Dämmschichtdicke und / oder Rohdichte des Dämmstoffes
- Änderung des lichten Abstandes zwischen Rauchgaskanal und Ummantelung
- akustische Entkoppelung der Ummantelung vom Rauchgaskanal mit elastischen Elementen in der Trag- und Stützkonstruktion (z. B. Omega-Bügel, Gummielemente, Stahlwollekissen)
- Erhöhung der Flächengewichte der Ummantelung durch Werkstoffwahl bzw. Blechdicke
- Innenseitige Beschichtung der Ummantelung mit Entdröhnungsmaterialien
- mehrschaliger Dämmaufbau mit mindestens zwei separaten Dämmschichten und Ummantelungen







# 2. Theorie

Für die Planung, Auslegung und Ausführung von technischen Dämmungen gibt es eine Vielzahl von Normen und Richtlinien sowie technische Berechnungsregeln. Die Berücksichtigung dieser Regelwerke ist zwingend erforderlich um die Funktionalität, den wirtschaftlichen Betrieb, die Sicherheit und die Langlebigkeit einer Technischen Anlage sicherzustellen. Die im Folgenden gemachten Ausführungen können natürlich nicht alle Inhalte dieser Regelwerke wiedergeben und erheben daher auch keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Weiterführende Einblicke in die relevanten Regelwerke geben spezielle Rockwool Seminare, die bundesweit angeboten werden.

## 2.1 Normen und Richtlinien

### 2.1.1 Relevanten Richtlinien für die Technische Isolierung in Deutschland

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Übersicht der Normen und Vorschriften, die bei der Dämmung betriebstechnischer Anlagen mit Mineralwolle-Dämmstoffen zu beachten sind. Sie unterteilen sich auf der einen Seite in Produkt- und Stoffnormen, die die unterschiedlichen Dämmstoffeigenschaften festlegen, sowie in Prüf- und Ausführungsregularien auf der anderen Seite. Das deutsche Normen- und Vorschriftensystem beruht in erster Linie auf folgenden Bestandteilen: DIN-Normen, VDI-Richtlinien, AGI-Arbeitsblättern, VDI-Gütesicherung, RAL-Gütezeichen. Darüber hinaus gibt es zusätzliche Verordnungen für spezielle Einsatzgebiete sowie Werknormen seitens der Betreiber, die es zu beachten gilt.

Stoffnormen und Ausführungsrichtlinien	Anwendungs-/ Geltungsbereich
AGI Q02: Dämmarbeiten an betriebstechnischen Anlagen - Begriffe-	Die in den AGI-Q Arbeitsblättern verwendeten Begriffe werden in diesem Arbeitsblatt definiert.
AGI Q03: Ausführung von Wärme- und Kälte-dämmungen -Dämmarbeiten an betriebstechnischen Anlagen-	Dieses Arbeitsblatt gilt für Dämmarbeiten an betriebstechnischen Anlagen. Dabei wird unterteilt in Wärmedämmarbeiten für Betriebstemperaturen über der Umgebungstemperatur und in Kälte-dämmarbeiten für Betriebstemperaturen unter der Umgebungstemperatur.
AGI Q05: Konstruktion betriebstechnischer Anlagen -Grundlagen, Planung, Anforderungen an die Schnittstellen zwischen Anlagenteilen und Dämmung-	Dieses Arbeitsblatt ist für Planer und Konstrukteure erarbeitet worden, die betriebstechnischen Anlagen einschließlich der erforderlichen Wärme- bzw. Kälte-dämmung zu entwerfen haben. Es behandelt insbesondere die Schnittstellen zwischen Anlagenkonstruktion und Dämmung.
AGI Q101: Dämmarbeiten an Kraftwerkskomponenten -Ausführung-	Das Arbeitsblatt Q 101 gilt für Dämmarbeiten an Kraftwerkskomponenten wie Dampferzeuger- und Rauchgasreinigungsanlagen, Rohrleitungssystemen und Stahlschornsteinen.
AGI Q 103: Dämmarbeiten an betriebstechnischen Anlagen -Elektrische Begleitheizungen-	Diese Arbeitsblatt gilt für Dämmarbeiten an betriebstechnischen Anlagen mit elektrischen Begleitheizungen.
AGI Q 104: Dämmarbeiten an betriebstechnischen Anlagen -Begleitheizsysteme mit Wärmeträgern-	Diese Arbeitsblatt gilt für Dämmarbeiten an betriebstechnischen Anlagen, die mit Wärme- und/oder Kälte-trägern, z. B. in Beirohren oder Halbschalen, beheizt und/oder gekühlt werden.

## 2.1 Normen und Richtlinien

### 2.1.1 Relevanten Richtlinien für die Technische Isolierung in Deutschland

<p>AGI Q 132: Mineralwolle als Dämmstoff für betriebstechnische Anlagen</p>	<p>Dieses Arbeitsblatt gilt für Mineralwolle-Dämmstoffe, die zur Wärme-, Kälte- und Schalldämmung betriebstechnischer Anlagen in der Industrie und in der Technischen Gebäudeausrüstung verwendet werden.</p>
<p>AGI Q151: Dämmarbeiten -Korrosionsschutz bei Wärme- und Kälteämmungen an Betriebstechnischen Anlagen-</p>	<p>Dieses Arbeitsblatt gilt für den Korrosionsschutz durch Beschichtungssysteme für Oberflächen betriebstechnischer Anlagen, z. B. Apparate, Kolonnen und Rohrleitungen, die gegen Wärme- und Kälteverluste gedämmt werden. Da die Norm DIN EN ISO 12944 keine Aussagen über den Korrosionsschutz unter Dämmsystemen macht, ist dieses Arbeitsblatt als eine Ergänzung zur DIN EN ISO 12944 zu betrachten. Dieses Arbeitsblatt gilt nicht für Haftvermittler.</p>
<p>AGI Q152: Dämmarbeiten an betriebstechnischen Anlagen -Schutz gegen Durchfeuchten-</p>	<p>Dieses AGI-Arbeitsblatt gilt für Objekte, deren Dämmung gegen Feuchte und vor allem gegen das Eindringen von Flüssigkeiten, z. B. Wasser, Wärmeträgeröl geschützt werden muss.</p>
<p>AGI Q153: Dämmarbeiten an betriebstechnischen Anlagen -Halterungen für Tragkonstruktionen-</p>	<p>Das AGI-Arbeitsblatt Q 153 gilt für die Anordnung und Ausführung von Halterungen. Sie übertragen die Lasten der Dämmung über Tragkonstruktionen auf das Objekt.</p>
<p>AGI Q 154 Dämmarbeiten an betriebstechnischen Anlagen -Tragkonstruktionen-</p>	<p>Das AGI-Arbeitsblatt Q 154 gilt für die Ausführung von Tragkonstruktionen.</p>
<p>DIN 4140: Dämmarbeiten an betriebstechnischen Anlagen in der Industrie und in der Technischen Gebäudeausrüstung - Ausführung von Wärme- und Kälteämmungen</p>	<p>Diese Norm gilt für Dämmarbeiten an betriebstechnischen Anlagen. Das sind Produktions- und Verteilungsanlagen in der Industrie und in der Technischen Gebäudeausrüstung, z. B. Apparate, Behälter, Kolonnen, Tanks, Dampferzeuger, Rohrleitungen, Heizungs- und Lüftungs-, Klima-, Kalt- und Warmwasseranlagen. Bei Vorliegen brandschutztechnischer Anforderungen sind die einschlägigen Normen bzw. bauaufsichtliche Zulassungen zu beachten. Diese Norm gilt nicht für Dämmarbeiten an Gebäudehüllen, Innenwänden und Zwischendecken, im Schiff- und Fahrzeugbau sowie im Kontrollbereich von Kernkraftwerken.</p>
<p>VDI 2055: Wärme- und Kälteschutz von betriebstechnischen Anlagen in der Industrie und in der Technischen Gebäudeausrüstung</p>	<p>Der Geltungsbereich der Richtlinie umfasst den Wärme- und Kälteschutz an betriebstechnischen Anlagen der Industrie und in der Technischen Gebäudeausrüstung wie Rohrleitungen, Kanälen, Behältern, Apparaten und Maschinen sowie Kühlhäusern. Die Mindestdämmschichtdicken bei Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen in der technischen Gebäudeausrüstung sind für Deutschland in der Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung- EnEV) geregelt. Die in der vorliegenden Richtlinie aufgeführten Gesichtspunkte können zu anderen Dämmschichtdicken führen. Für den Wärmeschutz im Bauwesen gelten die EnEV sowie die DIN 4108. Bezüglich des Brandverhaltens von Dämmstoffen und Feuerwiderstandsklassen von Dämmungen sind gesetzlichen Vorschriften, z. B. Landesbauordnungen und Leitungsanlagen-Richtlinien der Bundesländern, zu beachten.</p> <p>Als Standardwerk für wärmetechnische Berechnungen, Gewährleistung, Messverfahren und Lieferbedingungen bei betriebs- und haustechnischen Anlagen gilt die VDI-Richtlinie 2055. Die Richtlinie umfasst im Detail die Berechnung der Wärmeströme, die Bemessung der Dämmschichtdicke nach betriebstechnischen und wirtschaftlichen Aspekten, den technischen Gewährleistungsnachweis sowie die technischen Bedingungen für Liefermengen und Leistungen. Darüber hinaus behandelt die Richtlinie Mess- und Prüfverfahren (auch zur Gütesicherung).</p> <p>Die VDI 2055, die zurzeit überarbeitet wird, besteht zukünftig aus 3 Teilen          Teil1: Berechnungsgrundlagen          Teil2: Messen, Prüfen und Zertifizieren von Dämmstoffen          Teil3: Lieferbedingungen und Abnahme von Dämmsystemen          Für Teil 1 ist nach der Gründruckphase bereits die redaktionelle Abschlussbearbeitung erfolgt. Die endgültige Version wird voraussichtlich im zweiten Quartal 2008 erscheinen.</p>

Im Folgenden sind einige wichtige Prüfnormen der Produkteigenschaften für Dämmstoffe aufgeführt.

### Prüfnormen

Baustoffklasse (Brandverhalten)	DIN 4102-1	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Teil 1: Baustoffe, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
Schmelzpunkt	DIN 4102-17	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Teil 17: Schmelzpunkt von Mineralfaser-Dämmstoffen
Wärmeleitfähigkeit (Rohr)	DIN EN ISO 8497	Wärmeschutz - Bestimmung der Wärmetransporteigenschaften im stationären Zustand von Wärmedämmungen für Rohrleitungen
Wärmeleitfähigkeit (Platten)	DIN EN 12667	Wärmetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten - Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommessgerät - Produkte mit hohem und mittlerem Wärmedurchlasswiderstand
Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl	DIN EN 12086	Wärmedämmstoffe für das Bauwesen - Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit
AS-Qualität	DIN EN 13468 Ersetzt die AGI Q135	Wärmedämmstoffe für die Haustechnik und für betriebstechnische Anlagen - Bestimmung des Gehalts von wasserlöslichen Chlorid-, Fluorid-, Silikat- und Natriumionen und des pH-Wertes
Hydrophobierung	DIN EN 13472 Ersetzt die AGI Q136	Wärmedämmstoffe für die Haustechnik und für betriebstechnische Anlagen - Bestimmung der Wasseraufnahme bei kurzzeitigem teilweisem Eintauchen von vorgeformten Rohrdämmstoffen
Obere Anwendungsgrenztemperatur	DIN EN 14706 (für ebene Produkte) DIN EN 14707 (für Rohrschalen)	Wärmedämmstoffe für die Haustechnik und für betriebstechnische Anlagen - Bestimmung der oberen Anwendungsgrenztemperatur.  Wärmedämmstoffe für die Haustechnik und für betriebstechnische Anlagen - Bestimmung der oberen Anwendungsgrenztemperatur von vorgeformten Rohrdämmstoffen
Silikonfreiheit	Gemäß VW Test 3.10.7	Mit diesem Testverfahren wird überprüft, ob die Dämmstoffe frei von lackbenetzungsstörenden Substanzen (z. B. Silikona) sind
(Druckfestigkeit) Druckspannung bei 10%-Stauchung	DIN EN 826	Wärmedämmstoffe für das Bauwesen - Bestimmung des Verhaltens bei Druckbeanspruchung
Längenbezogener Strömungswiderstand	DIN EN 29053 Bestimmung des Strömungswiderstandes	Akustik; Materialien für akustische Anwendungen; Bestimmung des Strömungswiderstandes (ISO 9053:1991)

## 2.1 Normen und Richtlinien

### 2.1.1 Relevanten Richtlinien für die Technische Isolierung in Deutschland

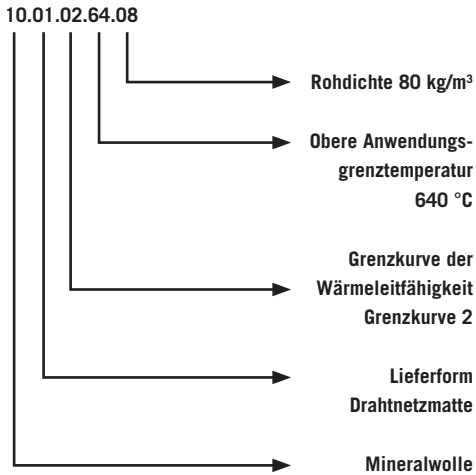
#### Dämmstoffkennziffer nach AGI Q 132

In der AGI Q 132 werden die Stoffeigenschaften, sowie die Anforderungen, die an Mineralwolle Dämmstoffe für betriebstechnische Anlagen gestellt werden, festgelegt. Die Dämmstoffe nach AGI Q 132 werden mit einem zehnstelligen Kennziffer bestehend aus fünf Zifferpaaren gekennzeichnet. Hierin steht das erste Zifferpaar „10“ für Mineralwolle. Die weiteren Zifferpaare stehen für die

- Lieferform
- Wärmeleitfähigkeitsgruppe
- Gruppe der oberen Anwendungsgrenztemperatur
- Rohdichtegruppe

Mineralwolledämmstoff		Lieferform		Wärmeleitfähigkeit		Obere Anwendungstemperatur		Nennrohddichte	
Gruppe	Art	Gruppe	Form	Gruppe	Lieferform	Gruppe	°C	Gruppe	kg/m <sup>3</sup>
10	Mineralwolle	01	Drahtnetzmatte	01	Grenzkurve 1	10	100	02	20
		02	Lamellenmatte	02	Grenzkurve 2	12	120	03	30
		03	Lamellenmatte Druckfest	03	Grenzkurve 3	14	140	04	40
		04	(Rohr) Schalen	04	Grenzkurve 4	16	160	05	50
		05	(Rohr) Bögen	05	Grenzkurve 5	•	•	06	60
		06	Filze			•	•	07	70
		07	Matten			•	•	08	80
		08	Platten			72	720	09	90
		09	Segmenten			74	740	10	100
		10	Lose Wolle			76	760	11	110
								12	120
								13	130
								18	190
*) Die Ziffer 99 gilt nur für (Rohr)schalen.								99	*)

Am Beispiel der Rockwool Drahtnetzmatte RTD-2 ergibt sich hierbei folgende.



### Europäische Normierung

Um technische Handelshemmnisse abzubauen, hat die Europäische Union beschlossen einheitliche europäische Produktnormen zu erstellen. In diesen Produktnormen werden die Produkteigenschaften sowie die Prüfverfahren für diese Eigenschaften festgeschrieben. Mindestanforderungen für bestimmte Produkteigenschaften bleiben nach wie vor in nationaler Verantwortung und werden in den einzelnen Ländern festgelegt. Die EU erteilt Aufträge in Form von Mandaten an den Verein CEN (Comité Européen de Normalisation), damit dieser entsprechende Normen erarbeitet. Die meisten Aufträge sind mittlerweile erteilt, und erste harmonisierte Normen wie z. B. die Dämmstoffnormen für den Hochbau (DIN EN 13262) sind erschienen. Die europäischen Produktnormen für die Technische Isolierung werden zurzeit erstellt. Für die Mineralwolle ist dies die prEN 14303 ‚Wärmedämmstoffe für die Haustechnik und für betriebstechnische Anlagen - Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) - Spezifikation‘. Mit der offiziellen Einführung

dieser Norm wird in 2009 gerechnet.

Nach der Ratifizierung muss eine Europäische Norm von den nationalen Normungsorganisationen unverändert als nationale Norm übernommen werden, abweichende nationale Normen sind zurückzuziehen. Jede angenommene Europäische Norm wird in jedem EU-Land mit einem nationalen Vorwort veröffentlicht, z. B. in Deutschland: DIN-EN-XXXX, England (British Standard ): BS-EN-XXX. Die (noch) nicht ratifizierten Normen werden mit den Buchstaben ‚pr‘ (für proof) gekennzeichnet. z. B.: prEN-14303.

### Internationale Normierung

Besonders bei internationalen Projekten außerhalb Deutschlands oder Europas gelten oft nationale, länderspezifische Normen und Richtlinien, die zu beachten sind. Die nachfolgenden Tabellen zeigen eine Übersicht einiger Normen und Vorschriften, die bei der Dämmung betriebstechnischer Anlagen mit Mineralwolle-Dämmstoffen anzuwenden sind. Sie unterteilen sich in Stoffnormen, die die unterschiedlichen Dämmstoffeigenschaften festlegen, sowie in Prüf- und Ausführungsregularien. Darüber hinaus müssen spezielle Verordnungen der Auftraggeber beachtet werden, die z. B. in betriebsinternen Werksrichtlinien festgeschrieben sind. Aufgrund der Vielzahl der internationalen Normen und Vorschriften erheben die im Weiteren aufgeführten Tabellen keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

### CINI Richtlinie

CINI ist ein niederländischer Verein, in dem sich verschiedene Unternehmen, die in der Technischen Isolierung von industriellen Anlagen tätig sind, zusammengeschlossen haben, um einheitliche Stoff- und Ausführungsrichtlinien zu erarbeiten. Bei der Erstellung dieser Normen arbeitet CINI eng mit im Dämmstoffsektor tätigen Firmen, z. B. Bauherren, Verarbeitern und Lieferanten zusammen. Die CINI-Standards sind Richtlinien, stellen aber keine

## 2.1 Normen und Richtlinien

### 2.1.1 Relevanten Richtlinien für die Technische Isolierung in Deutschland

nationalen Normen dar. Dennoch werden die CINI-Standards in vielen Fällen von Betreibern und Planern in den Beneluxländern sowie von internationalen Unternehmen der Petrochemie wie z. B. Shell angewandt. Sie werden häufig als Ausschreibungsrichtlinien für Dämmarbeiten von Betreibern und Planern

verwendet. Auch die CINI Standards unterteilen sich in Stoffnormen und Ausführungsregularien. Die Prüfung der Stoffeigenschaften stützt sich dabei häufig auf ASTM and AGI Richtlinien.

