Schutzrohre und Armaturen für die Temperaturmesstechnik

- **Allgemeine Betriebsanleitung für Temperaturmessgeräte mit Schutzrohren und Armaturen zum Einsatz in Industrieanlagen**

HENSEL MESS-, REGEL- UND PRÜFTECHNIK
HENSEL • Mess-, Regel- und Prüftechnik GmbH & Co. KG • Tel. 03 58 77/ **231-0** • Fax 03 58 77/ **23123** • www.hensel-cunewalde.de

Installations-, Betriebs- & Wartungsanleitung

von Thermoelementen und Widerstandsthermometern mit Schutzrohren

1. Allgemein

Thermoelemente bzw. Widerstandsthermometer sind empfindliche Geräte, die gegebenenfalls Glas-oder Keramik- Innenteile haben. Sie müssen mit entsprechender Vorsicht behandelt werden.
Beim Empfang der Thermometer ist darauf zu achten, dass alle evtl. lose mitgelieferten Teile ausgepackt werden.
Lange Thermometer müssen an mehreren Stellen abgestützt und entsprechend hochgehoben bzw. transportiert werden. Gleiche Sorgfalt ist bei der Montage selbst erforderlich. Die Thermometer sollten vor dem Einbau überprüft werden um sicherzustellen, dass keine Transportschäden aufgetreten sind.

Schutzrohre

Die in der Betriebsanleitung beschriebenen Thermometer mit Schutzrohren werden nach den neuesten Erkenntnissen gefertigt. Alle Komponenten unterliegen während der Fertigung strengen Qualitäts- und Umweltkriterien. Unsere Managementsysteme sind nach ISO 9001 zertifiziert. Diese Betriebsanleitung gibt wichtige Hinweise zum Umgang mit dem Schutzrohr. Voraussetzung für sicheres Arbeiten ist die Einhaltung aller angegebenen Sicherheitshinweise und Handlungsanweisungen. Die für den Einsatzbereich des Schutzrohres geltenden örtlichen Unfallverhütungsvorschriften und allgemeinen Sicherheitsbestimmungen einhalten. Die Betriebsanleitung ist Produktbestandteil und muss in unmittelbarer Nähe des Schutzrohres für das Fachpersonal jederzeit zugänglich aufbewahrt werden. Das Fachpersonal muss die Betriebsanleitung vor Beginn aller Arbeiten sorgfältig durchgelesen und verstanden haben.
Die Haftung des Herstellers erlischt bei Schäden durch bestimmungswidrige Verwendung, Nichtbeachten dieser Betriebsanleitung, Einsatz ungenügend qualifizierten Fachpersonals sowie eigenmächtiger Veränderung am Schutzrohr.
Es gelten die allgemeinen Liefer- und Geschäftsbedingungen - Technische Änderungen vorbehalten.

Zuleitungen

Bei allen Zuleitungen ist auf gute Kontaktgabe zu achten und darauf, dass Korrosion, Feuchte, Schmutz, elektrische Einstreuung von Energieleitungen usw. vermieden werden.
Die Isolation der Leitungen wird nach Umgebungseinflüssen (Trocken, feucht, chemisch aggressiv, heiß) ausgesucht, wobei die Umgebungstemperatur sowohl der Leitung als auch des Anschlusskopfes in der Regel 60°C nicht überschreiten darf.
Bei der Auswahl der Leitungen und bei ihrer Festlegung sind die jeweils gültigen Normen und Vorschriften zu beachten.
Alle Messsysteme sollten nach Möglichkeit ungeerdet betrieben werden, oder nur an einem Punkt mit Messerde verbunden sein.