Dämmstoffe (Stoffnormen)	CINI 2.1.01	Steinwolle Platten: Rockwool (RW) slabs for the thermal insulation of equipment
	CINI 2.1.02	Drahtnetzmatzen: Rockwool (RW) wire mesh blankets for the thermal insulation of large diameter pipes, flat walls and equipment
	CINI 2.1.03	Rohrschalen: Rockwool sections and prefabricated elbows for the thermal insulation of pipes
	CINI 2.1.04	Lose Wolle: Loose rockwool without binder for the thermal insulation of valve boxes and the Specification stuffing of insulation mattresses
	CINI 2.1.05	Lamellenmatte: Rockwool lamella mats for the thermal insulation of air ducts, pipe bundles and equipment
	CINI 2.1.06	Aluminium kaschierte Rohrschalen: Rockwool sections with reinforced pure aluminum foil facing for the thermal insulation of pipes
Ummantelung (Stoffnormen)	CINI 3.1.02	Aluminisiertes Stahlblech: Aluminized steel cladding for the finishing of insulation
	CINI 3.1.03	Stahlblech Alu-Zn beschichtet: Alu-zinc steel cladding for the finishing of insulation
	CINI 3.1.04	Verzinktes Stahlblech: Continuous hot dip (Sendzimir) galvanized steel cladding for the finishing of insulation
	CINI 3.1.05	Nicht rostendes austenititsches Stahlblech Stainless steel cladding for the finishing of insulation
	CINI 3.2.11	Rocktight: Weather resistant UV-curing glassfiber-reinforced polyester (GRP)
Verarbeitungsrichtlinien	CINI 1.3.10	Allgemeine Verarbeitungsrichtlinien: Installation instructions for the thermal insulation of hot pipelines and equipment ( insulated with mineral wool)
	CINI 4.1.00a	Rohrleitungen: (Overview) piping insulation details
	CINI 4.2.00	Kolonnen: (Overview) insulation/finishing details overview columns
	CINI 4.3.00	Behälter: (Overview) insulation/finishing detail overview vertical vessels
	CINI 4.4.00	Wärmetauscher: (Overview) insulation/finishing details overview horizontal heat exchangers
	CINI 4.5.00	Behälter: (Overview) insulaton/finishing details for tanks(operating temperature from 20°C to 180°C
	CINI 7.2.01	Korrosionsschutz: Corrosion Protection Under Insulation



## ASTM

ASTM International (ASTM), ursprünglich als Amerikanische Gesellschaft für Materialprüfung bekannt, ist eine internationale Normenorganisation, die freiwillige Standards für eine große Palette an Stoffen, Produkten, Systemen und Dienstleistungen entwickelt und veröffentlicht. ASTM ist älter als andere Normenorganisationen wie z. B. BSI (1901) und DIN (1917), unterscheidet sich aber von diesen darin, dass es sich um kein nationales Normengremium handelt. Dessen Aufgabe wird in den USA vom Institut ANSI wahrgenommen. Dennoch spielt ASTM bei den Normenspezifikationen in den USA und für viele internationale Projekte – vor allem im Mittleren Osten, Asien und Südamerika – eine beherrschende Rolle.

Die ASTM Normen unterteilen sich in Stoffnormen und in Prüfungsnormen für Produkteigenschaften. Besonders internationale Ausschreibungen für die Dämmung betriebstechnischer Anlagen verweisen in vielen Fällen auf relevante ASTM Normen.

Das Jahrbuch der ASTM-Normen besteht aus 77 Bänden. Die einschlägigen Normen für Dämmung sind im ASTM-Band „04.06-Wärmedämmung; Schalldämmung in Gebäuden und im Umweltschutz“ enthalten. Ein entsprechender Auszug ist unten aufgeführt.

Stoffnormen	ASTM C592	Drahtnetzmaten: "Standard specification for mineral fibre blanket insulation and blanket-type insulation (Metal-mesh covered) (Industrial type)"
	ASTM C547	Rohrschalen: "Rockwool sections. For the thermal insulation of pipes. Standard specification for mineral fibre pipe insulation"
	ASTM C612	Platten: "Rockwool (RW) slabs for thermal insulation of equipment Standard specification for mineral fibre block and board thermal insulation"
Produkteigenschaften	ASTM C335	Prüfung der Wärmeleitfähigkeit (Rohrschalen): "Standard test method for steady-state heat transfer properties of pipe insulation"
	ASTM C177	Prüfung der Wärmeleitfähigkeit (Platten): "Standard test method for steady-state heat flux measurements and thermal transmission properties by means of the guarded hot plate apparatus test method"
	ASTM C411	Prüfung der obere Anwendungstemperatur: "Standard test method for hot-surface performance of high-temperature thermal insulation"
	ASTM E84	Prüfung der Flammausbreitung auf Oberflächen: "Standard test method for Surface Burning characteristics of Building Materials"
	ASTM C795	Wärmedämmung an Bauteilen aus austenitischem Stahl: "Thermal insulation for use in contact with austenitic stainless steel"
	ASTM C692	Einfluß der Technischen Isolierung auf Spannungsrißkorrosion an austenitischen Stählen: "Evaluating the influence of Thermal Insulations on External Stress Corrosion Cracking Tendency of Austenitic Stainless Steel"
	ASTM C871	Prüfung des Chloridionengehaltes: "Chemical Analysis of Thermal Insulation Materials for Leachable Chloride, Fluoride, Silicate plus Sodium ions"
	ASTM C1104/C1104M	Hydrophobierung: "Determining the Water Vapor Sorption of Unfaced Mineral Fiber insulation"

## 2.2 Gütesicherung

Für die einwandfreie Funktion einer unter betriebstechnischen und wirtschaftlichen Kriterien ausgelegten Wärme- oder Kälte­dämmung ist es erforderlich, dass neben der Ausführungsqualität bei der Verarbeitung die von Dämmstoffherstellern zugesicherten Eigenschaften der Produkte, wie z. B. die Wärmeleitfähigkeit oder die Temperaturbeständigkeit, dauerhaft eingehalten werden. Namhafte Dämmstoffproduzenten stellen dies durch umfangreiche Eigen- und Fremdüberwachungen sicher. Die VDI 2055 ‚Wärme- und Kälteschutz von betriebstechnischen Anlagen in der Industrie und in der technischen Gebäudeausrüstung‘ regelt diese freiwillige Gütesicherung.

Die VDI 2055 Gütesicherung von Dämmstoffen unterteilt sich in eine Überwachung, die sich aus einer Fremd- und Eigenüberwachung zusammensetzt, und einer Zertifizierung von Dämmstoffen für betriebstechnische Anlagen. Die Basis für die Überwachung bilden die auf den Produktdatenblättern, Prospekten oder Preislisten der Hersteller angegebenen Eigenschaftswerte wie z. B. die Wärmeleitfähigkeit oder die obere Anwendungsgrenztemperatur. Hierdurch kann ein Nutzer oder Verarbeiter von VDI 2055 gütegesicherten Dämmstoffen sicher davon ausgehen dass auch werblich dargestellte Eigenschaftswerte einer Güteüberwachung unterliegen. Bei Übereinstimmung des Produktes mit den vom Hersteller in Produktdatenblättern angegebenen Eigenschaften erteilt die Zertifizierungsstelle das Nutzungsrecht für das Zertifizierungszeichen ‚Überwacht nach VDI 2055‘.



Im Folgenden sind die Produkteigenschaften aufgeführt, die bei einem Mineralwolle-Dämmstoff mindestens überwacht sein müssen, damit das VDI 2055 Überwachungszeichen geführt werden darf:

- Wärmeleitfähigkeit als Kurve ( $\lambda=f(t)$  oder  $f(t_m)$ )
- Abmessungen (Länge, Breite, Dicke)
- Rohdichte
- Obere Anwendungsgrenztemperatur

Des Weiteren werden die folgenden Produkteigenschaften üblicherweise zusätzlich fremdüberwacht:

- Brandverhalten
- Wasserabweisende Eigenschaften
- Gehalt von wasserlöslichen Chloriden (AS-Qualität)

### Eigenüberwachung

Bei laufender Fertigung entnimmt der Hersteller Proben und prüft die entsprechenden Produkteigenschaften. Für Eigenschaften wie z. B. die Wärmeleitfähigkeit können hierzu auch indirekte Messmethoden verwendet werden. Der Hersteller muss ein Qualitätsmanagement-Verfahren betreiben, das bei Messabweichungen von den Sollwerten die erforderlichen Maßnahmen zur Abstellung der Mängel einleitet.

### Fremdüberwachung

Zur Fremdüberwachung nach VDI 2055 schließt der Hersteller einen Überwachungsvertrag mit einem federführenden Prüfinstitut, wie z. B. dem FIW Forschungsinstitut für Wärmeschutz, ab.

Die Fremdüberwachung setzt sich aus folgenden Elementen zusammen:

- Prüfung der Eigenüberwachung
- Prüfung der Kennzeichnung der Produkte
- Produktprüfung

## Zertifizierung

Bei ordnungsgemäßer Durchführung der Eigen- und Fremdüberwachung von werkgefertigten Dämmstoffen nach VDI 2055 wird durch DIN CERTCO ein Zertifikat über die Konformität zu VDI 2055, den Merkblättern der VDI AG „Gütesicherung“ und zu den technischen Daten der Hersteller erstellt.

## RAL

Das RAL-Gütezeichen: Zertifikat für Qualität und hohe Biolöslichkeit.

Rockwool Steinwolle-Dämmstoffe sind besonders biolöslich und zwar so, dass sie die strengen Richtwerte sowohl des deutschen Gefahrstoffrechts als auch der EU unterbieten.

## Kein Herstellungs- und Verwendungsverbot

In der Gefahrstoffverordnung und in der Chemikalien-Verbotsverordnung hat die Bundesregierung Kriterien für die Beurteilung von Mineralwolle-Dämmstoffen festgelegt. Produkte, die diese Kriterien nicht entsprechen, dürfen in Deutschland nicht hergestellt und nicht verwendet werden. Rockwool Steinwolle-Dämmstoffe erfüllen diese Anforderungen. Das Herstellungs- und Verwendungsverbot gilt für Rockwool Steinwolle-Dämmstoffe nicht. Rockwool Steinwolle Dämmstoffe sind auch nach den Kriterien der EU-Richtlinie 97/69/EG frei von Krebsverdacht.

## RAL-Gütezeichen

Rockwool Steinwolle-Dämmstoffe sind mit dem RAL-Gütezeichen gekennzeichnet. Sie unterliegen damit nach den strengen Kriterien der Güte- und Prüfbestimmungen der Gütegemeinschaft Mineralwolle e.V. ständigen Kontrollen, die die Einhaltung der

Kriterien des deutschen Gefahrstoffrechts und der EU-Richtlinie garantieren. So gilt sowohl nach deutschen als auch nach europäischen Maßstäben: Unsere biolösliche Steinwolle bietet hervorragenden Wärme-, Kälte-, Schall und Brandschutz bei hoher Sicherheit.

## 2.3 Produkteigenschaften

Im Folgenden sind die wichtigsten Produkteigenschaften von Mineralwolle-Dämmstoffen, die bei der Dämmung betriebstechnischer Anlagen zum Einsatz kommen, aufgeführt.

### Baustoffklassen

Grundsätzlich ist zu bedenken, dass die Brandlast in einem Gebäude oder einer technischen Anlage durch brennbare Dämmstoffe deutlich erhöht werden kann. Nichtbrennbare Dämmungen wie, z. B. Mineralwolle mit einem Schmelzpunkt von > 1.000 °C, hingegen wirken sich nicht nur positiv auf die Brandlast aus, sondern stellen im Brandfall auch einen gewissen Brandschutz für das gedämmte Anlagenteil dar. Die Baustoffklassen für Dämmstoffe der Technischen Isolierung werden gemäß der DIN 4102-1 klassifiziert. Man unterscheidet zwischen nichtbrennbaren Baustoffen der Klasse A1 und A2 sowie brennbaren Baustoffen B1 bis B3.

- A1 nichtbrennbar
- A2 nichtbrennbar
- B1 schwer entflammbar
- B2 normal entflammbar
- B3 leicht entflammbar (dürfen in Deutschland nicht verwendet werden)

## 2.3 Produkteigenschaften

### Hinweis

Mit Einführung der europäischen Produktnormen für die Technische Isolierung werden auch die ‚europäischen Baustoffklassen‘, die Euroklassen, eingeführt. Die Klassifizierung erfolgt dann nach der DIN EN 13501-1, ‚Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten‘ in Kombination mit den Vorgaben der europäischen Produktnorm.

Bei internationalen Projekten werden häufig Nicht-brennbarkeitsnachweise gemäß ASTM E84 gefordert. Darin geht es um die Vermeidung der Flammausbreitung über die Oberfläche von Dämmstoffen. Planern und Anlagenbauern, die sich mit einer solchen Anforderung konfrontiert sehen, steht das RTI Vertriebsteam beratend zur Seite. Viele der Rockwool Dämmstoffe verfügen bereits über entsprechende ASTM-Nachweise.

### Wärmeleitfähigkeit

Die wärmedämmende Wirkung von Dämmstoffen wird durch die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  beschrieben.  $\lambda$  wird in der physikalischen Einheit  $W/(m \cdot K)$  angegeben. Sie gibt an, welche Wärmemenge  $Q$  in der Zeit  $t$  und bei einem Temperaturunterschied  $\Delta T$  über die Dicke  $l$  durch die Fläche  $A$  strömt.

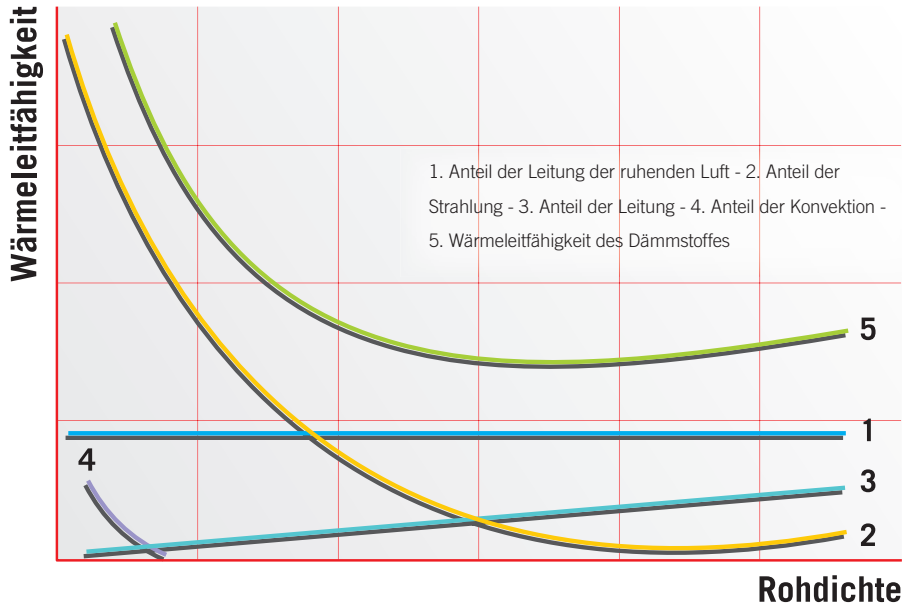
$$\lambda = \frac{Q \cdot l}{A \cdot t \cdot \Delta T} = \frac{[J] \cdot [m]}{[m^2] \cdot [s] \cdot [K]} = \frac{J}{m \cdot s \cdot K} = \frac{W}{m \cdot K}$$

Die Einheit der Wärmeleitfähigkeit ergibt sich somit zu  $J/(m \cdot s \cdot K)$  bzw.  $W/(m \cdot K)$ . Die Wärmeleitfähigkeit ist abhängig von der Temperatur, der Rohdichte und Struktur des Dämmstoffes und setzt sich aus folgenden Anteilen zusammen:

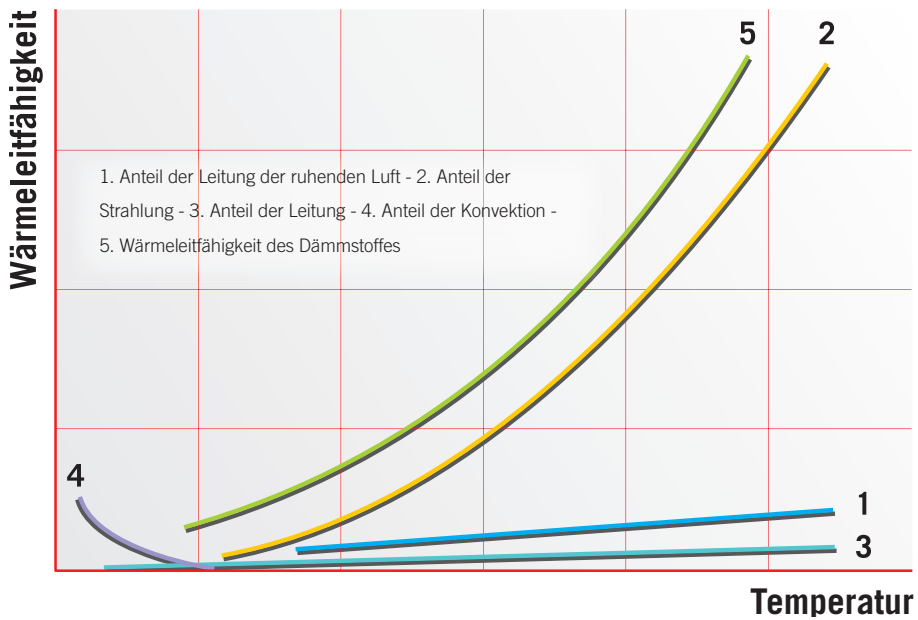
- Wärmeleitung der ruhenden Luft in den Zwischenräumen
- Wärmestrahlung
  - zwischen den Fasern
  - zwischen den Begrenzungsflächen beiderseits der Dämmschichten bei Dämmstoffen geringer Rohdichten
- Wärmeleitung über die Fasern
- Konvektion (nur bei niedrigen Temperaturen und Rohdichte)

Die prinzipiellen Abhängigkeiten dieser Wärmetransportarten von Temperatur und Rohdichte bei Mineralwolle sind aus den im Weiteren aufgeführten Bildern ersichtlich. Die einzelnen Anteile lassen sich messtechnisch nicht erfassen und bilden zusammen die Wärmeleitfähigkeit eines Dämmstoffes.

Prinzipielle Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit der Wärmeleitfähigkeit von der Rohdichte bei einer bestimmten Temperatur



Prinzipielle Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit von der Temperatur für eine bestimmte Rohdichte



## 2.3 Produkteigenschaften

Wärmeleitfähigkeiten für die Technische Isolierung werden je nach Anwendung am Rohr oder an einer Platte gemessen. Man unterscheidet zwischen der Laboratoriumswärmeleitfähigkeit, dem Nennwert der Wärmeleitfähigkeit sowie der Betriebswärmeleitfähigkeit, deren einzelne Definitionen unten aufgeführt sind.

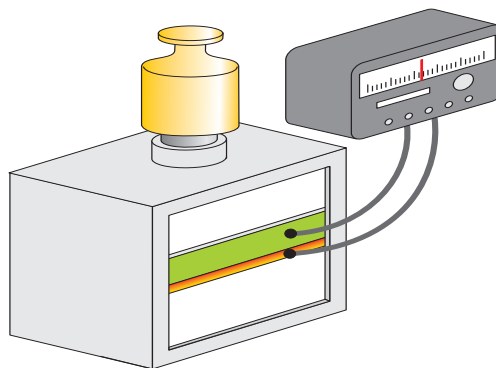
Laboratoriums-Wärmeleitfähigkeit	Dies ist die Wärmeleitfähigkeit, die unter Laborbedingungen an ebenen Dämmstoffen am Plattengerät ( $\lambda_{\text{lab,P}}$ ) gemäß DIN EN 12667 und DIN EN 12939 bzw. am Rohrgerät ( $\lambda_{\text{lab,R}}$ ) an hohlzylindrischen Dämmstoffen wie Rohrschalen gemäß DIN EN ISO 8497 gemessen wird. Am Plattengerät erhält man die Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur. Die am Rohrgerät ermittelte Wärmeleitfähigkeit ergibt sich in Abhängigkeit zur Mitteltemperatur.
Nennwert der Wärmeleitfähigkeit	Das ist die vom Hersteller angegebene Wärmeleitfähigkeit unter Berücksichtigung von fertigungsbedingten Qualitätsschwankungen und ggf. Alterung z. B. hervorgerufen durch Gasaustausch bei geschlossenzelligen Dämmstoffen. Dabei ergeben sich die Nennwerte $\lambda_{\text{N,P}}$ für ebene Produkte und $\lambda_{\text{N,R}}$ für Rohrdämmstoffe aus den Laboratoriums-Wärmeleitfähigkeiten unter Benutzung entsprechender Zuschlagswerte.
Betriebswärmeleitfähigkeit	Die Betriebswärmeleitfähigkeit ist der Bemessungswert, mit dem wärmetechnische Kenngrößen wie Wärmestromdichte, Oberflächentemperatur und Dämmschichtdicke berechnet werden. Sie ist durch den Planer für die voraussichtlich herrschenden Betriebsrandbedingungen für jede Anwendung zu berechnen. Nähere Details können der VDI 2055 entnommen werden.