2. Thermoelemente

Thermoelemente werden mit 1, 2, gelegentlich mit 3 Thermopaaren geliefert. Die Messstelle ist meistens isoliert, kann jedoch auch mit dem Schutzrohr verbunden sein.
Die Verbindung Thermoelement - Messgerät wird durch eine Ausgleichsleitung hergestellt. Es müssen die zum Thermoelement passenden, richtigen Ausgleichsleitungen in richtiger Polarität angeschlossen werden. Die Leitungen sollen mindestens 0,5m von Energieleitungen entfernt, am besten auf eigenen Kabelbahnen, verlegt werden. Verdrillte und geschirmte Leitungen unterdrücken magnetische und elektrische Einstreuungen. Messkreise nicht oder nur in einem Punkt erden.
Leitungsabgleich ist nicht erforderlich, wenn das nachgeschaltete Instrument einen Eingangswiderstand > 1Mohm hat.

3. Widerstandsthermometer

Widerstandsthermometer werden mit 1, 2, gelegentlich mit 3 Messwiderständen geliefert. Die Messstelle ist isoliert, eine evtl. Verbindung zum Schutzrohr ist ein Isolationsdefekt. Die Verbindung Widerstandsthermometer - Messgerät erfolgt meist in 2- (Leitungswiderstand geht nach Betrag und Änderung in die Messung ein), 3- oder 4-Leiterschaltung. Für genauere Messungen wird 3-Leiterschaltung mit Abgleich des Leitungswiderstandes, für hochgenaue Messungen 4-Leiterschaltung mit Konstantstrom und hochohmigem Spannungsabgriff eingesetzt.
Handelsübliche Kupferleitungen mit vorzugsweise 1,5 mm² Querschnitt sollten verlegt werden, und zwar möglichst > 0,5m entfernt von Energieleitungen, am besten auf eigenen Kabelbahnen. Verdrillte und geschirmte Leitungen unterdrücken magnetische und elektrische Einstreuungen. Messkreise nicht oder nur in einem Punkt erden.
Die vom Hersteller empfohlenen Messströme, 0,1 bis 10 mA je nach Ausführung dürfen nicht überschritten werden (Eigenerwärmung).

4. Betrieb von Schutzrohren

Vor Montage, Inbetriebnahme und Betrieb ist durch den Betreiber sicherzustellen, dass der verwendete Schutzrohrwerkstoff gegenüber dem Messmedium chemisch beständig/ neutral ist, sowie den prozessseitigen mechanischen Belastungen standhält.
Bei Nichtbeachten können schwere Körperverletzungen und/oder Sachschäden auftreten. Weitere wichtige Sicherheits-Hinweise befinden sich in den einzelnen Kapiteln dieser Betriebsanleitung.

4.1 Bestimmungsgemäße Verwendung

Schutzrohre dienen zum Schutz des Temperaturfühlers gegenüber den Prozessbedingungen. Des weiteren ermöglichen Schutzrohre den Ausbau des Temperaturfühlers ohne den Prozess stillzulegen und verhindern Umwelt- oder Personenschäden durch den Austritt von Prozessmedium. Das Schutzrohr ist ausschließlich für den hier beschriebenen bestimmungsgemäßen Verwendungszweck konzipiert und konstruiert und darf nur dementsprechend verwendet werden. Die Auswahl des Schutzrohrtypes erfolgt durch den Betreiber der Anlage.
Die technischen Spezifikationen in dieser Betriebsanleitung sind einzuhalten. Eine unsachgemäße Handhabung oder ein Betreiben des Schutzrohres außerhalb der technischen Spezifikationen macht die sofortige Überprüfung erforderlich.
Ansprüche jeglicher Art aufgrund von nicht bestimmungsgemäßer Verwendung sind ausgeschlossen.

4.2 Personalqualifikationen

WARNUNG!
Verletzungsgefahr bei unzureichender Qualifikation!
Unsachgemäßer Umgang kann zu erheblichen Personen- und Sachschäden führen. Die in dieser Betriebsanleitung beschriebenen Tätigkeiten können nur durch Fachpersonal nachfolgend beschriebener Qualifikation durchführen lassen.