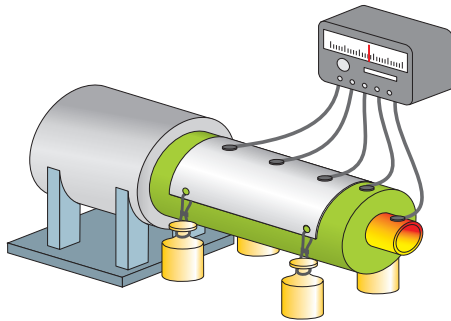
### Obere Anwendungsgrenztemperatur – AGI Q 132

Die obere Anwendungsgrenztemperatur ersetzt den Begriff Klassifizierungstemperatur, der noch in der AGI G 132 von 1996 gebräuchlich war. Sie wird im Labor unter Berücksichtigung der Lieferform bei statischen Bedingungen ermittelt. Für ebene Produkte wird die obere Anwendungsgrenztemperatur nach der DIN EN 14706 und für Rohrschalen nach der DIN EN 14707 ermittelt. Bei der Prüfung wird die Dämmstoffprobe mit einem Druck von 500 Pa, das entspricht in etwa einer Belastung von 50 kg/m<sup>2</sup>.

Der Probekörper wird dann einseitig mit einer Aufheizgeschwindigkeit von 5 K/min erhitzt, bis die angestrebte obere Anwendungsgrenztemperatur erreicht ist. Danach wird die Temperatur für 72 Stunden aufrecht er halten bevor der Dämmstoff unter natürlicher Abkühlung wieder auf die Raumtemperatur

zurück kühlt. Während des gesamten Verfahrens, wird die Verformung des Dämmstoffes gemessen. Über den gesamten Prüfungsablauf darf die Verformung des Probekörpers nicht mehr als 5 % betragen.





### Obere Anwendungstemperatur

Im Gegensatz zur oberen Anwendungstemperatur ist die obere Anwendungstemperatur die Temperatur, bei welcher der Dämmstoff unter Betriebsbedingungen und den im Anwendungsfall auftretenden statischen und dynamischen Beanspruchungen dauernd ausgesetzt werden kann, ohne dass seine Eigenschaften beeinträchtigt werden. Dämmstoffe dürfen nur bis zu einer Temperatur eingesetzt werden, bei der die Wärmedämmwirkung nicht durch Dimensions-, Gefüge- oder chemische Veränderungen unzulässig beeinträchtigt wird. Die Temperaturbeständigkeit unter Betriebsbedingungen und damit die Anwendungstemperatur von Mineralwolle-Dämmstoffen wird von stoffspezifischen Eigenschaften, wie z. B. von Rohdichte, Faserstruktur, Kaschierung und Bindemittelgehalt beeinflusst.

Die zulässige obere Anwendungstemperatur von Dämmstoffen liegt im Allgemeinen unter der oberen Anwendungsgrenztemperatur.

Bei der Auswahl des geeigneten Dämmstoffes im Hinblick auf die obere Anwendungsgrenztemperatur müssen die äußeren, auf das Dämmsystem wirkenden Einflüsse wie statische Belastungen (z. B. von der Ummantelung), dynamische Belastungen (z. B. Schwingungen) sowie die Art der Ausführung (mit oder ohne Stützkonstruktion) berücksichtigt werden. Aus der AGI Q101 stammt die auf der nächsten Seite aufgeführte Tabelle, die allgemeine Abminderungsfaktoren  $f_a$  zur Ermittlung der Anwendungstemperatur vorschlägt. Hierbei muss nur die obere Anwendungsgrenztemperatur mit  $f_a$  multipliziert werden.

## 2.3 Produkteigenschaften

Abminderungsfaktor ( $f_d$ )	Obere Anwendungsgrenztemperatur	Mit Stütz- und Tragkonstruktion	Ohne Stütz- und Tragkonstruktion	Mit Stütz- und Tragkonstruktion + Luftspalt
Rohrleitungen $\leq$ DN 500	400 °C	1,0	0,9	0,9
	580 °C	0,9	0,9	0,9
	710 °C	0,9	0,8	0,8
Rohrleitungen $\geq$ DN500	400 °C	0,9	0,8	0,9
	580 °C	0,9	0,8	0,9
	710 °C	0,9	0,8	0,9
Rauchgaskanäle, Heißluftkanäle, Stahlschornsteine, Behälter, Gasturbinenkanäle	400 °C	0,9	0,8	0,9
	580 °C	0,9	0,8	0,9
	710 °C	0,9	0,8	0,8
Kesselwände			0,8	
Kesseldeckenbereiche			0,9	
Toträume			0,8	

### Verhalten gegenüber nichtrostenden austenitischen Stählen (AS-Qualität)

Die Korrosionsbeständigkeit von Stahl wird durch die Zugabe von Legierungsbestandteilen wie Chrom, Nickel und Molybdän erhöht. Da sich durch diese Legierung eine so genannte austenitische (kubisch-flächenzentriertes) Gitterstruktur bildet, nennt man diese Stahlsorten auch austenitische Stähle. Trotz ihrer allgemein guten Korrosionsbeständigkeit neigen diese Stähle unter bestimmten Voraussetzungen zur Spannungsrissskorrosion. Zum Auftreten von Spannungsrissskorrosion müssen drei Randbedingungen gemeinsam erfüllt sein:

- Der Werkstoff muss empfindlich gegen Spannungsrissskorrosion sein.
- Im Bauteil müssen Zugspannungen (z. B. aus thermischen Längenänderungen) vorliegen.
- Ein spezifisches Angriffsmittel muss vorhanden sein.

Zu diesen spezifischen Angriffsmitteln gehören z. B. Chloridionen. Für Dämmungen an Objekten aus

austenitischen Stählen muss daher ein Dämmstoff mit einem extrem niedrigen Anteil an wasserlöslichen Chloriden verwendet werden. Für diese Anwendung dürfen nur Dämmstoffe verwendet werden, die in AS-Qualität hergestellt werden.

### AS-Qualität (AGI Q 132 – EN 13468)

Für Dämmstoffe in AS-Qualität gelten daher folgende Akzeptanzkriterien. Der Mittelwert aus sechs untersuchten Proben muss einen Chloridionenanteil von  $\leq 10$  mg/kg aufweisen. Dabei darf der Maximalwert von einzelnen Messwerten 12 mg/kg nicht überschreiten.

### Hydrophobierung

Die Wärmeleitfähigkeit und damit das Dämmvermögen von Mineralwolle-Dämmstoffen wird bei Durchfeuchtung erheblich negativ beeinflusst. Aus diesem Grund sollen Dämmstoffe bei der Lagerung, Montage und im eingebauten Zustand vor Feuchtigkeit geschützt



werden. Zum Schutz gegen Durchfeuchtung werden daher Mineralwolle-Dämmstoffe hydrophobiert angeboten.

Die Hydrophobierung erschwert das Eindringen des Wassers in den Dämmstoff und lässt von außen auf den Dämmstoff einwirkendes Wasser abperlen. Während des Herstellungsprozesses der Mineralwolle wird ein Hydrophobierungsöl in einer Größenordnung von 0,2 % hinzu gegeben, das sich wie ein Schutzfilm um jede Faser legt. Damit ist ein wirksamer Durchfeuchtungsschutz über die gesamten Dämmdicke gegeben. Durch die Hydrophobierung wird die Wasserdampfdiffusionsdurchlässigkeit nicht beeinträchtigt. Die Wirksamkeit der Hydrophobierung ist zeitlich und feuchtigkeitsabhängig begrenzt und vermindert sich bei Temperatureinwirkung. In erster Linie hat die Hydrophobierung daher die Aufgabe den Dämmstoff bei der Montage z. B. durch kurzzeitigem Niederschlag zu schützen. Grundsätzlich sind auch hydrophobierte Mineralwolle-Dämmstoffe während des Transports, der Lagerung und Anwendung gegen eindringende Feuchtigkeit zu schützen. Die wasserabweisende Eigenschaft von hydrophobierten Mineralwolle-Dämmstoffen wird nach folgenden Normen für Mineralwolle überprüft.

DIN EN 1609 für Platten und nach der DIN EN 13472 für Rohrdämmstoffe. Die maximal zulässige Wasseraufnahme bei diesen Prüfverfahren darf 1 kg/m<sup>2</sup> nicht überschreiten. Rockwool Steinwolle-Dämmstoffe sind hydrophobiert und erfüllen damit diese Anforderungen.

### **Vorsicht bei Lackieranlagen**

Beim Einsatz von hydrophobierten Dämmstoffen in Lackieranlagen ist darauf zu achten, dass das Hydrophobierungsöl keine negativen Einflüsse – z. B. durch lackbenetzungsstörende Stoffe wie Silikonöle – auf den Lackierprozess hat. Rockwool Steinwolle Dämmstoffe werden ohne die Zugabe von Silikonölen

oder Silikonharzen hydrophob ausgerüstet und erfüllen daher auch die Vorgaben der Automobilindustrie wie z. B. dem VW Test 3.10.7 und dürfen daher in Lackieranlagen verwendet werden.

### **Wasserdampfdurchlässigkeit**

Gerade bei Anlagen, die im Freien errichtet werden, kann nicht immer ausgeschlossen werden, dass bei der Montage Feuchtigkeit in das Dämmsystem eintritt bzw. „mit eingebaut“ wird. Daher ist es wichtig, dass der Dämmstoff eine hohe Wasserdampfdurchlässigkeit aufweist, damit das Wasser nach dem Anfahren der Anlage durch Diffusions- oder Verdampfungsvorgänge wieder aus dem Dämmsystem austreten kann und die Dämmeigenschaften nicht negativ beeinflusst.

### **Längenspezifischer Strömungswiderstand**

Der Widerstand den ein Dämmstoff gegen das Durchströmen von Luft setzt, wird als längenbezogener Strömungswiderstand bezeichnet. Er ist abhängig von der Rohdichte, den Faserabmessungen, der Faserorientierung und vom Anteil nichtfaseriger Bestandteile. Er bestimmt das Ausmaß der Konvektion im Dämmstoff und dessen schalltechnischen Eigenschaften. Der längenbezogene Strömungswiderstand wird in Pa s/m<sup>2</sup> angegeben und beschreibt das Verhältnis zwischen Druckdifferenz und (Durch-) Strömungsgeschwindigkeit an einem 1 m dicken Dämmstoff.

Die Konvektion im Dämmstoff wird unter anderem durch dessen Strömungswiderstand beeinflusst. Dies ist von Bedeutung, wenn Dämmstoffe an Lufträume angrenzen, z. B. Flossenwände an Kesseln und keine luftundurchlässigen Abdeckungen oder Zwischenlagen (Folien) vorhanden sind. Bei solchen Wärmedämmungen in lotrechter Anordnung sollte der längenbezogene Strömungswiderstand deshalb mindestens 50 kPa s/m<sup>2</sup> betragen.

## 2.3 Produkteigenschaften

### Druckfestigkeit

Den Widerstand, den ein Dämmsystem äußeren mechanischen Belastungen (Windlasten, Begehbarkeit, Lasten der Ummantelung) entgegengesetzt wird unter anderem durch die Druckfestigkeit des Dämmstoffes beeinflusst. Die Druckspannung von Mineralwolle wird vorzugsweise bei 10% Stauchung angegeben. Die Druckspannung ist der beim Druckversuch nach DIN EN 826 ermittelte Quotient aus der Kraft bei vorgegebener Stauchung und der belasteten Fläche des Probekörpers.

## 2.4 Berechnungsgrundlagen

Im Folgenden werden einige theoretische Grundlagen der Wärmeübertragung sowie Ansätze für wärmetechnische Berechnungen aufgeführt. Die detaillierten Berechnungsverfahren werden in der VDI 2055, der DIN EN 12241 sowie in verschiedenen internationalen Normen wie ASTM C 680 und BS 5970 beschrieben. Die Berechnungsgrundlagen sind in allen Normen ähnlich. In Europa ist die VDI 2055 die am meisten verbreitete und akzeptierte Berechnungsgrundlage.

Die Berechnung gerade von mehrschichtigen Dämmkonstruktionen ist zum Teil recht aufwändig, da iterative Berechnungsabläufe durchgeführt werden müssen. Die unten aufgeführten Verfahren eignen sich daher nur für eine überschlägige Berechnung von Dämmkonstruktionen. Für detaillierte Berechnungen bietet sich das wärmetechnische Berechnungsprogramm ‚Rockassist‘ von RTI an.

Bei der Wärmeübertragung wird thermische Energie aufgrund eines Temperaturgefälles transportiert. Die



Wärmeübertragung kann durch Leitung, Konvektion und Strahlung erfolgen.

- Die *Wärmeleitung* ist ein Transport von Wärme, der von Molekül zu Molekül unter der Einwirkung eines Temperaturgefälles erfolgt. In festen Stoffen bleibt der mittlere Abstand der einzelnen Moleküle dabei unverändert, in Flüssigkeiten und Gasen verändert er sich.
- Bei der *Konvektion* erfolgt der Wärmetransport in Flüssigkeiten und Gasen durch Strömungsvorgänge. Man unterscheidet freie Konvektion, bei der die Bewegung aufgrund von Dichteunterschieden erfolgt, von der erzwungenen Konvektion, bei der die Strömung durch äußere Einwirkungen wie Wind und durch Gebläse erzeugt wird.
- Wärmeübertragung durch *Strahlung* erfolgt durch den Austausch von elektromagnetischer Strahlungsenergie zwischen zwei Körperoberflächen, die unterschiedliche Temperaturen aufweisen und die durch ein strahlungsdurchlässiges Medium, wie z. B. Luft, getrennt sind.

## Begriffe

### Wärmemenge Q

Die Wärmemenge ist die einem Körper zugeführte oder von ihm abgeführte Wärmeenergie. Die Einheit für die Wärmemenge ist J.

### Wärmestrom $\dot{Q}$

Der Wärmestrom  $\dot{Q}$  ist die pro Zeiteinheit in einem Körper fließende oder zwischen zwei Körpern übertragene Wärmemenge. Die Einheit für den Wärmestrom ist W (1W = 1J/s).

### Wärmestromdichte q

Die Wärmestromdichte q ist der auf die Einheit der durchströmten Fläche bezogene Wärmestrom. Die Einheit ist in W/m<sup>2</sup> für Flächen oder in W/m für z. B. Rohrleitungen angeben. In der Dämmtechnik wird die Wärmestromdichte auf die Oberfläche des Dämmsystems bezogen.

### Wärmeleitfähigkeit $\lambda$

Die wärmedämmende Wirkung von Dämmstoffen wird durch die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  beschrieben.  $\lambda$  wird in der physikalischen Einheit W/(m K) angegeben. Sie gibt an, welche Wärmemenge Q in der Zeit t und bei einem Temperaturunterschied  $\Delta T$  über die Dicke s durch die Fläche A strömt.

$$\lambda = \frac{Q \cdot l}{A \cdot t \cdot \Delta T} = \frac{J \cdot m}{m^2 \cdot s \cdot K} = \frac{J}{m \cdot s \cdot K} = \left[ \frac{W}{m \cdot K} \right]$$

Die Einheit der Wärmeleitfähigkeit ergibt sich somit zu J/(m s K) bzw. W/(m K)

### Wärmedurchlasskoeffizient $\Lambda$

Der Wärmedurchlasskoeffizient  $\Lambda$  gibt für eine gegebene Schicht an, welche Wärmestromdichte senkrecht zu einer Fläche von 1 m<sup>2</sup> bei einer

Temperaturdifferenz von 1 K zwischen den Oberflächen fließt. Die Einheit für den Wärmedurchlasskoeffizient ist W/(m<sup>2</sup> K).

$$\Lambda = \frac{\text{Wärmeleitfähigkeit}}{\text{Dämmschichtdicke}} = \frac{\lambda}{s} \quad \left[ \frac{W}{(m^2 \cdot K)} \right]$$

### Wärmedurchlasswiderstand R

Der Wärmedurchlasswiderstand R ist der Kehrwert des Wärmedurchlasskoeffizienten. Die Einheit für den Wärmedurchlasswiderstand ist (m<sup>2</sup> K)/W.

$$R = \frac{\text{Dämmschichtdicke}}{\text{Wärmeleitfähigkeit}} = \frac{s}{\lambda} \quad \left[ \frac{(m^2 \cdot K)}{W} \right] \quad \text{für Wände}$$

$$R_{\text{Rohr}} = \frac{\ln\left(\frac{d_a}{d_i}\right)}{2 \cdot \pi \cdot \lambda} \quad \left[ \frac{(m \cdot K)}{W} \right] \quad \text{für Rohrdämmungen}$$

### Wärmeübergangskoeffizient $\alpha$

Der Wärmeübergangskoeffizient  $\alpha$  gibt an, welche Wärmestromdichte an der Oberfläche eines Körpers an ein Medium oder umkehrt fließt, wenn die Temperaturdifferenz zwischen dem Körper und dem flüssigen oder gasförmigen Medium 1 K beträgt. Die Einheit für den Wärmeübergangskoeffizient ist W/(m<sup>2</sup> K).

### Wärmeübergangswiderstand $1/\alpha$

Der Wärmeübergangswiderstand  $1/\alpha$  ist der Kehrwert des Wärmeübergangskoeffizienten. Die Einheit für den Wärmeübergangswiderstand ist (m<sup>2</sup> K)/W.

### Wärmedurchgangskoeffizient k

Der Wärmedurchgangskoeffizient k gibt an welche Wärmestromdichte q durch einen Körper fließt, wenn eine Temperaturdifferenz von 1 K zwischen den beiden Medien, die durch den Körper getrennt werden,

## 2.4 Berechnungsgrundlagen

vorliegt. Der Wärmedurchgangskoeffizient beinhaltet die Komponenten des Wärmedurchlasses und des Wärmeübergangs. Die Einheit für den Wärmedurchgangskoeffizient ist  $W/(m^2 K)$ .