Fachpersonal
Das Fachpersonal ist aufgrund seiner fachlichen Ausbildung, seiner Kenntnisse der Mess- und Regelungstechnik und seiner Erfahrungen sowie Kenntnis der landesspezifischen Vorschriften, geltenden Normen und Richtlinien in der Lage, die beschriebenen Arbeiten auszuführen und mögliche Gefahren selbstständig zu erkennen.
Spezielle Einsatzbedingungen verlangen weiteres entsprechendes Wissen, z. B. über aggressive oder toxische Medien.

4.3 Besondere Gefahren

WARNUNG!
Bei gefährlichen Messstoffen wie z. B. Sauerstoff, Acetylen, brennbaren oder giftigen Stoffen, sowie bei Kälteanlagen, Kompressoren etc. müssen über die gesamten allgemeinen Regeln hinaus die einschlägigen Vorschriften beachtet werden.
Gegebenenfalls ist auf ausreichende Erdung des Schutzrohres zu achten.

4.4. Technische Daten

Technische Daten siehe aktuelle Datenblätter der entsprechenden Schutzrohrausführungen und Bestellunterlagen.

5. Aufbau , Funktion und Montage von Schutzrohren

5.1 Beschreibung

Metall-Schutzrohre können als einteilige Ausführung aus Vollmaterial oder durch mehrteiligen Rohraufbau hergestellt werden. Schutzrohre können am Prozess durch Einschrauben, Einschweißen oder mittels Flansch befestigt werden. Die Befestigung des Temperaturfühlers an das Schutzrohr erfolgt direkt über ein Innen- oder Außengewinde oder mittels eines Halsrohres.
Falls im Dauereinsatz bei Temperaturen >1200 °C Schutzrohre aus metallischen Werkstoffen keine ausreichende Temperatur oder Korrosionsbeständigkeit aufweisen, kommen keramische Schutzrohrwerkstoffe zum Einsatz.

5.2 Lieferumfang

Lieferumfang mit dem Lieferschein abgleichen.

5.3 Montage

Bei der Montage (insbesondere bei keramischen Schutzrohren) die Schutzrohre weder Temperaturschocks noch mechanischen Stoßbelastungen aussetzen. Das Schutzrohr ohne Kraftanwendung oder Beschädigung in die prozessseitige Aufnahme einführen. Ein Verbiegen oder Anpassen des Schutzrohres zur Montage ist nicht zulässig.
Empfohlen wird bei der Montage des Temperaturmessgerätes in das Schutzrohr der Einsatz eines geeigneten Dichtungsmittels, um z. B. das Eindringen von Feuchtigkeit zu vermeiden. Generell sollte sich die Schutzrohrspitze im mittleren Drittel der Rohrleitung befinden, wobei Sonderfälle hiervon abweichen können. Es muss sichergestellt sein, dass das Messelement (Pt100, Thermoelement, Bimetall, etc.) komplett angeströmt und
nicht durch den Flanschstutzen abgeschirmt wird. Falls dies auf Grund eines zu kleinen Rohrleitungsdurchmessers nicht gewährleistet werden kann, können Rohrerweiterungen im Bereich der Temperaturmessstelle eingesetzt werden.

- **Schutzrohre zum Einschrauben**

  Bei zylindrischen Gewinden ist eine geeignete Dichtung zur Montage zu verwenden. Konische Gewinde können durch geeignete Dichtungsmittel oder eine zusätzliche Schweißnaht abgedichtet werden. Die entsprechenden Anzugsmomente und Werkzeuge (z. B. Gabelschlüssel) sind zu verwenden.

  Anzugsmoment Gewinde G1/2“ ….ca. 50Nm
  Anzugsmoment Gewinde G3/4“ ….ca. 100Nm

- **Schutzrohre zum Einschweißen**
  Einschweiß-Schutzrohre können durch Fachpersonal direkt in den Prozess eingeschweißt (Rohr- oder Behälterwand) oder über einen Schweißstutzen befestigt werden. Es ist auf Sauberkeit, geeignete Betriebsmittel, passende Schweißzusätze und eine gegebenenfalls notwendige Wärmenachbehandlung der Schweißnähte zu achten.

- **Schutzrohre mit Flanschanschluss**
  Die Flanschabmessungen des Schutzrohres müssen mit denen des prozessseitigen Gegenflansches übereinstimmen. Die verwendenden Dichtungen müssen für den Prozess und die Flanschgeometrien (aus dem Lieferschein ersichtlich) geeignet sein. Zur Montage sind die entsprechenden Anzugsmomente und Werkzeuge (z. B. Gabelschlüssel) zu verwenden. Bei Schutzrohren mit Anker ist darauf zu achten, dass dieser zu dem Innendurchmesser des Stutzens passt und in diesem abgestützt wird. Bei Ankern mit Übermaß sind diese auf den Innendurchmesser des Stutzens entsprechend anzupassen.

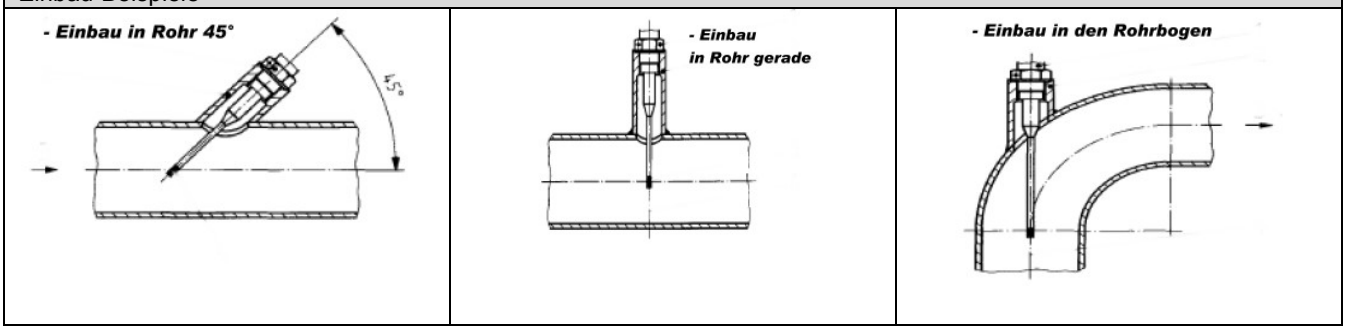
Unabhängig von Prozessanschluss, kommen 3 Einbaupositionen von Schutzrohren in Rohrleitungen zur Anwendung:

- . Rechtwinklige Anströmung (ungünstigster Belastungsfall)
- . Schräge Anströmung (zu bevorzugen, Spitze gegen Strömungsrichtung geneigt)
- . Anströmung zur Spitze in Rohrbogen (günstigster Belastungsfall)

Die Einbaulänge und Durchmesser des Schutzrohres sind abhängig von den Prozessdaten, insbesondere der Strömungsgeschwindigkeit, Druck und Temperatur des zu messenden Mediums. Ein waagerechter Einbau von Schutzrohren mit freitragenden Längen > 500 mm ist zu vermeiden.

Die Vorgaben der VDI/VDE 3511-5, der DIN 43 772 Beiblatt 1 und 2 und des AD-Regelwerkes sind zu beachten

Einbau-Beispiele



6. Wartung

Thermometer und der gesamte Temperatur-Messkreis müssen in regelmäßigen Abständen geprüft werden und zwar auf:

- Korrosion
- Driften der Messelemente durch Alterung bzw. chemischen Angriff
- Abnahme des Isolationswiderstandes durch Feuchte und Verschmutzung
- schlechten Kontakt der Leitungsverbindungen
- mechanische und chemische Beschädigung der Thermometer und Leitungen

Widerstandsthermometer - Messkreise prüft man, indem das Messelement durch einen bekannten Festwiderstand ersetzt und damit eine bestimmte Temperatur simuliert.
Thermoelement-Messkreise prüft man, indem statt des Thermopaares eine mV-Spannung bekannter Größe an den Messkreis angeschlossen wird. In beiden Fällen kann man große Abweichungen von den Sollwerten feststellen und auch, ob das Thermometer oder die Instrumentierung Ursache für die Funktionsfehler sind.
Der Isolationswiderstandand des gesamten ungeerdeten Messkreises (Zuleitungen und Thermometer) gegen Erde sollte > 1Mohm sein (gemessen mit 100 V D.C.)