### Wärmedurchgangswiderstand $1/k$

Der Wärmedurchgangswiderstand ist der Kehrwert des Wärmedurchgangskoeffizienten. Die Einheit des Wärmedurchgangswiderstand ist  $(m^2 K)/W$ .

$$\frac{1}{k} = \frac{\text{Wärmeübergangswiderstand}_{\text{innen}}}{\alpha_i} + \frac{\text{Wärmedurchlaßwiderstand}_{\text{innen}}}{\lambda_1} + \frac{\text{Wärmeübergangswiderstand}_{\text{außen}}}{\alpha_a}$$

$$\frac{1}{k_w} = \frac{1}{\alpha_i} + R_w + \frac{1}{\alpha_a} \quad \left[ \frac{m^2 \cdot K}{W} \right] \quad \text{für eine Wand}$$

$$\frac{1}{k_R} = \frac{1}{d_i \cdot \pi \cdot \alpha_i} + R_R + \frac{1}{d_a \cdot \pi \cdot \alpha_a} \quad \left[ \frac{m \cdot K}{W} \right]$$

für Rohrdämmungen

### Berechnungsgrundlagen

Die Wärmestromdichte durch eine ebene, mehrschichtige Wand berechnet sich wie folgt:

$$q = k \cdot (\vartheta_M - \vartheta_L)$$

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

$$q = \frac{(\vartheta_M - \vartheta_L)}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{s_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_a}} \quad \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

hierin sind:

$q$	Wärmestromdichte	$W/m^2$
$\vartheta_M$	Temperatur des Mediums in	$^{\circ}C$
$\vartheta_L$	Temperatur der Umgebung in	$^{\circ}C$
$\alpha_i$	Wärmeübergangskoeffizient innen	$W/(m^2 K)$
$\alpha_a$	Wärmeübergangskoeffizient außen	$W/(m^2 K)$

$s_1 \dots s_n$	Dicke der einzelnen Dämmschichten	$m$
$\lambda_1 \dots \lambda_n$	Wärmeleitfähigkeit der einzelnen Dämmschichten	$W/(m K)$
$k$	Wärmedurchgangskoeffizient	$W/(m^2 K)$

Für einen mehrschichtigen Hohlzylinder (Rohrdämmung) berechnet sich die Wärmestromdichte wie folgt:

$$q_R = k_R \cdot (\vartheta_M - \vartheta_L)$$

$$\frac{1}{k_R} = \frac{1}{d_i \cdot \pi \cdot \alpha_i} + \frac{\ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_1} + \frac{\ln\left(\frac{d_3}{d_2}\right)}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_2} + \dots + \frac{\ln\left(\frac{d_n}{d_{n-1}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_n} + \frac{1}{d_a \cdot \pi \cdot \alpha_a} \quad \left[ \frac{m \cdot K}{W} \right]$$

$$q_R = \frac{\pi \cdot (\vartheta_M - \vartheta_L)}{\frac{1}{d_i \cdot \alpha_i} + \frac{\ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)}{2 \cdot \lambda_1} + \frac{\ln\left(\frac{d_3}{d_2}\right)}{2 \cdot \lambda_2} + \dots + \frac{\ln\left(\frac{d_n}{d_{n-1}}\right)}{2 \cdot \lambda_n} + \frac{1}{d_a \cdot \alpha_a}} \quad \left[ \frac{W}{m} \right]$$

hierin sind:

$q_R$	Wärmestromdichte je m Rohr	$W/m$
$\vartheta_M$	Temperatur des Mediums in	$^{\circ}C$
$\vartheta_L$	Temperatur der Umgebung in	$^{\circ}C$
$d_1$	Außendurchmesser des Rohres	$m$
$d_a$	Außendurchmesser des gedämmten Rohres	$m$
$\alpha_i$	Wärmeübergangskoeffizient innen	$W/(m^2 K)$
$\alpha_a$	Wärmeübergangskoeffizient außen	$W/(m^2 K)$
$\lambda_1 \dots \lambda_n$	Wärmeleitfähigkeit der einzelnen Dämmschichten	$W/(m K)$
$k$	Wärmedurchgangskoeffizient	$W/(m^2 K)$
$s_1 \dots s_n$	Dicke der einzelnen Dämmschichten	$m$

$$d_1 = d_i$$

$$d_2 = d_1 + 2 \times s_1$$

$$d_3 = d_2 + 2 \times s_2$$

$$\dots$$

$$d_a = d_n + 2 \times s_n = d_{n+1}$$

### Hinweis:

Bei den wärmetechnischen Berechnungen in der Dämmtechnik kann im Allgemeinen die Berücksichtigung des inneren Wärmeübergangs entfallen. Bei dieser Vereinfachung legt man zugrunde, dass das Medium die gleiche Temperatur wie die Innenseite der Rohrleitung aufweist. In den oben aufgeführten Gleichungen können daher folgende Terme entfallen:

$\frac{1}{\alpha_i}$  aus dem Nenner Gleichung für die Wand entfernen

$\frac{1}{d_i \cdot \alpha_i}$  aus dem Nenner Gleichung für die Rohrdämmung entfernen

Die Oberflächentemperaturen  $\vartheta_0$  berechnen sich wie folgt:

$$\vartheta_0 = \frac{k_W}{\alpha_a} \cdot (\vartheta_M - \vartheta_L) + \vartheta_L \quad \text{für Wände}$$

$$\vartheta_0 = \frac{(\vartheta_M - \vartheta_L)}{\alpha_a \cdot \left( \frac{1}{\alpha_i} + \frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{s_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_a} \right)} + \vartheta_L \quad \text{°C}$$

$$\vartheta_0 = \frac{k_R}{\pi \cdot d_a \cdot \alpha_a} \cdot (\vartheta_M - \vartheta_L) + \vartheta_L \quad \text{für Rohrdämmungen}$$

$$\vartheta_0 = \frac{\pi \cdot (\vartheta_M - \vartheta_L)}{d_a \cdot \alpha_a \cdot \left( \frac{1}{d_i \cdot \alpha_i} + \frac{\ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)}{2 \cdot \lambda_1} + \frac{\ln\left(\frac{d_3}{d_2}\right)}{2 \cdot \lambda_2} + \dots + \frac{\ln\left(\frac{d_a}{d_n}\right)}{2 \cdot \lambda_n} + \frac{1}{d_a \cdot \alpha_a} \right)} + \vartheta_L \quad \text{°C}$$

### Hinweis

Der innere Wärmeübergang kann wieder vernachlässigt werden (siehe Hinweis oben).

Durch den äußeren Wärmeübergangskoeffizienten  $\alpha_a$  wird die Eigenschaft beschrieben, Wärme von einer Oberfläche (z. B. der äußeren Blechummantelung) an das umschließende Medium – in der Regel Luft – abzugeben. Der Wärmeübergangskoeffizient setzt sich aus dem Konvektions- und Strahlungsanteil zusammen.

$$\alpha_a = \alpha_k + \alpha_r$$

hierin sind

$\alpha_k$  der Konvektionsanteil

$\alpha_r$  der Strahlungsanteil

Der Konvektionsanteil kann nur aus freier Konvektion (Luftbewegung nur aufgrund von temperaturbedingten Dichteunterschieden), erzwungener Konvektion (Gebläse, Wind) oder aus einer Überlagerung von freier und erzwungener Konvektion bestehen. Die Konvektion ist außerdem von der Geometrie des angeströmten Bauteils abhängig.

Der Strahlungsanteil hängt unter anderem vom Material der Ummantelung (Emissionsgrad- $\epsilon$ ), der Oberflächentemperatur und der Ausrichtung des Objektes zu anderen Bauteilen ab.

Die Berechnungsverfahren sind in der VDI 2055 und in der DIN EN 12241 aufgeführt. Auf eine detaillierte Beschreibung wird an dieser Stelle nicht eingegangen.

Für die näherungsweise Abschätzung des äußeren Wärmeübergangskoeffizienten  $\alpha_a$  bietet sich das unten aufgeführte Verfahren an. Es gilt für folgende Randbedingungen:

- Anwendbar nur für freie Konvektion
- $\Delta\vartheta = \vartheta_0 - \vartheta_L \leq 60\text{K}$
- $\vartheta_m = 0,5 \cdot (\vartheta_0 + \vartheta_L) \approx 40^\circ\text{C}$
- $d_a \approx 0,5\text{m}$

Für waagerechte Rohre gilt dann:

$$\alpha_a = A + 0,05 \cdot \Delta\vartheta \quad \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

## 2.4 Berechnungsgrundlagen

Für senkrechte Rohre und Wände gilt:

$$\alpha_a = B + 0,09 \cdot \Delta\vartheta \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$\vartheta_0$  ist die Oberflächentemperatur der Ummantelung

$\vartheta_L$  ist die Umgebungstemperatur

Die Werte von A und B sind für einige Materialien und Oberflächen in der unten aufgeführten Tabelle zusammengestellt.

Oberfläche	A	B
Aluminium, walzblank	2,5	2,7
Aluminium, oxidiert	3,1	3,3
verzinktes Blech, blank	4,0	4,2
verzinktes Blech, angestaubt	5,3	5,5
austenitischer Stahl	3,2	3,4
Alu - Zink - Blech	3,4	3,6
nichtmetallische Oberfläche	8,5	8,7

### Zuschlagswerte $\Delta\lambda$ Wärmebrücken

Der Gesamtwärmeverlust von gedämmten Objekten hängt neben der Dämmdicke auch von Wärmebrücken ab, die das Dämmsystem negativ beeinflussen. Man unterscheidet zwischen dämmtechnisch bedingten und anlagentechnisch bedingten Wärmebrücken.

Dämmtechnisch bedingte Wärmebrücken sind z. B. Trag- und Stützkonstruktionen, anlagentechnisch bedingte sind z. B. Rohraufhängungen und - auflager, Flansche oder Konsolen.

Diese Wärmebrücken werden durch Zuschlagsfaktoren, die mit dem Wärmedurchgangskoeffizienten multipliziert werden, berücksichtigt.

In der Tabelle 3 der VDI 2055 sind entsprechende Zuschlagswerte für dämmtechnisch bedingte Wärmebrücken aufgeführt.

Mit dem wärmetechnischen Berechnungsprogramm „Rockassist“, können Wärmeverluste von Objekten auch unter Berücksichtigung von Wärmebrücken berechnet werden.



# 3. Tabellen

## Inhaltsverzeichnis

<b>3.1</b>	<b>Einheiten, Umrechnungsfaktoren und Tabellen</b>	
3.1.1	Formelzeichen, Indizes, Begriffe und Symbole	97
3.1.2	Mathematische Zeichen	98
3.1.3	Vorsätze und Vorsatzzeichen	99
3.1.4	Griechisches Alphabet	99
3.1.5	SI-Einheiten	100
3.1.6	Abgeleitete SI-Einheiten mit besonderen Namen und Einheitszeichen	100-101
3.1.7	Allgemein anwendbare Einheiten außerhalb des SI Einheiten System	102
3.1.8	Temperaturskalen und Einheiten	103
3.1.9	Umrechnung der Temperaturen von Celcius auf Fahrenheit und umgekehrt	103
3.1.10	Angelsächsische Einheiten	104-106
3.1.11	Umrechnung von Arbeits-, Energie- und Wärmeeinheiten	107
3.1.12	Umrechnung von Leistungseinheiten	107
3.1.13	Umrechnung von Druckeinheiten	108
3.1.14	Umrechnung von angelsächsischen Einheiten und das technische Maßsystem in SI Einheiten für wärmeschutztechnische Größen	108
<b>3.2</b>	<b>Eigenschaften von Dämmstoffen und Ummantelungen</b>	
3.2.1	Dämmstoffe	109
3.2.2	Ummantelungen	109
<b>3.3</b>	<b>Gebrauchstabellen</b>	
3.3.1	Feste Stoffen	112
3.3.2	Flüssigkeiten	112-113
3.3.3	Gase	113
3.3.4	CO <sub>2</sub> Emissionsfaktoren und -CO <sub>2</sub> Ausstoß für Brennstoffe bezogen auf den unteren Heizwert	114
3.3.5	Spezifische Enthalpie h von überhitztem Wasserdampf in kJ/kg	115
3.3.6	Dichte ρ von überhitztem Wasserdampf in kg/m <sup>3</sup> in Abhängigkeit von Druck und Temperatur	116
3.3.7	Taupunkttable	117
3.3.8	Klimadaten	118-120
3.3.9	Richtwerte für übliche Strömungsgeschwindigkeiten in Rohrleitungen	121
3.3.10	Rohrdurchmesser	121-122



## 3.1 Einheiten, Umrechnungsfaktoren und Tabellen

### 3.1.1 Formelzeichen, Indizes, Begriffe und Symbole

Formelzeichen	Bedeutung	Maßeinheit
A	Fläche	m <sup>2</sup>
b	Breite	m
C <sub>12</sub>	Strahlungskoeffizient	W/(m <sup>2</sup> · K <sup>4</sup> )
c	spezifische Wärmekapazität	J/(kg · K)
c <sub>p</sub>	spezifische Wärmekapazität bei konstantem Druck	J/(kg · K)
d	Durchmesser	m
f	Faktor, Korrekturfaktor, Preisänderungsfaktor	-
H	Höhe	m
h	Enthalpie	J/kg
k	Wärmedurchgangskoeffizient	W/(m <sup>2</sup> · K), W/K, W/(m · K)
k'	Gesamtwärmedurchgangskoeffizient einschließlich Wärmebrücken	W/(m <sup>2</sup> · K), W/K, W/(m · K)
l	Länge	m
m	Masse	kg
ṁ	Massenstrom	kg/s, kg/h
n	Nutzungsdauer	a
P	Druck	Pa
Q	Wärme, Wärmemenge	J
Q̇	Wärmestrom	W
q	Wärmestromdichte	W/m <sup>2</sup> oder W/m
R	Wärmedurchlasswiderstand	m <sup>2</sup> · K/W, m · K/W, K/W
R	spezielle Gaskonstante	J/(kg · K)
s	Dämmschichtdicke	m
t	Zeit	h oder s
T	absolute Temperatur	K
U	Umfang	m
w	Geschwindigkeit	m/s
α	Wärmeübergangskoeffizient	W/(m <sup>2</sup> · K)





Formelzeichen	Bedeutung	Maßeinheit
$\alpha$	Längenausdehnungskoeffizient	$K^{-1}$
$\Lambda$	Wärmedurchlasskoeffizient	$W/(m^2 \cdot K)$
$\lambda$	Wärmeleitfähigkeit	$W/(m \cdot K)$
$\varepsilon$	Emissionsgrad	-
$\eta$	Wirkungsgrad	-
$\vartheta$ (auch $t$ )	Temperatur	$^{\circ}C$
$\mu$	Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl	-
$\mu$	Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl	-
$\rho$	Dichte, Rohdichte	$kg/m^3$
$\varphi$	relative Luftfeuchte, Einstrahlzahl	-
$\Xi$	längenbezogener Strömungswiderstand	$Pa \cdot s/m^2$

### 3.1.2 Mathematische Zeichen

Mathematische Zeichen	
=	Gleich
<	kleiner als
$\leq$	kleiner oder gleich
$\ll$	viel kleiner als
+	Plus
$\infty$	Unendlich
$\pi$	$\pi \cong 3,14159$
$\approx$	ungefähr gleich
>	größer als
$\geq$	größer oder gleich
$\gg$	viel größer als
$\Delta$	Differenz
$\Sigma$	Summe von mehreren Größen
ln	Logarithmus zur Basis e
log	Logarithmus zur Basis 10

## 3.1 Einheiten, Umrechnungsfaktoren und Tabellen

### 3.1.3 Vorsätze und Vorsatzzeichen

Dezimale Teile und Vielfache von Einheiten werden mit den Vorsätzen und Vorsatzzeichen dargestellt. Mehrere Vorsätze dürfen nicht zusammengesetzt werden.

Vorsatz	Vorsatzzeichen	Faktor, mit dem die Einheit Multipliziert wird
Atto	A	$10^{-18}$
Femto	F	$10^{-15}$
Piko	P	$10^{-12}$
Nano	n	$10^{-9}$
Mikro	$\mu$	$10^{-6}$
Milli	m	$10^{-3}$
Zenti	c	$10^{-2}$
Deze	d	$10^{-1}$
Deka	da	$10^1$
Hekto	h	$10^2$
Kilo	k	$10^3$
Mega	M	$10^6$
Giga	G	$10^9$
Tera	T	$10^{12}$
Peta	P	$10^{15}$
Exa	E	$10^{18}$

### 3.1.4 Griechisches Alphabet

Griechisches Alphabet							
A $\alpha$	Alpha	H $\eta$	Eta	N $\nu$	Ny	T $\tau$	Tau
B $\beta$	Beta	$\Theta$ $\theta$	Theta	$\Xi$ $\xi$	Xi	$\Upsilon$ $\upsilon$	Ypsilon
$\Gamma$ $\gamma$	Gamma	I $\iota$	Jota	O $\omicron$	Omikron	$\Phi$ $\phi$	Phi
$\Delta$ $\delta$	Delta	K $\kappa$	Kappa	$\Pi$ $\pi$	Pi	$\chi$ $\chi$	Chi
E $\epsilon$	Epsilon	$\Lambda$ $\lambda$	Lambda	P $\rho$	Rho	$\Psi$ $\psi$	Psi
Z $\zeta$	Zeta	M $\mu$	My	$\Sigma$ $\sigma$	Sigma	$\Omega$ $\omega$	Omega

### 3.1.5 SI-Einheiten

Das Internationale Einheitensystem, auch kurz SI (Abk. für frz.: *Système international d'unités*) genannt, verkörpert das moderne metrische System und ist das am weitesten verbreitete Einheitensystem für physikalische Einheiten. Es entstammt ursprünglich den Bedürfnissen der Wissenschaft und Forschung, ist aber mittlerweile auch das vorherrschende Einheitensystem für Wirtschaft Technik und Handel. In der Europäischen Union (EU) und den meisten anderen Staaten ist die Benutzung des SI Einheitensystem im amtlichen oder geschäftlichen Verkehr gesetzlich vorgeschrieben; jedoch gibt es hierzu viele nationale Ausnahmen.

#### SI-Basiseinheiten

Das SI Einheitensystem baut sich aus 7 Basiseinheiten (Grundeinheiten) auf. Um die Basiseinheiten für Anwendungen mit unterschiedlichen Größenskalen verwenden zu können, werden bestimmte Vorsätze wie Kilo oder Milli verwandt. Diese werden auch bei abgeleiteten Einheiten und zum Teil bei Einheiten anderer Systeme verwendet.

Größe	Formelzeichen	Einheit	Einheitenzeichen
Länge	l	Meter	m
Masse	m	Kilogramm	kg
Zeit	t	Sekunde	s
Stromstärke	I	Ampere	A
Thermodynamische Temperatur	T	Kelvin	K
Stoffmenge	n	Mol	mol
Lichtstärke	J	Candela	cd

### 3.1.6 Abgeleitete SI-Einheiten mit besonderen Namen und Einheitszeichen

Das Internationale Einheitensystem umfasst neben den Basiseinheiten auch abgeleitete Einheiten, die aus einer oder mehreren dieser Basiseinheiten durch Multiplikation oder Division zusammengesetzt sind. Das eindeutig bestimmte Potenzprodukt aus den Basiseinheiten bezeichnet man dabei zwar nicht als Dimension der physikalischen Größe, es ist aber formal gleich aufgebaut. So können beispielsweise Flächen in Quadratmeter ( $m^2$ ) oder Geschwindigkeiten in Meter durch Sekunde ( $m/s$ ) angegeben werden.

Einigen dieser zusammengesetzten Einheiten wurden Namen und Symbole zugeordnet, die selbst wieder mit allen Basis- und abgeleiteten Einheiten kombiniert werden können. So eignet sich zum Beispiel die SI-Einheit der Kraft, das Newton ( $1\text{ N} = 1\text{ kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ ), um die Einheit der Energie, das Joule ( $1\text{ J} = 1\text{ kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$ ), synonym als Newton mal Meter auszudrücken. Die folgenden 22 abgeleiteten Einheiten haben eigene Namen und Einheitenzeichen.

## 3.1 Einheiten, Umrechnungsfaktoren und Tabellen

### 3.1.6 Abgeleitete SI-Einheiten mit besonderen Namen und Einheitszeichen

Größe	Formelzeichen	Einheit	Einheitenzeichen	MKSA Schreibweise (Meter, Kilogramm, Sekunde, Ampere)
ebener Winkel	$\alpha, \beta, \dots$	Radian	rad	$\frac{\text{m}}{\text{m}} \left( = \frac{360^\circ}{2\pi} \right)$
Raumwinkel	$\Omega$	Steradian	sr	$\frac{\text{m}^2}{\text{m}^2}$
Frequenz	f	Hertz	Hz	$\frac{1}{\text{s}}$
Kraft	F	Newton	N	$\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$
Druck	p	Pascal	Pa	$\frac{\text{kg}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$
Energie, Arbeit	E, W	Joule	J	$\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = \text{W} \cdot \text{s} = \text{N} \cdot \text{m}$
Leistung	P	Watt	W	$\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} = \text{N} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{\text{J}}{\text{s}} = \text{V} \cdot \text{A}$
elektrische Spannung (elektrische Potentialdifferenz)	U	Volt	V	$\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3 \cdot \text{A}} = \frac{\text{W}}{\text{A}} = \frac{\text{J}}{\text{C}}$
elektrische Ladung	Q	Coulomb	C	A · s
magnetischer Fluss	$\Phi$	Weber	Wb	$\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2 \cdot \text{A}} = \text{V} \cdot \text{s}$
elektrischer Widerstand	R	Ohm	$\Omega$	$\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3 \cdot \text{A}^2} = \frac{\text{V}}{\text{A}}$
elektrischer Leitwert	G	Siemens	S	$\frac{\text{s}^3 \cdot \text{A}^2}{\text{kg} \cdot \text{m}^2} = \frac{1}{\Omega}$
Induktivität	L	Henry	H	$\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2 \cdot \text{A}^2} = \frac{\text{Wb}}{\text{A}}$
elektrische Kapazität	C	Farad	F	$\frac{\text{A}^2 \cdot \text{s}^4}{\text{kg} \cdot \text{m}^2} = \frac{\text{C}}{\text{V}}$
magnetische Flussdichte, Induktion	B	Tesla	T	$\frac{\text{kg}}{\text{s}^2 \cdot \text{A}} = \frac{\text{Wb}}{\text{m}^2}$
Celsius-Temperatur	$\vartheta$ (auch t)	Grad Celsius	°C	0°C = 273,15 K 1°C = 274,15 K
Lichtstrom	$\phi_v$	Lumen	lm	cd · sr
Beleuchtungsstärke	$E_v$	Lux	lx	$\frac{\text{cd} \cdot \text{sr}}{\text{m}^2} = \frac{\text{lm}}{\text{m}^2}$
Radioaktivität	A	Becquerel	Bq	$\frac{1}{\text{s}}$
Dosis	D	Gray	Gy	$\frac{\text{J}}{\text{kg}}$
Äquivalentdosis	H	Sievert	Sv	$\frac{\text{J}}{\text{kg}}$
katalytische Aktivität	z	Katal	kat	$\frac{\text{mol}}{\text{s}}$

### 3.1.7 Allgemein anwendbare Einheiten außerhalb des SI Einheiten Systems

Größe	Einheitenname	Einheitenzeichen	Definition
Volumen	Liter	l, L	$1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ L}$
Zeit	Minute	min	$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$
	Stunde	h	$1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$
	Tag	d	$1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 1440 \text{ min}$
	Jahr	Jahr	$1 \text{ Jahr} = 365 \text{ d} = 8760 \text{ h}$
Masse	Tonne	t	$1 \text{ t} = 1.000 \text{ kg}$
	Gramm	g	$1 \text{ g} = 0,001 \text{ kg}$
Druck	Bar	bar	$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 10^5 \text{ N/m}^2$

## 3.1 Einheiten, Umrechnungsfaktoren und Tabellen

### 3.1.8 Temperaturskalen und Einheiten

Temperaturskalen		Einheiten	Umrechnung		
			Kelvin	Celsius	Fahrenheit
Kelvin	( $T_K$ )	K		$T_K \approx 273 + T_C$	$T_K \approx 255 + 5/9 * T_F$
Celsius	( $T_C$ )	°C	$T_C \approx T_K - 273$		$T_C \approx 5/9 * (T_F - 32)$
Fahrenheit	( $T_F$ )	°F	$T_F \approx 9/5 T_K - 459$	$T_F \approx 9/5 * T_C + 32$	

### 3.1.9 Umrechnung der Temperaturen von Celsius auf Fahrenheit und umgekehrt

In den weißen Spalten sind die Grad Celsius und in den grauen Spalten die Grad Fahrenheit Werte aufgeführt. Soll von Celsius in Fahrenheit umgerechnet

werden, ist der Wert der grauen Spalten zu entnehmen und von Fahrenheit in Celsius der Wert der weissen Spalte.

°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F
-200	-328	-10	14	180	356	370	698	560	1040
-190	-310	0	32	190	374	380	716	570	1058
-180	-292	10	50	200	392	390	734	580	1076
-170	-274	20	68	210	410	400	752	590	1094
-160	-256	30	86	220	428	410	770	600	1112
-150	-238	40	104	230	446	420	788	610	1130
-140	-220	50	122	240	464	430	806	620	1148
-130	-202	60	140	250	482	440	824	630	1166
-120	-184	70	158	260	500	450	842	640	1184
-110	-166	80	176	270	518	460	860	650	1202
-100	-148	90	194	280	536	470	878	660	1220
-90	-130	100	212	290	554	480	896	670	1238
-80	-112	110	230	300	572	490	914	680	1256
-70	-94	120	248	310	590	500	932	690	1274
-60	-76	130	266	320	608	510	950	700	1292
-50	-58	140	284	330	626	520	968	710	1310
-40	-40	150	302	340	644	530	986	720	1328
-30	-22	160	320	350	662	540	1004	730	1346
-20	-4	170	338	360	680	550	1022	740	1364

### 3.1.10 Angelsächsische Einheiten

Die angelsächsischen Einheiten (auch angloamerikanischen Maßsysteme genannt) haben ihren Ursprung in älteren englischen Systemen und wurden vor der Einführung des metrischen Systems auch in anderen

Commonwealth-Staaten verwendet. Heute sind sie fast nur noch in den USA und teilweise in Großbritannien sowie einigen Commonwealth Staaten gebräuchlich.

Übersicht der angelsächsischen Einheiten und ihre Umrechnung in SI-Einheiten:

#### Längen

Angelsächsischen Einheiten	Formelzeichen	SI Einheiten
1 inch	in.	2,539998 cm (England) 2,540005 cm (USA)
1 foot	ft	30,48 cm
1 yard	yd.	91,44 cm
1 mile		1,609 km
1 nautical mile		1,853 km

#### Flächen

Angelsächsischen Einheiten	Formelzeichen	SI Einheiten
1 square inch	(sq.in.)	6,45 cm <sup>2</sup>
1 square foot	(sq.ft.)	929,03 cm <sup>2</sup>
1 square yard	(sq.yd.)	0,836 m <sup>2</sup>



## 3.1 Einheiten, Umrechnungsfaktoren und Tabellen

### 3.1.10 Angelsächsische Einheiten

Übersicht der angelsächsischen Einheiten und ihre Umrechnung in SI-Einheiten:

#### Raum- und Hohlmaße

Angelsächsischen Einheiten	Formelzeichen	SI Einheiten
1 cubic inch	(cu.in.)	16,39 cm <sup>3</sup>
1 cubic foot	(cu.ft.)	28,32 dm <sup>3</sup>
1 cubic yard	(cu.yd.)	0,7646m <sup>3</sup>

#### Flüssigkeits- und Trockenmaße

Angelsächsischen Einheiten	Formelzeichen	SI Einheit
1 gallon	(gal.)	4,546 dm <sup>3</sup> (England) 3,787 dm <sup>3</sup> (USA)
1 barrel	(bbl.)	163,7 dm <sup>3</sup> (England) 119,2 dm <sup>3</sup> (USA) 158,8 dm <sup>3</sup> (USA, Erdöl)

#### Masse- und Gewichtssysteme

Angelsächsischen Einheiten	Formelzeichen	SI Einheit
1 ounce	(oz.)	28,35 g
1 pound	(lb.)	0,4536 kg

#### Dichte

Angelsächsischen Einheiten	SI Einheiten
1 lb/cu.in. (= 1lb/in <sup>3</sup> )	2,766*10 <sup>4</sup> kg/m <sup>3</sup>
1 lb/cu.ft. (= 1 lb/ft <sup>3</sup> )	16,02 kg/m <sup>3</sup>

Übersicht der angelsächsischen Einheiten und ihre Umrechnung in SI-Einheiten:

### Kraft

Angelsächsischen Einheiten	SI Einheiten
1 lbf (lb. Force)	4,448 N

### Energie, Arbeit, Wärmemenge

Angelsächsischen Einheiten	SI Einheiten
1 BTU	1055,06 J

### Geschwindigkeit

Angelsächsischen Einheiten	SI Einheiten
1 Knot intern. (kn.)	0,514 m/s 1,852 km/h
1 inch/second	0,0254 m/s 0,0914 km/h
1 foot/second (ft./s.)	0,3048 m/s 1,0973 km/h
1 yard/second (yd./s.)	0,9144 m/s 3,294 km/h
1 yard/minute (yd./min.)	0,01524 m/s 0,055 km/h
1 mile per hour (m.p.h.)	0,447 m/s 1,609 km/h

### Leistung

Angelsächsischen Einheiten	SI Einheiten
1 BTU/sec	1055,06 W
1 BTU/h	0,293 W
1 hp	745,7 W

### Druck

Angelsächsischen Einheiten	SI Einheiten
1 lbg/sq in.	6894,7 N/m <sup>2</sup>
1 lbg/sq ft	47,88 N/m <sup>2</sup>

## 3.1 Einheiten, Umrechnungsfaktoren und Tabellen

### 3.1.11 Umrechnung von Arbeits-, Energie- und Wärmeeinheiten

Einheit	Joule (J)	Kilojoule (kJ)	Megajoule (MJ)	Kilowatt stunde (kWh)	Kilocalorie (Kcal)	British Thermal Unit (BTU)
Joule (J)		0,001	$10^{-6}$	$2,78 * 10^{-7}$	$2,39 * 10^{-4}$	$9,479 * 10^{-4}$
Kilojoule (kJ)	1000		0,001	$2,7810 * 10^{-4}$	0,239	0,948
Megajoule (MJ)	$10^6$	1000		0,278	238,8	948
Kilowattstunde (kWh)	$3,6 * 10^6$	3600	3,6		859,8	3412,3
Kilocalorie (Kcal)	4187	4,187	$4,19 * 10^{-3}$	$1,2 * 10^{-3}$		3,873
British Thermal Unit (BTU)	1055	1,055	$1,055 * 10^{-3}$	$2,933 * 10^{-4}$	0,252	

### 3.1.12 Umrechnung von Leistungseinheiten

Einheit	Watt (W)	Kilowatt (kW)	Kilocalorie je Sekunde (kcal/s)	Pferdestärke (PS)	British Thermal Unit je Sekunde (BTU/s)	British Thermal Unit je Stunde (BTU/h)
Watt (W)		0,001	$2,39 * 10^{-4}$	$1,36 * 10^{-3}$	$0,948 * 10^{-3}$	$3415,2 * 10^{-3}$
Kilowatt (kW)	1000		0,239	1,36	0,948	3415,2
Kilocalorie je Sekunde (kcal/s)	4186,8	4,187		5,692	3,968	$1,429 * 10^3$
Pferdestärke (PS)	735,5	0,736	0,176		0,698	2551,9
British Thermal Unit je Sekunde (BTU/s)	1055,06	1,06	0,252	1,433		3600
British Thermal Unit je Stunde (BTU/h)	0,293	$2,93 * 10^{-4}$	$7,000 * 10^{-5}$	$3,981 * 10^{-4}$	$2,777 * 10^{-3}$	

### 3.1.13 Umrechnung von Druckeinheiten

Einheit	Pascal (Pa)	Bar	atm	lb/sq ft	lb/sq in.
Pascal (Pa)		$10^{-5}$	$9,869 \cdot 10^{-6}$	0,201	$1,450 \cdot 10^{-4}$
Bar	$10^5$		0,987	2088,5	13,50
atm	101325	1,013		2116,2	14,70
lb/sq ft.	47,88	$4,788 \cdot 10^{-4}$	$4,723 \cdot 10^{-4}$		$6,944 \cdot 10^{-3}$
lb/sq in.	6894,8	0,0689	0,0680	144,00	

### 3.1.14 Umrechnung von angelsächsischen Einheiten und das technische Maßsystem in SI Einheiten für wärmeschutztechnische Größen

			Umrechnung vom Technisches Maßsystem und Angelsächsische Einheiten in SI-Einheiten	
Formelzeichen	Größe	SI-Einheit	Technisches Maßsystem	Angelsächsischer Einheit
Q	Wärme, Wärmemenge	J	kcal = 4186,8 J	1 BTU = 1055,06 J
Q	Wärmestromdichte	W/m <sup>2</sup>	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{ h}} = 1,163 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$	$\frac{1 \text{ BTU}}{(\text{sq.ft.hr.}^\circ\text{F})} = 3,1546 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$
$\lambda$	Wärmeleitfähigkeit	W/(m K)	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{ h}} = 1,163 \frac{\text{W}}{(\text{m K})}$	$\frac{1 \text{ BTU}}{(\text{ft.hr.}^\circ\text{F})} = 1,7307 \frac{\text{W}}{(\text{m K})}$ $\frac{1 \text{ BTU in}}{(\text{sq.ft.hr.}^\circ\text{F})} = 0,1442 \frac{\text{W}}{(\text{m K})}$ $\frac{1 \text{ BTU}}{(\text{in.hr.}^\circ\text{F})} = 20,7688 \frac{\text{W}}{(\text{m K})}$
R	Wärmedurchlasswiderstand	m <sup>2</sup> K/W	$1 \text{ m}^2 \text{ h} \frac{\text{K}}{\text{kcal}} = 0,86 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}}$	$\frac{1 \text{ sq.ft.hr.}^\circ\text{F}}{\text{BTU}} = 0,1761 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}}$
$\alpha$	Wärmeübergangskoeffizient	W/(m <sup>2</sup> K)	$\frac{\text{kcal}}{(\text{m}^2 \text{ h K})} = 1,163 \frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \text{ K})}$	$\frac{1 \text{ BTU}}{(\text{sq.ft.hr.}^\circ\text{F})} = 5,6783 \frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \text{ K})}$
K	Wärmedurchgangskoeffizient	W/(m <sup>2</sup> K)	$\frac{\text{kcal}}{(\text{m}^2 \text{ h K})} = 1,163 \frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \text{ K})}$	$\frac{1 \text{ BTU}}{(\text{sq.ft.hr.}^\circ\text{F})} = 5,6783 \frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \text{ K})}$
$\Lambda$	Wärmedurchlasskoeffizient	W/(m <sup>2</sup> K)	$\frac{\text{kcal}}{(\text{m}^2 \text{ h K})} = 1,163 \frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \text{ K})}$	$\frac{1 \text{ BTU}}{(\text{sq.ft.hr.}^\circ\text{F})} = 5,6783 \frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \text{ K})}$
C	Spezifische Wärmekapazität	kJ/(kg K)	$\frac{\text{kcal}}{(\text{kg K})} = 4,1868 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$	$\frac{1 \text{ BTU}}{(\text{lb.}^\circ\text{F})} = 4,1868 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg K})}$
C	Strahlungskoeffizient	W/(m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> )	$\frac{\text{kcal}}{(\text{m}^2 \text{ h K}^4)} = 1,63 \frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \text{ K}^4)}$	$\frac{1 \text{ BTU}}{(\text{sq.ft.hr.}^\circ\text{R}^4)} = 33,1156 \frac{\text{kJ}}{(\text{m}^2 \text{ K}^4)}$

## 3.2 Eigenschaften von Dämmstoffen und Ummantelungen

### 3.2.1 Dämmstoffen

Die charakteristischen Eigenschaften der einzelnen Rockwool Produkte finden Sie im Kapitel 4.

Für spezielle Anwendungen wie z. B. Hochtemperaturdämmungen, Kälte­dämmungen oder als zusätzliche Stütz­konstruktion, kann es erforderlich werden Rockwool Produkte in Verbindung mit anderen Dämmstoffen zu verwenden. Dies könnten z.B sein:

- CMS Calcium-Magnesium-Silikatfaser für Hochtemperatur Dämmungen
- Schaumglass als Stütz­konstruktion bzw. als Auflager

Im jeden Fall ist es wichtig, dass die Produkteigenschaften sowie die Verarbeitungshinweise bei der Verwendung dieser Produkte berücksichtigt werden. Weitere Produktinformation findet man in den verschiedenen Normen und Regelwerken wie z. B. DIN 4140, CINI, VDI 2055 und diverse AGI Richtlinien.

### 3.2.2 Ummantelungen

#### 3.2.2.1 Selektor für Ummantelungen

Ummantelungsmaterial	Brandgefährdete Bereiche	Korrosives Milieu	Max. Oberflächentemperatur		
			< 50°C	< 60°C	>60°C
Aluminiumblech	-	-			+
Stahlblech Alu-Zn beschichtet	-	-			+
Verzinktes Stahlblech	+	-			+
Nichtrostendes, austenitisches Stahlblech	+	+			+
Aluminiertes Stahlblech	+	+			+
Lackiertes oder Kunststoffbeschichtetes Stahl- oder Aluminiumblech	-	-		+	
GRP	-	+			90°C
Mastics	-	-			80°C
Tapes	-	-	+		

- Einsatz nicht empfehlenswert

+ Einsatz im Allgemeinen möglich

Die Auswahl der Werkstoffe ist auf den speziellen Einsatzort abzustimmen.

### 3.2.2.2 Stoffeigenschaften und Normierungen

Material der Ummantelung	Dichte (kg/m <sup>3</sup> )	Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	Emissionswert	Werkstoffsorte	Normierung
Aluminium, walzblank	2700	23,8	0,05	Al Mg2 Mn 0,8 EN AW 5049	DIN EN 485-2
Aluminium, oxidiert	2700	23,8	0,13	Al MG 3 EN AW 5745 AL 99,5 EN AW 1050	CINI 3.1.01 DIN EN 12258-1 DIN EN 13195-1
Stahl, verzinkt, blank	7800-7900	11,0	0,26	DX 51 D	CINI 3.1.03, DIN EN 10327
Stahl verzinkt, verstaubt (gealtert)	7800-7900	11,0	0,44		
Stahl, Rosfrei (AV-2)	7700 - 8100	16,0	0,15	1.4301, 1.451, 14571	CINI 3.1.05, EDIN EN 10028-7, EN 10088-3
ALU-ZINK, glatt poliert	-	-	0,16		
Alu-zink, oxidiert	-	-	0,18		
Aluminiertes Stahlblech	7800-7900	11,0	-	DX 51 D	CINI 3.1.02, DIN EN 10327
Farbbeschichtetes Blech	-	-	0,90		Herstellerangaben
Kunststoff Ummantelung (z. B. Rocktight)	-	-	0,90		Herstellerangaben (CINI 3.2.11)

### 3.2.2.3 Empfohlene Blechdicken für Ummantelungen (nach CINI Standard)

Außendurchmesser der Dämmung (mm)	Mindestdicke der Blechummantelung in mm (CINI Empfehlung)				
	Aluminium (CINI 3.1.01)	Stahlblech, aluminier (CINI 3.1.02)	Stahlblech, Al-Zn beschichtet (CINI 3.1.03)	Stahlblech, verzinkt (CINI 3.1.04)	Stahlblech, nichtrostend, austenitisch (CINI 3.1.05)
< 140	0,6	0,56	0,5	0,5	0,5
130 - 300	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
> 300	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8

## 3.2 Eigenschaften von Dammstoffen und Ummantelungen

### 3.2.2 Ummantelungen

#### 3.2.2.4 Empfohlene Blechdicke und Überlappungen bei Ummantelungen aus nichtprofilierten Blechen (nach DIN 4140)

Alle Maße in mm	Ummantelung Mindestnenndicke <sup>a</sup>			Überlappung	
	Stahl beschichtet mit - Zink (Zn) - Aluminium (Al) - Al-Zn - Kunststoff	Stahl nichtrostend austenitisch nach E DIN EN 10028-7 und DIN EN 10088-3	Aluminium	Längsnaht	Rundnaht
bis 400	0,5	0,5	0,6	30	50
400 bis 800	0,6	0,5	0,8	40	
800 bis 1200	0,7	0,6	0,8	50	
1200 bis 2000	0,8	0,6	1,0		
2000 bis 6000	1,0	0,8	1,0		
> 6000	1,0	0,8	1,2		

<sup>a</sup> In Absprache mit dem Auftraggeber sind geringere Blechdicken möglich.

<sup>b</sup> Bei Rohrleitungen entfällt die Rundnahtüberlappung, wenn die Rundnähte durch Sicke und Gegensicke verbunden werden.

<sup>c</sup> Bei großflächigen Ummantelungen und hohen Windbelastungen können statische Nachweise erforderlich werden. In diesem Falle sind bauaufsichtlich zugelassene Verbindungsmittel zu benutzen. Für die Lastannahmen gilt DIN 1055-4.