Schutzrohre sind im Allgemeinen wartungsfrei. Empfohlen wird eine Sichtüberprüfung des Schutzrohres auf Leckagen oder Beschädigungen in regelmäßigen Intervallen. Insbesondere auf einwandfreie Funktion der Dichtung achten!
Reparaturen sind ausschließlich vom Hersteller oder nach Absprache durch entsprechend qualifiziertes Fachpersonal durchzuführen.

7. Reinigung, Transport und Lagerung

Reinigung
VORSICHT!
Ausgebautes Gerät bzw. Schutzrohre spülen bzw. säubern, um Mitarbeiter und Umwelt vor Gefährdung durch anhaftende Messstoffreste zu schützen.

Lagerung
Mechanische Vibration, mechanischer Schock (hartes Aufstellen etc.) vermeiden.
WARNUNG!
Vor der Einlagerung des Schutzrohres (nach Betrieb) alle anhaftenden Messstoffreste entfernen. Dies ist besonders wichtig, wenn der Messstoff gesundheitsgefährdend ist, wie z. B. ätzend, giftig, krebserregend, radioaktiv, usw.

Verpackung und Transport
Schutzrohr auf eventuell vorhandene Schäden untersuchen. Verpackung erst unmittelbar vor der Montage entfernen.
Die Verpackung aufbewahren, denn diese bietet bei einem Transport einen optimalen Schutz (z. B. wechselnder Einbauort, Reparatursendung).

8. Störungen

Störungen	Ursache	Maßnahmen
Temperaturfühler lässt sich nicht in das Schutzrohr einführen	Fremdkörper im Schutzrohr	Fremdkörper entfernen
	Beschädigte oder verschmutzte Befestigungsgewinde von Schutzrohr oder Temperaturfühler	Gewinde reinigen oder nachschneiden
	Fühlerabmessung passt nicht zum Innendurchmesser des Schutzrohes	Bestellunterlagen kontrollieren
	Schutzrohr oder Fühler wurde bei Montage verbogen oder beschädigt	Zur Reparatur zurück senden
Austritt von Prozessmedium - ab der Befestigungsebene Prozess zu Schutzrohr	Fehler bei der Montage oder fehlerhafte Dichtungen	Dichtung überprüfen, Anzugsmomente kontrollieren
Austritt von Prozessmedium - an der Schnittstelle des Schutzrohres zu Temperaturfühler oder am Temperaturfühler selbst	Defekte, z. B. durch Betrieb des Schutzrohres im Resonanzfall	Sicherer Betrieb der Anlage nicht mehr gewährleistet (führt im schlimmsten Fall zu einem kompletten Abriss des Schutzrohres) Schutzrohr austauschen

9. Zertifikate und Kennzeichnung

Um die Sicherheit und Genauigkeit des Prozesses zu erhöhen, bieten wir verschiedene mechanische und elektrische Prüfungen an. Die Ergebnisse dieser Prüfungen werden mit Zertifikaten nach EN 10204 bestätigt. Folgende Zertifikate nach EN 10204 werden ausgestellt:

- Werksbescheinigung 2.1 für Auftragskonformität
- Abnahmeprüfzeugnis 3.1 mit Hartstempelung der Bauteile für folgende Prüfungen:
  Materialbestätigung für medienberührte Teile
  Hydrostatische Drucktests am Schutzrohr (bis 500bar)
- Farbeindringprüfung an den Schweißnähten des Schutzrohres
- Hydrostatische Drucktests (Außen- und Innendrucktest) am Schutzrohr
- Vergleichsmessung am Messeinsatz
- Abnahmeprüfzeugnis 3.2 mit TÜV-Abnahme auf Anfrage

Für Messungen mit besonders hohen Anforderungen an die Genauigkeit bieten wir Ihnen eine Kalibrierung der Temperaturfühler im eigenen Werkskalibrierlabor an. Mit einer Kalibrierung wird für jeden Temperaturfühler ein separater Werkskalibrierschein ausgehändigt.