# 3. Tabellen

## 3.3. Gebrauchstabellen

### 3.3.1 Feste Stoffen

Stoff	Dichte kg/m <sup>3</sup>	Wärmeleitfähigkeit W/(mK) bei 20°C	Spezifische Wärmekapazität kJ/(kg K)	Linearer Längenausdehnungskoeffizient 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>
Aluminium, rein	2700	221	0,92	23,8
Beton, Stahlbeton	2400	2,1	0,92 - 1,09	11,0 - 12,0
Bitumen	1050	0,17	1,72 - 1,93	200,0
Bronze, Rotguss	8200	61	0,37	17,5
Eisen, Grauguss	7100 - 7300	42 - 63	0,54	10,4
Schmiedeeisen	7800	67	0,46	11,7
Kupfer	8960	393	0,40	16,5
Erde, feucht	1600 - 2000	1,2 - 3,0	2,0	-
Erde, trocken	1400 - 1600	0,4 - 0,6	0,84	-
Stahl, V2A	7700 - 8100	10 - 46	0,50	16,0
Stahl	7850	46 - 52	0,48	11,0

### 3.3.2 Flüssigkeiten

Gruppe	Stoff	Dichte kg/m <sup>3</sup>	Spezifische Wärmekapazität kJ/(kg K) bei 20 °C
Allgemein	Wasser	1000	4,19
Alkohole	Ethanol	714	2,34
	Methanol	792	2,495
Lebensmittel	Bier	1030	3,77
	Milch	1030	3,94
	Olivenöl	920	1,97
Brennstoffe	Benzin	620 - 780	2,02
	Dieselmotorenkraftstoff	830	1,93
	Heizöl (HEL)	850	1,88
	Heizöl (HS)	980	1,72
	Petroleum	790	2,20





### 3.3. Gebrauchstabellen

#### 3.3.2 Flüssigkeiten



Gruppe	Stoff	Dichte kg/m <sup>3</sup>	Spezifische Wärmekapazität kJ/(kg K) bei 20 °C
Öle	Silikonöl	940	
	Maschinenöl	910	1,67
Säuren	Salzsäure (10%)	1070	-
	Salzsäure (30%)	1150	3,64
	Salpetersäure (10 %)	1050	-
	Salpetersäure (<90%)	1500	1,72
	Schwefelsäure (10%)	1070	-
	Schwefelsäure (50%)	1400	-
	Schwefelsäure (100%)	1840	1,06
Laugen	Ammoniak (30%)	609	4,74
	Natronlauge (50%)	1524	-
Verschiedenes	Benzol	879	1,73
	Dichlormethan	1336	1,16
	Toluol	867	1,72
	Bitumen	1100 - 1500	2,09 - 2,3

#### 3.3.3 Gasen

Stoff	Dichte bei 1 bar kg/m <sup>3</sup>	Spezifische Wärmekapazität c <sub>p</sub> kJ/(kg K) bei 20 °C
Acetylen	1,070	1,687
Ammoniak	0,710	2,093
Chlor	2,950	0,477
Ethan	1,240	1,754
Ethylen	1,150	1,553
Kohlendioxid	1,780	0,846
Kohlenmonoxid	1,150	1,038
Luft	1,190	1,007
Methan	0,660	2,227
Propan	1,850	1,671
Sauerstoff	1,310	0,913
Stickstoff	1,150	1,038
Wasserstoff	0,820	14,34

### 3.3.4 CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren und -CO<sub>2</sub> Ausstoß für Brennstoffe bezogen auf den unteren Heizwert

Brennstoff	Unterer Heizwert TJ/Gg	Emissionsfaktor tCO <sub>2</sub> / TJ	CO <sub>2</sub> Ausstoß kgCO <sub>2</sub> /kg Brennstoff
Rohöl	42,3	73,3	3,1
Flüssigerdgas	44,2	64,1	28,3
Benzin	44,3	69,2	3,1
Kerosin	43,8	71,8	3,1
Gas / Dieselkraftstoff	43,0	74,0	3,2
Ethan	46,4	61,6	2,9
Petrolkoks	32,5	97,5	3,2
Kokskohle	28,2	94,5	2,7
Braunkohle	11,9	101,1	1,2
Gaskoks	28,2	107,0	3,0
Erdgas	48,0	56,1	2,7

### 3.3. Gebrauchstabellen

#### 3.3.5 Spezifische Enthalpie $h$ von überhitztem Wasserdampf in kJ/kg

Druck in bar	Dampftemperatur in °C										
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
1	2776,1	2874,8	2973,9	3073,9	3175,3	3278,0	3382,3	3488,2	3705,0	3928,8	4159,7
5		2854,9	2960,1	3063,7	3167,4	3271,7	3377,2	3483,9	3701,9	3926,5	4157,8
10		2827,4	2941,9	3050,6	3157,3	3263,8	3370,7	3478,6	3698,1	3923,6	4155,5
20			2901,6	3022,7	3136,6	3247,5	3357,5	3467,7	3690,2	3917,6	4150,9
30			2854,8	2922,6	3114,8	3230,7	3344,1	3456,6	3682,3	3911,7	4146,3
40				2959,7	3091,8	3213,4	3330,4	3445,4	3674,3	3905,7	4141,7
50				2923,5	3067,7	3195,5	3316,3	3433,9	3666,2	3899,7	4137,0
60				2883,2	3042,2	3177,0	3301,9	3422,3	3658,1	3893,6	4132,3
70				2837,6	3015,1	3157,9	3287,3	3410,5	3649,8	3887,5	4127,6
80				2784,6	2986,3	3138,0	3272,2	3398,5	3641,5	3881,4	4122,9
90					2955,5	3117,5	3256,9	3386,4	3633,2	3875,2	4118,2
100					2922,2	3096,1	3241,1	3374,0	3624,7	3869,0	4113,5
150					2691,3	2974,7	3156,6	3309,3	3581,5	3837,6	4089,6
200						2816,9	3060,8	3239,4	3536,7	3805,5	4065,4
250						2578,1	2950,6	3164,2	3490,4	3773,0	4041,1
300						2150,7	2822,3	3083,5	3443,1	3740,1	4016,7
350						1988,3	2672,9	2997,3	3394,7	3706,9	3992,2
400						1930,8	2513,2	2906,7	3345,8	3673,8	3967,8
450						1897,3	2377,7	2814,2	3296,6	3640,7	3943,6
500						1874,1	2284,7	2724,2	3247,7	3607,8	3919,5
600						1843,0	2180,0	2571,9	3152,3	3543,5	3872,3
700						1822,8	2123,6	2466,9	3063,8	3481,9	3826,7
800						1808,7	2087,9	2397,7	2985,4	3424,2	3783,3
900						1798,4	2063,2	2350,3	2918,7	3371,1	3742,4
1000						1790,9	2045,1	2316,2	2863,4	3323,1	3704,3

### 3.3.6 Dichte $\rho$ von überhitztem Wasserdampf in $\text{kg/m}^3$ in Abhängigkeit von Druck und Temperatur

Druck in bar	Dampf Temperatur in °C											
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	
1	0,5164	0,4604	0,4156	0,379	0,3483	0,3223	0,2999	0,2805	0,2483	0,2227	0,2019	
5		2,3537	2,1083	1,9137	1,7540	1,6200	1,5056	1,4066	1,2437	1,1149	1,0105	
10		4,8566	4,2984	3,8771	3,5402	3,2617	3,0263	1,8241	2,4932	2,2331	2,0228	
20			8,9757	7,9713	7,2169	6,6142	6,1153	5,6926	5,0101	4,4794	4,0531	
30			14,172	12,326	11,047	10,065	9,2708	8,6076	7,5512	6,7390	6,0908	
40				17,000	15,052	13,623	12,497	11,571	10,117	9,0121	8,1360	
50				22,073	19,255	17,299	15,798	14,586	12,709	11,299	10,189	
60				27,662	23,687	21,102	19,179	17,653	15,326	13,599	12,249	
70				33,944	28,384	25,045	22,646	20,776	17,970	15,914	14,316	
80				41,226	33,394	29,143	26,202	23,957	20,642	18,242	16,391	
90					38,776	33,411	29,855	27,198	23,341	20,584	18,474	
100					44,611	37,867	33,611	30,503	26,068	22,941	20,564	
150					87,191	63,889	51,200	48,077	40,154	34,943	31,124	
200							100,54	78,732	67,711	55,039	47,319	41,871
250							166,63	109,09	89,904	70,794	60,080	52,803
300							358,05	148,45	115,26	87,481	73,234	63,919
350							474,89	201,63	144,43	105,15	86,779	75,214
400							523,67	270,91	177,97	123,81	100,71	86,682
450							554,78	343,37	215,87	143,44	115,01	98,312
500							577,99	402,28	256,95	163,99	129,64	110,09
600							612,45	479,87	338,44	207,20	159,77	134,02
700							638,30	528,62	405,76	251,73	190,65	158,30
800							659,27	563,69	456,99	295,45	221,74	182,72
900							677,05	591,14	496,53	336,53	252,48	207,03
1000							692,58	613,80	528,21	373,93	282,36	231,03

## 3.3. Gebrauchstabellen

### 3.3.7 Taupunkttafel

Luft- temperatur in °C	Maximaler Wasser- dampfgehalt in g/m <sup>3</sup>	Zulässige Abkühlung der Luft in °C bis zur Tauwasserbildung bei einer relativen Luftfeuchte von													
		30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
-30	0,35	11,1	9,8	8,6	7,5	6,6	5,7	4,9	4,2	3,5	2,8	2,2	1,6	1,1	0,6
-25	0,55	11,5	10,1	8,9	7,8	6,8	5,9	5,1	4,3	3,6	2,9	2,3	1,7	1,1	0,6
-20	0,90	12,0	10,4	9,1	8,0	7,0	6,0	5,2	4,5	3,7	2,9	2,3	1,7	1,1	0,6
-15	1,40	12,3	10,8	9,6	8,3	7,3	6,4	5,4	4,6	3,8	3,1	2,5	1,8	1,2	0,6
-10	2,17	12,9	11,3	9,9	8,7	7,6	6,6	5,7	4,8	3,9	3,2	2,5	1,8	1,2	0,6
-5	3,27	13,4	11,7	10,3	9,0	7,9	6,8	5,9	5,0	4,1	3,3	2,6	1,9	1,2	0,6
0	4,8	13,9	12,2	10,7	9,3	8,1	7,1	6,0	5,1	4,2	3,5	2,7	1,9	1,3	0,7
2	5,6	14,3	12,6	11,0	9,7	8,5	7,4	6,4	5,4	4,6	3,8	3,0	2,2	1,5	0,7
4	6,4	14,7	13,0	11,4	10,1	8,9	7,7	6,7	5,8	4,9	4,0	3,1	2,3	1,5	0,7
6	7,3	15,1	13,4	11,8	10,4	9,2	8,1	7,0	6,1	5,1	4,1	3,2	2,3	1,5	0,7
8	8,3	15,6	13,8	12,2	10,8	9,6	8,4	7,3	6,2	5,1	4,2	3,2	2,3	1,5	0,8
10	9,4	16,0	14,2	12,6	11,2	10,0	9,6	7,4	6,3	5,2	4,2	3,3	2,4	1,6	0,8
12	10,7	16,5	14,6	13,0	11,6	10,1	8,8	7,5	6,4	5,3	4,3	3,3	2,4	1,6	0,8
14	12,1	16,9	15,1	13,4	11,7	10,3	8,9	7,6	6,5	5,4	4,3	3,4	2,5	1,6	0,8
16	13,6	17,4	15,5	13,6	11,9	10,4	9,0	7,8	6,6	5,5	4,4	3,5	2,5	1,7	0,8
18	15,4	17,8	15,7	13,8	12,1	10,6	9,2	7,9	6,7	5,6	4,5	3,5	2,5	1,7	0,8
20	17,3	18,1	15,9	14,0	12,3	10,7	9,3	8,0	6,8	5,6	4,6	3,6	2,6	1,7	0,8
22	19,4	18,4	16,1	14,2	12,5	10,9	9,5	8,1	6,9	5,7	4,7	3,6	2,6	1,7	0,8
24	21,8	18,6	16,4	14,4	12,6	11,1	9,6	8,2	7,0	5,8	4,7	3,7	2,7	1,8	0,8
26	24,4	18,9	16,6	14,7	12,8	11,2	9,7	8,4	7,1	5,9	4,8	3,7	2,7	1,8	0,9
28	27,2	19,2	16,9	14,9	13,0	11,4	9,9	8,5	7,2	6,0	4,9	3,8	2,8	1,8	0,9
30	30,3	19,5	17,1	15,1	13,2	11,6	10,1	8,6	7,3	6,1	5,0	3,8	2,8	1,8	0,9
35	39,4	20,2	17,7	15,7	13,7	12,0	10,4	9,0	7,6	6,3	5,1	4,0	2,9	1,9	0,9
40	50,7	20,9	18,4	16,1	14,2	12,4	10,8	9,3	7,9	6,5	5,3	4,1	3,0	2,0	0,9
45	64,5	21,6	19,0	16,7	14,7	12,8	11,2	9,6	8,1	6,8	5,5	4,3	3,1	2,1	0,9
50	82,3	22,3	19,7	17,3	15,2	13,8	11,6	9,9	8,4	7,0	5,7	4,4	3,2	2,1	0,9
55	104,4	23,0	20,2	17,8	15,6	13,7	11,8	10,2	8,6	7,1	5,8	4,5	3,2	2,1	0,9
60	130,2	23,7	20,9	18,4	16,1	14,1	12,2	10,5	8,9	7,3	5,9	4,6	3,3	2,1	0,9
65	161,3	24,5	21,6	19,0	16,6	14,5	12,6	10,8	9,1	7,6	6,1	4,7	3,4	2,1	0,9
70	188,2	25,2	22,2	19,5	17,1	15,0	13,0	11,1	9,4	7,9	6,2	4,8	3,4	2,1	0,9
75	242,0	26,0	22,9	20,1	17,7	15,4	13,3	11,4	9,6	8,0	6,4	4,9	3,5	2,2	0,9
80	283,4	26,8	23,6	20,7	18,2	15,8	13,7	11,7	9,9	8,2	6,6	5,0	3,6	2,2	0,9

### 3.3.8 Klimadaten

#### 3.3.8.1 Mittlere Jahrestemperatur und relative Feuchte

Deutschland:	Jahres temperatur (°C)	relative Feuchte (%)
Berlin	9.1	77
Braunschweig	8.6	-
Bremerhafen	8.8	-
Dresden	9.3	74
Essen	9.5	82
Erfurt	8.0	-
Frankfurt/M.	10.1	76
Frankfurt a.O.	8.2	-
Giessen	9.0	-
Görlitz	8.3	-
Halle	9.1	76
Hamburg	8.4	80
Magdeburg	9.1	-
Mannheim	10.2	-
München-Riem	8.1	-
Nürnberg	8.5	-
Plauen	7.2	-
Regensburg	8.1	-
Deutschland:	Jahres temperatur (°C)	relative Feuchte (%)
Rostock	7.8	-
Stuttgart	8.6	-
Trier	9.1	-



## 3.3. Gebrauchstabellen

### 3.3.8 Klimadaten



<b>Europa:</b>	<b>Jahres temperatur (°C)</b>	<b>relative Feuchte (%)</b>
Athen	17.6	66
Bern	8.6	-
Genf	9.2	-
Amsterdam	9,8	83
Innsbruck	8.4	-
London N W	9.9	79
Madrid	13.4	67
Moskau	3.6	79
Paris	10.3	77
Rom	15.4	72
Salzburg	8.2	-
Warschau	7.3	82
Wien	9.8	77
Zürich	8.2	-
<b>Übrige Welt:</b>	<b>Jahres temperatur (°C)</b>	<b>relative Feuchte (%)</b>
Djakarta	25.9	85
Buenos Aires	16.1	84
Daressalam	25.3	-
Havanna	25.2	76
Kairo	21.1	-
Kalkutta	25.5	-
New York	11.1	76
Rio de Janeiro	22.7	74
San Francisco	12.8	82
Santiago	13.9	68
Shanghai	15.8	-
Sydney	17.3	13.4
Tokio	13.8	73

### 3.3.8.2 Windgeschwindigkeit

Beaufort grad	Windgeschwindigkeit (m/s)	Wind Bezeichnung
0	0 - 0,2	still
1	0,3 - 1,5	leiser Zug
2	1,6 - 3,3	leichte Brise
3	3,4 - 5,4	schwache Brise
4	5,5 - 7,9	mäßige Brise
5	8,0 - 10,7	frische Brise
6	10,8 - 13,8	starker Wind
7	13,9 - 17,1	steifer Wind
8	17,2 - 20,7	stürmischer Wind
9	20,8 - 24,4	Sturm
10	24,5 - 28,4	schwerer Sturm
11	28,5 - 32,6	orkanartiger Sturm
≥12	>32,7	Orkan

Generell ist die Windgeschwindigkeit auch von der Höhe und vom Standort (Binnenland, Küstennähe) abhängig. Für die Berechnung der Dämmdicke werden im Allgemeinen die neben stehenden

Windgeschwindigkeiten verwendet:

- Innen: 0,5 m/s
- Außen unter geschützten Bedingungen: 1 m/s
- Außen: 5 m/s
- Außen unter windigen Bedingungen (z. B. in Küstennähe): 10 m/s



## 3.3. Gebrauchstabellen

### 3.3.9 Richtwerte für übliche Strömungsgeschwindigkeiten in Rohrleitungen

Rohrleitungsart		Strömungsgeschwindigkeit (m/s)
Dampfleitung	Sattdampf	20 - 35
	Niederdruck	30
	Mitteldruck	40
	Hochdruck	60
Speisewasser	Druckseitig	2 - 3
	Saugseitig	1
Öl	Niedrige Viskosität	1,5
	Hohe Viskosität	0,5
Transportleitungen über lange Distanzen	Diverse Produkte	2
Zentralheizung in Gebäuden	Anschlussleitung	0,5

### 3.3.10 Rohrdurchmesser

Für Rohrgrößen existieren viele verschiedene Normen, deren Verbreitung je nach Industriesektor und geographischem Gebiet variiert. Die Bezeichnung der Rohrgröße umfasst im Allgemeinen zwei Nummern; eine, die den Außen- (AD) oder Nenn Durchmesser angibt, und die andere, die die Wandstärke anzeigt.

- In Nordamerika und Großbritannien werden Hochdruck-Rohrleitungssysteme üblicherweise durch das Nennrohrgröße-System (NPS - Nominal Pipe Size) in Inch (Zoll) klassifiziert. Die Rohrgrößen sind in einer Reihe von Normen dokumentiert. In den USA u. a. API 5L, ANSI/ASME B36.10M und in Großbritannien BS 1600 und BS 1387. Üblicherweise ist die Rohrwanddicke die festgelegte Variable und der Innendurchmesser (I.D.) darf variieren.

- In Europa werden für Hochdruck-Rohrleitungssysteme dieselben Innendurchmesser und Wandstärken wie beim Nennrohrgröße-System (NPS) verwendet, jedoch werden sie mit einem metrischen Nenn Durchmesser (DN) anstelle der NPS Größenangabe in Inch (Zoll) angegeben. Für Nennrohrgrößen über 14 entspricht die DN Größe der mit 25 multiplizierten NPS Größe (nicht 25,4). Diese Rohre sind in der EN 10255 (vormals DIN 2448 und BS 1387) und in der ISO 65 dokumentiert und werden häufig als DIN- oder ISO-Rohre bezeichnet.

Die unten aufgeführte Tabelle gibt einen Überblick über die übliche Rohrdurchmesser im Vergleich zwischen der Inch (Zoll) und DN Größe.

Um eine fugenfreie Verlegung der Dämmung sicherzustellen, ist es wichtig, den tatsächlichen Außendurchmesser der Rohrleitung zu kennen. Es gibt eine unübersehbare Zahl von Rohrabmessungen. Einen generellen Überblick sehen Sie nächste Seite.