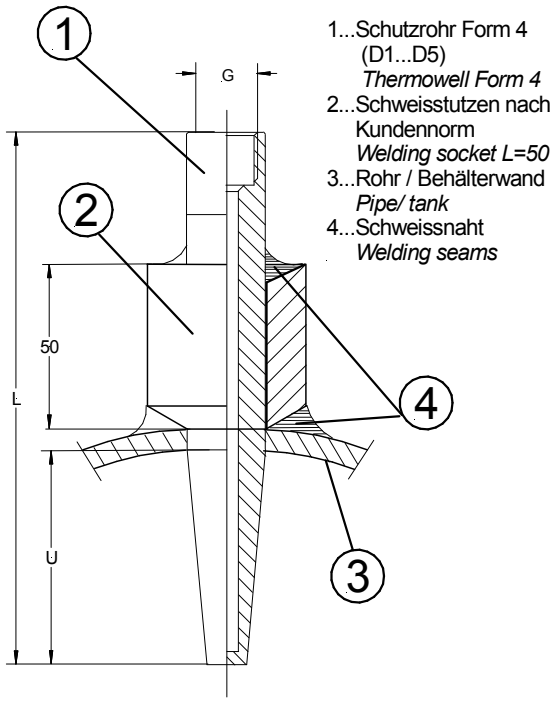
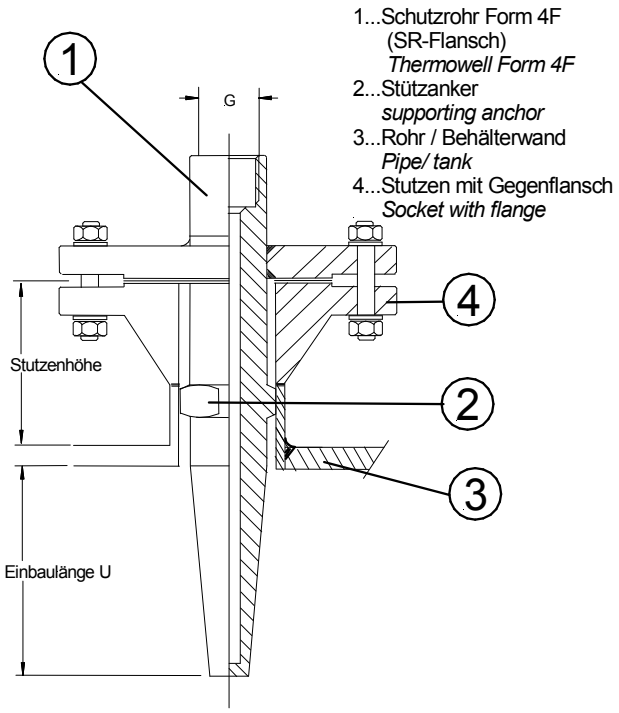
10. Belastungsberechnung von Schutzrohren

Die Festigkeit eines Schutzrohrs ist von mehreren Parametern abhängig, mit denen die Konstruktion des Schutzrohrs an die Installationsumgebung angepasst wird. Für die meisten industriellen Anwendungen bieten standardmäßige Schutzrohre nach DIN 43772 ausreichende Festigkeit, wenn Werkstoff, Ausführung und Einbaulänge richtig für die Anwendung ausgelegt sind. Die Auswahl eines Schutzrohrs ist von Art, Temperatur, Druck und Strömungsgeschwindigkeit des Prozessmediums abhängig. Dabei ist zu beachten, dass die meisten Ausfälle von Schutzrohren durch strömungsinduzierte Vibrationen verursacht werden.