NPS	Nennweite	Aussendurchmesser (mm)
1/8	DN 6	10,3
1/4	DN 8	13,7
3/8	DN 10	17,1
1/2	DN 15	21,3
3/4	DN 20	26,7
1	DN 25	33,4
1 ¼	DN 32	42,2
1 ½	DN 40	48,3
2	DN 50	60,3
2 ½	DN 65	73,0
3	DN 80	88,9
3 ½	DN 90	101,6
4	DN 100	114,3
4 ½	DN 115	127,0
5	DN 125	141,3
6	DN 150	168,3
8	DN 200	219,1
10	DN 250	273,1
12	DN 300	323,9
14	DN 350	355,6
16	DN 400	406,4
18	DN 450	457,2
20	DN 500	508,0
22	DN 550	558,8
24	DN 600	609,6
26	DN 650	660,4
28	DN 700	711,2
30	DN 750	762,0
32	DN 800	812,8
34	DN 850	863,6
36	DN 900	914,0





# 4. Produkte

## Anwendungsübersicht

		Prozessrohrleitungen	Fernwärmrohrleitungen	Kolonnen	Kessel	Öfen	Tankwände	Hohlräume	Schallschutzkonstruktionen
Rohrschale	Rockwool 880	●	●						●
Drahtnetzmaten	Rockwool RTD-2	●		●	●	●			●
	Rockwool RBM	●		●	●	●			●
	Rockwool RTD-Plus	●			●	●			●
Druckfeste Lamellenmatte	Rockwool Duraflex	●	●	●	●		●		
Dämmplatten	Rockwool RPB-9				●	●			●
	Rockwool RPB-12				●	●			●
	Rockwool RPB-15				●	●			●
	Rockwool RTP-W			●			●		
Lose Wolle	Rockwool RL						●		

### Anmerkung

Die oben aufgeführte Anwendungsauswahl kann nur einen groben Überblick über die Anwendungsmöglichkeiten für Rockwool Dämmstoffe in betriebstechnischen Anlagen geben. Es ist in jedem Fall zu prüfen, ob die Materialien für den Einsatzbereich geeignet sind.

Bei der Auslegung und Ausführung der Dämmarbeiten sind die einschlägigen Regelwerke zu beachten.

Diese sind z. B.:

- VDI 2055 Wärme- und Kälteschutz von betriebstechnischen Anlagen in der Industrie und in der TGA
- DIN 4140 Dämmarbeiten an betriebstechnischen Anlagen in der Industrie und in der technischen Gebäudeausrüstung -Ausführung von Wärme- und Kälte-dämmungen

- AGI Q 05 Konstruktion von betriebstechnischen Anlagen
- AGI Q 101 Dämmarbeiten an Kraftwerkskomponenten
- AGI Q 132 Mineralwolle als Dämmstoff für betriebstechnische Anlagen

Des Weiteren bietet RTI noch Systemkomponenten für Technische Isolierungen an, wie z. B. das wasserdichte Ummantelungssystem Rocktight sowie das Wärmebrücken reduzierte Stützkonstruktionssystem Rockwool SKR an.

# 4. Produkte

## Wichtige Produkteigenschaften

### Obere Anwendungsgrenztemperatur

Die obere Anwendungsgrenztemperatur dient zur Einstufung der Dämmstoffe hinsichtlich ihres Verhaltens bei höheren Temperaturen. Sie ersetzt den Begriff der Klassifizierungstemperatur, der noch in der AGI Q 132 von 1995 gebräuchlich war. Die obere Anwendungsgrenztemperatur wird im Labor unter Berücksichtigung der Lieferform (Matte, Platte, Schale) bei statischer Belastung ermittelt.

### Obere Anwendungstemperatur

Die obere Anwendungstemperatur ist die Temperatur, der der Dämmstoff unter Betriebsbedingungen und den im Anwendungsfall auftretenden statischen und dynamischen Beanspruchungen dauernd ausgesetzt werden kann, ohne dass seine Eigenschaften beeinträchtigt werden. Dämmstoffe dürfen nur bis zu einer Temperatur eingesetzt werden, bei der die Wärmedämmwirkung nicht durch Dimensions-, Gefüge- oder chemische Veränderungen unzulässig beeinträchtigt wird. Die zulässige obere Anwendungstemperatur von Dämmstoffen liegt im Allgemeinen unter der oberen Anwendungsgrenztemperatur.

### AS-Qualität

Austenitischen Stählen werden Legierungselemente wie z. B. Chrom, Nickel oder Molybdän zugegeben, um die Korrosionsbeständigkeit zu erhöhen. Unter bestimmten Randbedingungen wie Bauteilspannungen und dem Kontakt mit wasserlöslichen Chloridionen neigen austenitische Stähle zur Spannungsrisskorrosion. Daher dürfen nur Dämmstoffe verwendet werden, die der AS-Qualität entsprechen. Bei diesen Dämmstoffen darf der Chloridionengehalt einen Nennwert von 10 mg/kg nicht überschreiten. Da Chloridionen in der Umwelt fast überall vorhanden sind, müssen Produkte in AS-Qualität trocken und witterungsgeschützt gelagert werden.

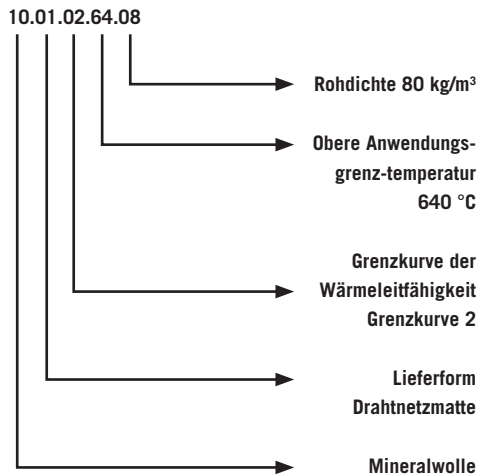
### Wärmeleitfähigkeit

Die wärmedämmende Wirkung von Dämmstoffen wird durch die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  beschrieben.  $\lambda$  wird in der physikalischen Einheit W/(mK) angegeben.

Die Wärmeleitfähigkeit ist eine temperaturabhängige Größe. Mit zunehmenden Temperaturen nimmt die Wärmeleitfähigkeit zu. Die Wärmeleitfähigkeit ist unter anderem abhängig von der Struktur, der Faserausrichtung und der Rohdichte des Dämmstoffes. Bei Rohrleitungs-dämmstoffen, die gemäß der EnEV verwendet werden, wird der Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_R$  bei einer Mitteltemperatur von 40 °C angegeben. Bei Dämmstoffen, die in betriebstechnischen Anlagen eingesetzt werden, wird die Wärmeleitfähigkeit abhängig von der Temperatur üblicherweise in 50-°C-Stufen angegeben.

### Dämmstoffkennziffer

Die Dämmstoffkennziffer ist eine 10-stellige Kennziffer, mit der Dämmstoffe für betriebstechnische Anlagen gekennzeichnet werden. Hier die Dämmstoffkennziffer am Beispiel der Rockwool Drahtnetzmatte RTD-2.



# Rockwool 880

## Produktbeschreibung

Die Rockwool 880 ist eine konzentrisch gewickelte, kunstharzgebundene Steinwolle-Rohrschale mit einer zusätzlichen Imprägnierung zur Verstärkung der wasserabweisenden Eigenschaften. Die Rohrschale ist einseitig aufgeschlitzt und zur leichteren Montage auf der Innenwandung eingesägt. Die Rockwool 880 wird für die gängigsten Rohrdurchmesser von 17 bis 915 mm angeboten.



## Anwendungsbereiche

Wärme- und Schalldämmung von Rohrleitungen in betriebstechnischen Anlagen, z. B. Chemieanlagen, Kraftwerken, von Fernwärmeleitungen sowie Abgasleitungen.

### Vorteile:

- nichtbrennbar A1
- wärmedämmend
- schallabsorbierend
- wasserabweisend
- einfach und zeitsparend zu verlegen
- druckbelastbar und formstabil
- hergestellt in AS-Qualität

## Technische Daten

	Leistung							Norm/Vorschrift
Baustoffklasse	nichtbrennbar A1							DIN 4102-1
Schmelzpunkt	> 1000 °C							DIN 4102-17
Obere Anwendungsgrenztemperatur	620 °C							ISO 8142
Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ in Abhängigkeit von der Mitteltemperatur*	$t^{\circ}$ mittel (°C)	50 °C	100 °C	150 °C	200 °C	250 °C	300 °C	DIN EN ISO 8497
	$\lambda$ (W/mK)	0,038	0,044	0,051	0,061	0,073	0,087	
Spezifische Wärmekapazität ( $c_p$ )	0,84 kJ/(kgK)							
Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl	$\mu = 1,3$							DIN EN 12086
AS-Qualität*	Anwendung in Verbindung mit austenitischen Stählen							DIN EN 13468 und AGI Q 132
Hydrophobierung*	Wasseraufnahme $\leq 1$ kg/m <sup>2</sup>							DIN EN 13472
Silikonfrei	frei von lackbenetzungsstörenden Substanzen							gemäß VW Test 3.10.7
Dämmstoffkennziffer*	10.04.04.62.99							AGI Q 132

Technische Daten jeweils bezogen auf den Herstellungszeitpunkt. \*Güteüberwacht nach VDI 2055.

# 4. Produkte

## Rockwool RTD-2

## Drahtnetzmatte

Produktnr.	Dicke mm	Länge mm	Breite mm	m <sup>2</sup> /VE*
675001	30	8000	500	4,00
675002	40	6000	500	3,00
675003	50	5000	500	2,50
675004	60	4000	500	2,00
675005	70	4000	500	2,00
675006	80	3000	500	1,50
675007	90	3000	500	1,50
675008	100	3000	500	1,50
675009	120	3000	500	1,50

\*m<sup>2</sup>/VE = m<sup>2</sup> pro Verpackungseinheit. Auf Wunsch auch in 1000 mm Breite lieferbar. Lieferzeit und Mindestabnahme auf Anfrage. Versteppung mit Edelstahl-Steppdraht und Edelstahl-Drahtgeflecht gegen Mehrpreis möglich.

### Produktbeschreibung

Die Rockwool RTD-2 ist eine elastische Steinwolle-Drahtnetzmatte, auf die einseitig ein verzinktes Drahtgeflecht (25 x 0,7 mm nach DIN 1200) gesteppt ist.



### Anwendungsbereiche

Wärme-, Schall- und Brandschutz von Rohrleitungen, Behältern, Kesseln, Rauchgaskanälen, Apparaten, Fernwärmeleitungen sowie Lüftungsleitungen der Feuerwiderstandsklassen L30 bis L90 nach DIN 4102 Teil 4.

### Vorteile:

- nichtbrennbar A1
- wärmedämmend
- schallabsorbierend
- wasserabweisend
- hoch temperaturbeständig
- hergestellt in AS-Qualität



## Rockwool RTD-2 - Technische Daten

	Leistung								Norm/Vorschrift
Baustoffklasse	nichtbrennbar A1								DIN 4102-1
Schmelzpunkt	> 1000 °C								DIN 4102-17
Obere Anwendungsgrenztemperatur	640 °C								DIN EN 14706
Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ in Abhängigkeit von der Temperatur*	t° (°C)	50 °C	100 °C	150 °C	200 °C	250 °C	300 °C	400 °C	DIN EN 12667
	$\lambda$ (W/mK)	0,041	0,047	0,054	0,064	0,075	0,088	0,117	
Spezifische Wärmekapazität ( $c_p$ )	0,84 kJ/(kgK)								
Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl	$\mu = 1,3$								DIN EN 12086
AS-Qualität*	Anwendung in Verbindung mit austenitischen Stählen								DIN EN 13468 und AGI Q 132
Hydrophobierung*	Wasseraufnahme $\leq 1$ kg/m <sup>2</sup>								DIN EN 1609
Dämmstoffkennziffer*	10.01.02.64.08								AGI Q 132

Technische Daten jeweils bezogen auf den Herstellungszeitpunkt. \*Güteüberwacht nach VDI 2055.

Die Rockwool RTD-2 Drahtnetzmatte wird auch mit Edelstahl-Drahtgarn und Edelstahl-Drahtgeflecht in folgenden Varianten angeboten:

- RTD-2 Typ 306: Edelstahl-Drahtgarn mit verzinktem Drahtgeflecht
- RTD-2 Typ 309: Edelstahl-Drahtgarn mit Edelstahl-Drahtgeflecht

# 4. Produkte

## Rockwool RBM

## Brandschutzmatte

Produktnr.	Dicke mm	Länge mm	Breite mm	m <sup>2</sup> /VE*
695001	30	8000	500	4,00
695002	40	6000	500	3,00
695003	50	5000	500	2,50
695004	60	4000	500	2,00
695005	70	4000	500	2,00
695006	80	3000	500	1,50
695007	90	3000	500	1,50
695008	100	3000	500	1,50
695009	120	3000	500	1,50

\*m<sup>2</sup>/VE = m<sup>2</sup> pro Verpackungseinheit. Auf Wunsch auch in 1000 mm Breite lieferbar. Lieferzeit und Mindestabnahme auf Anfrage. Versteppung mit Edelstahl-Steppdraht und Edelstahl-Drahtgeflecht gegen Mehrpreis möglich.

### Produktbeschreibung

Die Rockwool RBM ist eine elastische Steinwolle-Drahtnetzmatte, auf die einseitig ein verzinktes Drahtgeflecht (25 x 0,7 mm nach DIN 1200) gesteppt ist.



### Anwendungsbereiche

Hochtemperaturdämmung von Kesseln, Rohrleitungen, Behältern und Apparaten sowie für schalldämmende und Schall absorbierende Kapselungen. Brandschutzkonstruktionen, z. B. Lüftungsleitungen der Feuerwiderstandsklassen L30 bis L90.

### Vorteile:

- nichtbrennbar A1
- wärmedämmend
- schallabsorbierend
- wasserabweisend
- hoch temperaturbeständig
- hergestellt in AS-Qualität

## Rockwool RBM - Technische Daten

	Leistung								Norm/Vorschrift
Baustoffklasse	nichtbrennbar A1								DIN 4102-1
Schmelzpunkt	> 1000 °C								DIN 4102-17
Obere Anwendungsgrenztemperatur	680 °C								DIN EN 14706
Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ in Abhängigkeit von der Temperatur*	t° (°C)	50 °C	100 °C	150 °C	200 °C	250 °C	300 °C	400 °C	DIN EN 12667
	$\lambda$ (W/mK)	0,040	0,046	0,052	0,060	0,069	0,081	0,109	
Spezifische Wärmekapazität ( $c_p$ )	0,84 kJ/(kgK)								
Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl	$\mu = 1,3$								DIN EN 12086
AS-Qualität*	Anwendung in Verbindung mit austenitischen Stählen								DIN EN 13468 und AGI Q 132
Hydrophobierung*	Wasseraufnahme $\leq 1$ kg/m <sup>2</sup>								DIN EN 1609
Dämmstoffkennziffer*	10.01.03.68.10								AGI Q 132

Technische Daten jeweils bezogen auf den Herstellungszeitpunkt. \*Güteüberwacht nach VDI 2055.

Die Rockwool RBM Drahtnetzmatte wird auch mit Edelstahl-Drahtgarn und Edelstahl-Drahtgeflecht in folgenden Varianten angeboten:

- RBM Typ 306: Edelstahl-Drahtgarn mit verzinktem Drahtgeflecht
- RBM Typ 309: Edelstahl-Drahtgarn mit Edelstahl-Drahtgeflecht

Alternativ wird die RTD-PLUS mit einer Rohdichte von 160 kg/m<sup>3</sup> und einer oberen Anwendungsgrenztemperatur von 720 °C angeboten. Preis und Mindestabnahme auf Anfrage.

# 4. Produkte

## Rockwool Duraflex

### Druckfeste Steinwollematte

Dicke mm	Breite mm	Steinwollematte gerollt			Steinwollematte auf Palette		
		Produktnr.	Länge mm	m <sup>2</sup> /VE*	Produktnr.	Länge mm	m <sup>2</sup> /VE*
30	500	624003	8000	8,0	624503	2000	80
40	500	624004	6000	6,0	624504	2000	60
50	500	624005	5000	5,0	624505	2000	48
60	500	624006	4500	4,5	624506	2000	40
70	500	624007	4000	4,0	624507	2000	34
80	500	624008	3500	3,5	624508	2000	30
90	500	624009	3000	3,0	624509	2000	26
100	500	624010	3000	3,0	624510	2000	24
110	500	-	-	-	624511	2000	22
120	500	-	-	-	624512	2000	20
130	500	-	-	-	624513	2000	18

Auf Wunsch auch in 1000 mm Breite lieferbar. Sonderlängen auf Anfrage und gegen Mehrpreis möglich.  
\*m<sup>2</sup>/VE = m<sup>2</sup> pro Verpackungseinheit.

### Produktbeschreibung

Die Rockwool Duraflex ist eine nichtbrennbare, druckfeste, elastische Steinwollematte höherer Rohdichte mit überwiegend senkrecht ausgerichteter Mineralwollstruktur, die einseitig mit einer gitternetzverstärkten Aluminiumfolie kaschiert ist. Durch die gegenüber einer normalen Lamellenmatte erhöhte Druckfestigkeit bietet sie den entscheidenden Vorteil, dass bei ihrem Einsatz im Allgemeinen auf die Stützkonstruktion verzichtet werden kann. Die Duraflex wird auf die zu dämmende Oberfläche aufgebracht, ohne dass störende Stützkonstruktionen im Weg sind. Der Blechmantel kann direkt\* auf die Duraflex aufgebracht werden. Die Duraflex übernimmt damit die Aufgabe der Dämmung und der Stützkonstruktion in einem. Wärmebrücken werden damit vermieden und die Wärmeverluste reduziert.

\*Es ist zu prüfen, ob bauseits ggf. eine Hinterlüftung gefordert wird.



## Anwendungsbereiche

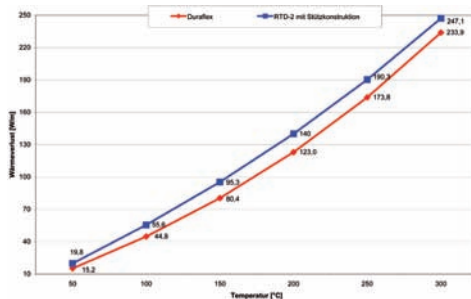
Wärme- und Schalldämmung von Behältern und Tanks, Kolonnen, Rohrleitungen in Industrieanlagen, Fernwärmerohrleitungen sowie Kesseln und Apparaten mit rundem Querschnitt.

## Vorteile:

- die Montage der Stützkonstruktion wird eingespart
- die Duraflex ist ohne störende Stützkonstruktion schneller aufgebracht
- die Duraflex bietet eine gleichmäßige, feste Oberfläche zur Montage des Blechs
- keine Wärmebrücken durch Stützkonstruktion und damit geringere Wärmeverluste
- gleichmäßige Oberflächentemperatur auf dem Blechmantel (keine Hotspots durch Stützkonstruktion)
- die Betriebskosten der Anlage sind niedriger aufgrund geringerer Wärmeverluste

## Die Wärmeleitfähigkeit im Vergleich

Der Vergleich der Konstruktionen unter Betrachtung der Wärmeverluste in Watt pro Meter (W/m) zeigt den deutlichen **Vorteil der stützkonstruktionslosen Dämmart**, hier beispielsweise gezeigt an einer Rohrleitung, 324 mm und 100 mm Dämmdicke:



Vergleich der Wärmeverluste der Rohrleitung, gedämmt mit Duraflex, oder der Drahtnetzmatte RTD-2 mit Stützkonstruktion.

Die Stützkonstruktion, die bei der Dämmung mit Drahtnetzmatte erforderlich ist, wirkt als Wärmebrücke nach außen und erhöht dadurch den Wärmeverlust pro Meter Rohrleitung deutlich, da die Wärme durch die Konstruktion ungedämmt nach außen fließen kann. Hotspot an der Blechoberfläche und damit eine ungleichmäßige Oberflächentemperatur sind dann die Folgen.

**Hier zeigt sich deutlich der Vorteil der Duraflex: Es kann komplett auf die Stützkonstruktion verzichtet werden, da die Duraflex aufgrund ihrer hohen Druckfestigkeit den Blechmantel tragen kann.**

**Somit liegt der Wärmeverlust einer Konstruktion mit der Duraflex deutlich niedriger als der mit der Drahtnetzmatte und Stützkonstruktion.**

# 4. Produkte

## Rockwool Duraflex - Technische Daten

	Leistung							Norm/Vorschrift
Baustoffklasse	nichtbrennbar A2							DIN 4102-1
Schmelzpunkt	> 1000 °C							DIN 4102-17
Obere Anwendungsgrenztemperatur	bis 300 °C							DIN EN 14706
Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ in Abhängigkeit von der Temperatur, ermittelt am Plattengerät*	t° (°C)	50 °C	100 °C	150 °C	200 °C	250 °C	300 °C	DIN EN 12667
	$\lambda$ (W/mK)	0,043	0,053	0,064	0,077	0,092	0,110	
Spezifische Wärmekapazität (c <sub>p</sub> )	0,84 kJ/(kgK)							
Diffusionsäquivalente Luftschichtdicke (s <sub>d</sub> )	> 100 m							DIN EN 12086
AS-Qualität*	Anwendung in Verbindung mit austenitischen Stählen							DIN EN 13468 und AGI Q 132
Hydrophobierung*	Wasseraufnahme ≤ 1 kg/m <sup>2</sup>							DIN EN 1609
Dämmstoffkennziffer*	10.03.02.40.06							AGI Q 132
Druckfestigkeit* (δ <sub>p</sub> )	> 10 kN/m <sup>2</sup>							DIN EN 826

Technische Daten jeweils bezogen auf den Herstellungszeitpunkt. \*Güteüberwacht nach VDI 2055.



# 4. Produkte

## Rockwool RPB-9

## Brandschutzplatte

Produktnr.	Dicke mm	Länge mm	Breite mm	m <sup>2</sup> /Paket	Transport 100 m <sup>2</sup> = m <sup>3</sup>
535001	30	1000	625	6,25	3,50
535002	40	1000	625	5,00	4,68
535003	50	1000	625	3,75	5,84
535004	60	1000	625	3,75	7,20
535005	80	1000	625	2,50	9,36
535006	100	1000	625	1,875	10,03

### Produktbeschreibung

Die RPB-9 ist eine Steinwolle-Brandschutzplatte, die bei Hochtemperaturen anwendbar ist.



### Anwendungsbereiche

Wärme- und Schalldämmung sowie Brandschutzisolierung von Behältern, Kesseln, Apparaten, Abgas-Schalldämpfern und thermisch belasteten Baukonstruktionen.

### Vorteile:

- nichtbrennbar A1
- wärme- und schalldämmend
- schallabsorbierend
- wasserabweisend
- hoch temperaturbeständig
- hergestellt in AS-Qualität



## Rockwool RPB-9 - Technische Daten

	Leistung								Norm/Vorschrift
Baustoffklasse	nichtbrennbar A1								DIN 4102-1
Obere Anwendungsgrenztemperatur*	680 °C								DIN EN 14706
Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda$ )	Nennwert = 0,040 W/(mK)								DIN EN 13162
Schmelzpunkt	> 1000 °C								DIN 4102-17
Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ in Abhängigkeit von der Temperatur*	t° (°C)	50 °C	100 °C	150 °C	200 °C	250 °C	300°C	400°C	DIN EN 12667
	$\lambda$ (W/mK)	0,040	0,045	0,053	0,062	0,073	0,085	0,117	
AS-Qualität*	Anwendung in Verbindung mit austenitischen Stählen								DIN EN 13468 und AGI Q 132
Hydrophobierung*	Wasseraufnahme $\leq$ 1 kg/m <sup>2</sup>								DIN EN 1609
Dämmstoffkennziffer*	10.08.04.68.08								AGI Q 132

Technische Daten jeweils bezogen auf den Herstellungszeitpunkt. \*Güteüberwacht nach VDI 2055.

# 4. Produkte

## Rockwool RPB-12

## Brandschutzplatte

Produktnr.	Dicke mm	Länge mm	Breite mm	m <sup>2</sup> /Paket	Transport 100 m <sup>2</sup> = m <sup>3</sup>
575001	30	1000	625	6,25	3,01
575002	40	1000	625	5,00	4,68
575003	50	1000	625	3,75	5,84
575004	60	1000	625	3,125	7,02
575005	80	1000	625	2,50	9,36
575134	100	1000	625	1,25	11,12

### Produktbeschreibung

Die RPB-12 ist eine Steinwolle-Brandschutzplatte, die bei Hochtemperaturen anwendbar ist.



### Anwendungsbereiche

Wärme- und Schalldämmung sowie Brandschutzisolierung von Behältern, Kesseln, Apparaten, Abgasschalldämpfern und thermisch belasteten Baukonstruktionen sowie von Feuerstätten für feste Brennstoffe (offene Kamine) nach DIN 18895.

#### Vorteile:

- nichtbrennbar A1
- wärme- und schalldämmend
- schallabsorbierend
- wasserabweisend
- hoch temperaturbeständig
- hergestellt in AS-Qualität

## Rockwool RPB-12 - Technische Daten

	Leistung								Norm/Vorschrift
Baustoffklasse	nichtbrennbar A1								DIN 4102-1
Obere Anwendungsgrenztemperatur*	700 °C								DIN EN 14706
Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda$ )	Nennwert = 0,040 W/(mK)								DIN EN 13162
Schmelzpunkt	> 1000 °C								DIN 4102-17
Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ in Abhängigkeit von der Temperatur*	t° (°C)	50 °C	100 °C	150 °C	200 °C	250 °C	300°C	400°C	DIN EN 12667
	$\lambda$ (W/mK)	0,040	0,045	0,051	0,059	0,068	0,079	0,106	
AS-Qualität*	Anwendung in Verbindung mit austenitischen Stählen								DIN EN 13468 und AGI Q 132
Hydrophobierung*	Wasseraufnahme $\leq$ 1 kg/m <sup>2</sup>								DIN EN 1609
Dämmstoffkennziffer*	10.08.05.70.11								AGI Q 132

Technische Daten jeweils bezogen auf den Herstellungszeitpunkt. \*Güteüberwacht nach VDI 2055.

# 4. Produkte

## Rockwool RPB-15

## Brandschutzplatte

Produktnr.	Dicke mm	Länge mm	Breite mm	m <sup>2</sup> /Paket	Transport 100 m <sup>2</sup> = m <sup>3</sup>
535001	30	1000	625	3,75	3,53
535002	40	1000	625	3,125	4,67
535003	50	1000	625	2,50	5,84
535004	60	1000	625	1,875	7,04
535005	80	1000	625	1,25	9,36
535006	100	1000	625	1,25	10,00

### Produktbeschreibung

Die RPB-15 ist eine Steinwolle-Brandschutzplatte, die bei Hochtemperaturen anwendbar ist.



### Anwendungsbereiche

Wärme- und Schalldämmung sowie Brandschutzisolierung von Behältern, Kesseln, Apparaten, Abgas-Schalldämpfern und thermisch belasteten Baukonstruktionen sowie von Feuerstätten für feste Brennstoffe (offene Kamine) nach DIN 18895.

#### Vorteile:

- nichtbrennbar A1
- wärme- und schalldämmend
- schallabsorbierend
- wasserabweisend
- hoch temperaturbeständig
- hergestellt in AS-Qualität

## Rockwool RPB-15 - Technische Daten

	Leistung								Norm/Vorschrift
Baustoffklasse	nichtbrennbar A1								DIN 4102-1
Obere Anwendungsgrenztemperatur*	700 °C								DIN EN 14706
Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda$ )	Nennwert = 0,040 W/(mK)								DIN EN 13162
Schmelzpunkt	> 1000 °C								DIN 4102-17
Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ in Abhängigkeit von der Temperatur*	t° (°C)	50 °C	100 °C	150 °C	200 °C	250 °C	300 °C	400 °C	DIN EN 12667
	$\lambda$ (W/mK)	0,041	0,045	0,050	0,059	0,067	0,076	0,98	
AS-Qualität*	Anwendung in Verbindung mit austenitischen Stählen								DIN EN 13468 und AGI Q 132
Hydrophobierung*	Wasseraufnahme $\leq$ 1 kg/m <sup>2</sup>								DIN EN 1609
Dämmstoffkennziffer*	10.08.05.70.14								AGI Q 132

Technische Daten jeweils bezogen auf den Herstellungszeitpunkt. \*Güteüberwacht nach VDI 2055.

# 4. Produkte

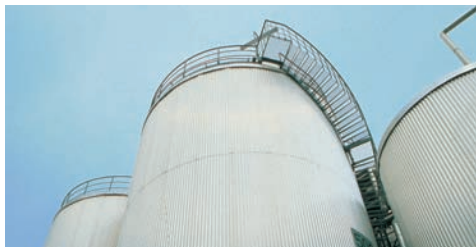
## Rockwool RTP-W

## Tankwandplatte

Produktnr.	Dicke mm	Länge mm	Breite mm	m <sup>2</sup> /Paket	Transport 100 m <sup>2</sup> = m <sup>3</sup>
274001	40	1000	625	7,50	4,44
274002	50	1000	625	6,25	5,55
274003	60	1000	625	5,00	6,66
274005	80	1000	625	3,75	8,88
274006	100	1000	625	3,125	11,10
274007	120	1000	625	2,50	13,32
274008	140	1000	625	1,875	14,94
274009	160	1000	625	1,875	16,94

### Produktbeschreibung

Die Rockwool RTP-W ist eine kunstharzgebundene, durchgehend wasserabweisende Steinwolle-Dämmplatte mittlerer Rohdichte.



### Anwendungsbereiche

Dämmung von Tankwänden, Kolonnen und Behältern in Industrieanlagen, z. B. in Verbindung mit hinterlüfteten Konstruktionen.

#### Vorteile:

- nichtbrennbar A1
- wärme- und schalldämmend
- schallabsorbierend
- wasserabweisend
- formstabil

### Technische Daten

	Leistung	Norm/Vorschrift
Baustoffklasse	nichtbrennbar A1	DIN 4102-1
Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda$ )	Nennwert = 0,035 W/(mK)	DIN EN 13162
Schmelzpunkt	> 1000 °C	DIN 4102-17
Spezifische Wärmekapazität ( $c_p$ )	0,84 kJ/(kgK)	
Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl	$\mu = 1,3$	DIN EN 12086
Hydrophobierung*	Wasseraufnahme $\leq 1$ kg/m <sup>2</sup>	DIN EN 1609

Technische Daten jeweils bezogen auf den Herstellungszeitpunkt. \*Güteüberwacht nach VDI 2055.

## Rockwool Lose Steinwolle RL

## Lose Steinwolle

Produktnr.	kg/Foliensack
411101	15

### Produktbeschreibung

Lose Stopfwolle aus Steinwolle für Stopfdämmung jeglicher Art im industriellen Bereich und im Bausektor.



### Anwendungsbereiche

Stopfdämmungen an geometrisch komplizierten Formen wie z. B. Rohrbögen, Armaturenkapfen oder sonstigen schwer zugänglichen Hohlräumen im Industrie- und Anlagenbau sowie im Bausektor.

#### Vorteile:

- nichtbrennbar A1
- wärme- und schalldämmend
- schallabsorbierend
- diffusionsoffen
- alterungsbeständig
- chemisch neutral
- schnell und einfach zu verarbeiten

### Technische Daten

	Leistung							Norm/Vorschrift
Baustoffklasse	nichtbrennbar A1							DIN 4102-1
Schmelzpunkt	> 1000 °C							DIN 4102-17
Wärmeleitfähigkeit $\lambda$ , in Abhängigkeit von der Temperatur bei einer Stopfdichte von ca. 100 kg/m <sup>3</sup>	t° (°C)	50 °C	100 °C	150 °C	200 °C	250 °C	300 °C	DIN EN 12667
	$\lambda$ (W/mK)	0,033	0,037	0,044	0,061	0,083	0,112	

Technische Daten jeweils bezogen auf den Herstellungszeitpunkt.

Als Alternative bieten wir eine lose Steinwolle in „Linde Qualität“ an, die die Anforderungen der AGI Q 118 erfüllt und an Sauerstoffzerlegungsanlagen eingesetzt werden kann. Preis und Mindestabnahmemengen auf Anfrage.

# 4. Produkte

## Rockwool Rocktight

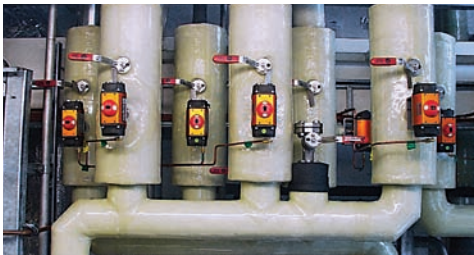
Ummantelungssystem

### Wasserdichte Ummantelungssysteme für technische Isolierungen an Rohrleitungen und Behältern

Produktnr.	Breite mm	Länge m	m <sup>2</sup> /Rolle	kg/Rolle
413001	950	10	9,5	30

#### Produktbeschreibung

Rockwool Rocktight ist eine glasfaserverstärkte Polyesterplatte, die unter dem Einfluss von ultraviolettem (UV-) Licht aushärtet. Das Material enthält Harze, Glasfasern und spezielle Füllmittel und ist zunächst durch beidseitig aufgebrachte Folien vor UV-Strahlen geschützt. Unverarbeitet ist es weich und flexibel. In diesem Zustand kann Rocktight in jede Form geschnitten und einfach auf die Dämmung aufgebracht werden. Rockwool Rocktight härtet danach unter dem Einfluss von ultraviolettem (UV-) Licht aus. Nach der Aushärtung ist Rocktight wasserdicht und bildet einen mechanischen Schutz für die Dämmung.



#### Anwendungsbereiche

Wasserdichte und korrosions beständige Ummantelung von technischen Dämmsystemen an Rohrleitungen und Behältern, in Industrieanlagen, der Food- und Pharmaindustrie sowie im Schiffbau und bei Offshore-Anwendungen.

#### Technische Daten

Schwerentflammbar, Baustoffklasse B1 nach DIN 4102-1. Wasserundurchlässig und beständig gegenüber einer Vielzahl von Chemikalien.

#### Lagerung und Haltbarkeit

Die Haltbarkeit beträgt 6 Monate (nach Lieferdatum). Rockwool Rocktight sollte immer in der Originalverpackung, die das Material vor UV-Strahlung schützt, bei maximalen Raumtemperaturen von 25 °C trocken gelagert werden.

#### Rocktight Zubehör

In Bereichen mit nicht ausreichendem Tageslicht kann es erforderlich werden, die Aushärtung durch künstliche UV-Strahler zu beschleunigen. Hierzu werden UV-Strahler mit dem entsprechenden Trafo angeboten.

Um eine dichte Verbindung zwischen bereits ausgehärtetem Rocktight und neuem Rocktight zu erreichen, ist es erforderlich, dieses mit **Rocktight Gel** anzulösen.

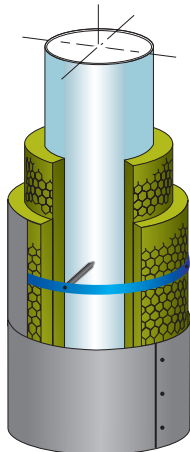
#### Vorteile:

- keine Korrosion der Ummantelung
- chemisch resistent
- wasserdichte Ummantelung schützt die Dämmung
- Reinigung mit Dampfstrahlern möglich
- einsetzbar für Kälte- und Wärmedämmung
- schnelle Verarbeitung



### Produktbeschreibung

Rockwool SKR ist ein Stützkonstruktionssystem für Dämmungen an Rohrleitungen und Behältern, welches das Aufbringen des Dämmstoffes vereinfacht und die Bildung von Wärmebrücken minimiert. Während herkömmliche Stützkonstruktionen zunächst auf der Rohrleitung befestigt werden und das Aufbringen des Dämmstoffes erschweren, kehrt Rockwool SKR die Montagefolge in sinnvoller Weise um. Erst wird der Dämmstoff fugenfrei aufgebracht – danach erfolgt die Montage der SKR Stützkonstruktion.



### Systembeschreibung

Rockwool SKR besteht aus einem dem Durchmesser individuell angepassten metallischen Tragrings, der wiederum aus mindestens 2 Segmenten besteht und auf die bestehende Rohrdämmung aufgebracht wird. Mithilfe von metallischen Abstandhaltern, die nachträglich in den Tragrings eingeführt werden, wird der Tragrings auf einen zuvor definierten Abstand zur Rohrleitung gehalten. Dieser Tragrings dient als Auflager für die Blechummantelung.

### Systemkomponenten

Als Standard werden die SKR Stützkonstruktionssysteme aus verzinktem Stahl angeboten. Alternativ kann der zylindrische Abstandhalter auch aus austenitischem Stahl hergestellt werden.

- **Rockwool SKR** – segmentierter, auf den Durchmesser abgestimmter Tragrings, mit starrer Aufnahmebuchse für den zylindrischen Abstandhalter, 8 mm Ø. Länge auf die Dämmdicke abgestimmt.
- **Rockwool SKR-F** – segmentierter, auf den Durchmesser abgestimmter Tragrings, mit federgelagerter Aufnahmebuchse für den zylindrischen Abstandhalter, 8 mm Ø. Länge auf die Dämmdicke abgestimmt.
- **Rockwool SKR-S** – Trag-Spannrings für vertikale Rohrleitungsdämmungen.

### Vorteile:

- schnellere Verarbeitung, da Stützringe bei der Montage der Dämmung nicht stören
- Minimierung des Wärmebrückenrisikos durch häufig schlecht angepassten Dämmstoff im Bereich der Stützkonstruktion
- Verbesserung der Betriebswärmeleitfähigkeit
- geringere Transport- und Lagerkosten als bei vorgefertigten, oft sperrigen Stützkonstruktionen

## Technischer Service:

Tel.: 02043/408-606 · Fax: -575

Steht für kompetente Fachberatung und technische Informationen zum Wärme-, Schall- und baulichen Brandschutz in der Haustechnik und Prozessindustrie.

Sie haben die Wahl:

- Persönliche Beratung am Telefon – unsere Mitarbeiter stehen Ihnen unter 02043/408-606 gerne zur Verfügung (Mo. – Do. 8.00 – 17.30 Uhr und Fr. 8.00 – 16.30 Uhr) oder
- Informationen rund um die Uhr im Internet unter [www.rockwool-rti.com](http://www.rockwool-rti.com)  
Senden Sie uns Ihre Fragen und Anmerkungen, wann immer Sie möchten.

Unsere technischen Informationen geben den Stand unseres Wissens und unserer Erfahrung zum Zeitpunkt der Drucklegung wieder, verwenden Sie bitte deshalb die jeweils neueste Auflage, da sich Erfahrungs- und Wissensstand stets weiterentwickeln. In Zweifelsfällen setzen Sie sich bitte mit uns in Verbindung. Beschriebene Anwendungsbeispiele können besondere Verhältnisse des Einzelfalles nicht berücksichtigen und erfolgen daher ohne Haftung. Unseren Geschäftsbeziehungen mit Ihnen liegen stets unsere Allgemeinen Verkaufs-, Lieferungs- und Zahlungsbedingungen in der jeweils neuesten Fassung zugrunde. Wir verweisen insbesondere auf Ziff. VI. dieser Bedingungen, wonach wir für Planungs-, Beratungs-, Verarbeitungshinweise etc. eine wie auch immer geartete Haftung nur dann übernehmen, wenn wir auf Ihre schriftliche Anfrage hin verbindlich und schriftlich unter Bezugnahme auf ein bestimmtes, uns bekanntes Bauvorhaben mitgeteilt haben; in jedem Falle bleiben Sie verpflichtet, unsere Vorschläge unter Einbeziehung unserer Ware auf die Eignung für den von Ihnen vorgesehenen konkreten Verwendungszweck hin zu untersuchen, ggfs. unter Einbeziehung von Fachingenieuren u. Ä. mehr.

RTI/04\_08/10k

Kommen Sie zu uns. Wir informieren Sie gerne.

Deutsche Rockwool  
Mineralwoll GmbH & Co. OHG  
**Rockwool Technical Insulation**

Postfach 207  
D-45952 Gladbeck  
Telefon: +49 (0) 20 43 / 408-0  
Telefax: +49 (0) 20 43 / 408-672  
[www.rockwool-rti.com](http://www.rockwool-rti.com)

Angebote /  
Auftragsservice  
Telefon: +49 (0) 20 43 / 408-372 / 432 / 448  
Telefax: +49 (0) 20 43 / 408-530

Rockwool ist eine registrierte Handelsmarke von Rockwool International.

Rockwool Technical Insulation behält sich das Recht vor, die Informationen in dieser Broschüre ohne Ankündigung zu verändern.



EXCELLENCE  
IN FIRESAFE SOLUTIONS