Durch Strömung verursachte Vibration
Die Strömung an einem Schutzrohr verursacht die Entstehung von Wirbeln direkt hinter der Schutzhülse. Die Wirbelfrequenz ist proportional zur Strömungsgeschwindigkeit. Wenn sich die Wirbelfrequenz der Eigenfrequenz eines bestimmten Schutzrohrs annähert oder dieser entspricht, kann es durch Resonanz passieren, dass vom Schutzrohr große Energiemengen absorbiert werden. Dies führt zu sehr hohen Belastungen und zu möglichen Ausfällen. Selbst wenn das Schutzrohr nicht versagt, kann der Messeinsatz im Schutzrohr äußerst starken Schocks und Vibrationen ausgesetzt werden, die zu fehlerhaften Messwerten oder zu einem kompletten Sensorausfall führen können.

Das ASME-Verfahren erfordert, dass das Verhältnis der Wirbelfrequenz zur Eigenfrequenz des Schutzrohrs unter 0,8 liegt (nach neuen Berechnungsvorschrift ASME PTC 19.3 -2010 kommt bei flüssigen Medien in vielen Einsatzbereichen die neu eingeführte Grenzfrequenz rmax = 0,4 für die In-Line-Resonanz zur Anwendung). Bei Anwendungen, in denen das Verhältnis über 0,8 liegt, hat der Anwender zwei Möglichkeiten:

- Reduzierung der Strömungsgeschwindigkeit
- Einsatz eines Schutzrohrs mit größeren Durchmesser
- Einsatz einer festeren Schutzrohrkonfiguration (anderer Typ von Schutzrohr oder Werkstoff)
- Verkürzung der Einbaulänge
- Anbringung von Stützankern am Schutzrohr-Tauchschaft zur Stabilisierung

Konstruktionsaufbau	
	
Schutzrohr DIN 43772 Form 4 zum Einschweißen mit Schweißstutzen zum Aufschweißen auf die Rohrleitung	Schutzrohr DIN 43772 Form 4F mit Flansch und Stützanker eingebaut in einen Stutzen mit Gegenflansch zum Aufschweißen auf die Rohrleitung

Die zulässige Druckbelastung der Schutzrohre bei verschiedenen Temperaturen ist für Schutzrohre nach DIN 43772 in den folgenden Abbildungen dargestellt. Diese Kurven können für baugleiche Schutzrohrtypen ebenso herangezogen werden.

Schutzrohr Form 2 (Werkstoff 1.4571)

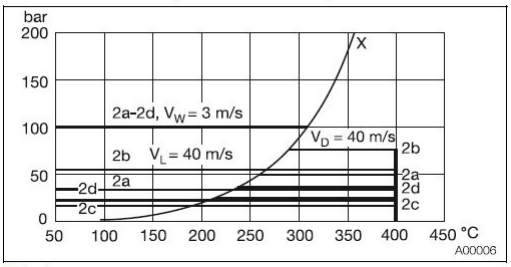


Abb. 1

X Dampfdruckkurve
V_L Strömungsgeschwindigkeit in Luft
V_W Strömungsgeschwindigkeit in Wasser
V_D Strömungsgeschwindigkeit in Dampf

Kurve	Einbaulänge [mm]	Schutzrohr-durchmesser [mm]
2a	250	11
2b	250	14
2c	400	11
2d	400	14

Schutzrohr Form 3 (Werkstoff 1.4571)

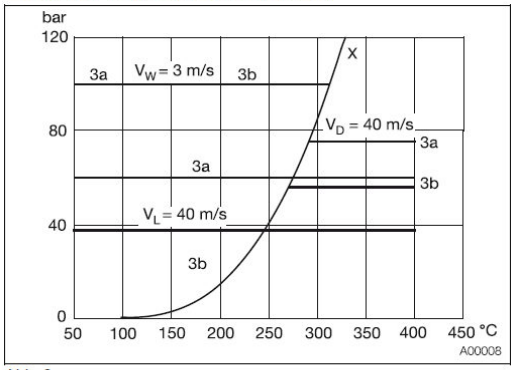


Abb. 2

X Dampfdruckkurve
V_L Strömungsgeschwindigkeit in Luft
V_W Strömungsgeschwindigkeit in Wasser
V_D Strömungsgeschwindigkeit in Dampf

Kurve	Einbaulänge [mm]	Schutzrohr-durchmesser [mm]
3a	225	12/9
3b	285	12/9

Schutzrohr Form 4 (Werkstoff 1.4571)

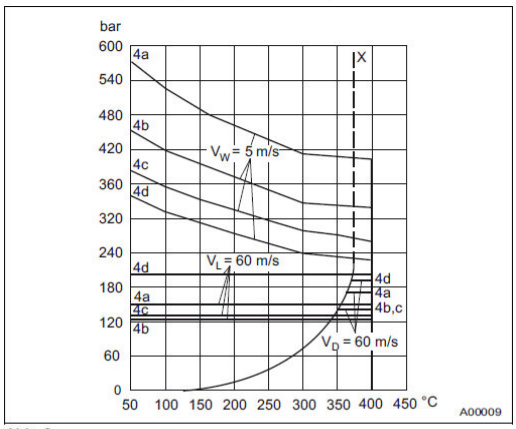


Abb. 3

X Dampfdruckkurve
V_L Strömungsgeschwindigkeit in Luft
V_W Strömungsgeschwindigkeit in Wasser
V_D Strömungsgeschwindigkeit in Dampf

Kurve	Einbaulänge [mm]	Schutzrohr-durchmesser [mm]
4a	65	18
4b	125	24
4c	125	26
4d	125	32

Schutzrohr Form 4 (Werkstoff 1.7335 und 1.7380)

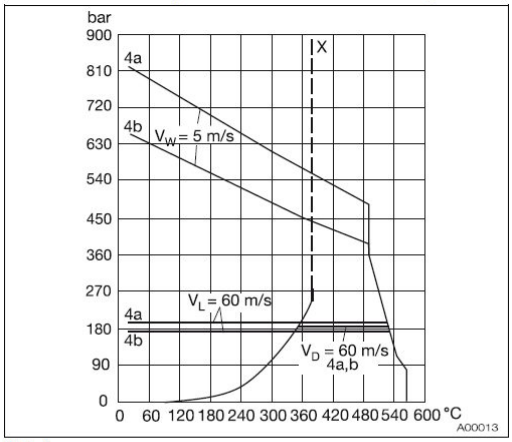


Abb. 4

X Dampfdruckkurve
V_L Strömungsgeschwindigkeit in Luft
V_W Strömungsgeschwindigkeit in Wasser
V_D Strömungsgeschwindigkeit in Dampf

Kurve	Einbaulänge [mm]	Schutzrohr-durchmesser [mm]
4a	65	18
4b	125	24

Wichtig

Die obigen Diagramme sind der DIN 43772 entnommen. Sie basieren auf dem Berechnungsmodell nach Dittrich. In diesen Diagrammen sind mögliche Schwingungsbelastungen durch Wirbelanregung des strömenden Mediums nicht berücksichtigt. Die standardmäßigen Schutzrohre nach DIN 43772 bieten für die meisten industriellen Anwendungen ausreichende Festigkeit, sofern Auslegung, Material und Länge richtig gewählt sind. Wir bieten die Möglichkeit, einer Festigkeitsberechnung für Schutzrohre, basierend auf den jeweiligen Anwendungsparametern. Dieses Schutzrohr-Analyseverfahren nach ASME PTC 19.3 basiert auf anerkannten theoretischen Methoden und dient bei kritischen Anwendungsfällen als Hilfsmittel bei der Schutzrohrauswahl.

Es ist jedoch keine Garantie gegen Ausfälle des Schutzrohres. Wegen der relativ unsicheren rechnerischen Abschätzung der Eigenfrequenz eines Schutzrohres und der zahlreichen Einflussfaktoren ist in kritischen Fällen eine experimentelle Überprüfung zu empfehlen. Weitere Informationen zu Schutzrohrbelastung und Berechnungsverfahren können der DIN 43772 entnommen werden.