

# Gerade Thermoelemente

## gem. DIN EN 50 446 für den rauen Industrieinsatz

In vielen Industriezweigen spielen Wärmebehandlungs- oder Verbrennungsprozesse eine entscheidende Rolle im Produktionsablauf und in der Qualitätssicherung des Endproduktes. Eines haben diese Applikationen gemeinsam:

Sie müssen vor den kontaminierenden, korrosiven und/oder abrasiven Einflüssen der Umgebungsbedingungen geschützt werden. Verschiedene Bauformen mit unterschiedlichen Schutzrohrwerkstoffen stehen dafür zur Verfügung.

### 1) Bestellschlüssel:

Anschlusskopf Form **A** oder **B**  
Außenschutzrohr **M**etall oder **K**eramik  
Innenschutzrohr **K**eramik oder  
ohne Buchstabe = ohne Innenschutzrohr  
Beschichtungen des Außenschutzrohres auf Anfrage

Durchmesser x Wandstärke  
des Außenschutzrohres ( Standard )  
15 x 2 mm, 22 x 2 mm, 24 x 3 mm ( Metall )  
10 x 1,5(2,0) mm, 15 x 2(2,5) mm, 24 x 2,5 mm  
24 x 3 mm, 26 x 4 mm ( Keramik )  
Abweichende Durchmesser auf Anfrage

Werkstoff des Außenschutzrohres  
1.0305; 1.4749; 1.4762; 1.4841; 1.4876  
( C 530 ); ( C 610 ); ( C 799 )  
Sonderwerkstoffe auf Anfrage

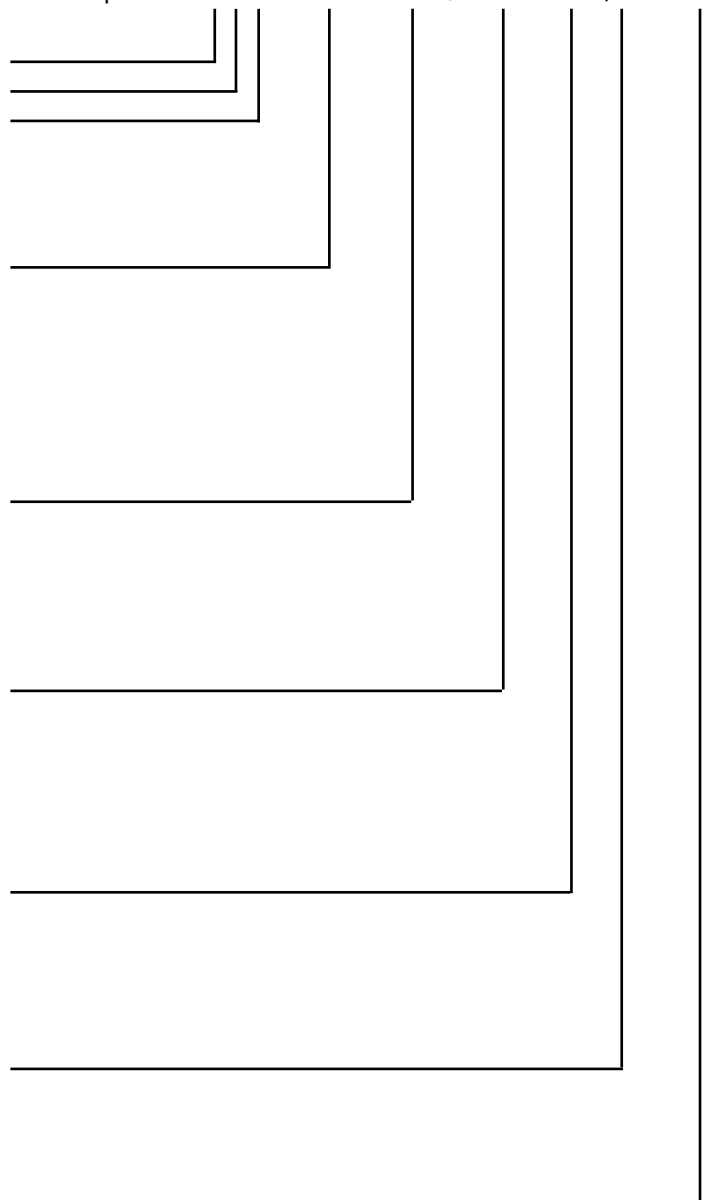
Werkstoff des Innenschutzrohres  
Aluminiumsilikat ( C 530 )  
Mullitkeramik ( C 610 )  
Aluminiumoxyd ( C 799 )  
Sonderwerkstoffe auf Anfrage

Anzahl der Thermopaare und Kennbuchstabe  
gemäß DIN EN 60584-1  
E, J, K, N sowie S, R und B  
Sondertypen auf Anfrage

Thermodraht-Durchmesser in mm  
1,0; 1,38; 2,5; 3,0 Typen E, J, K, N  
0,5; 0,35 Typen S, R und B

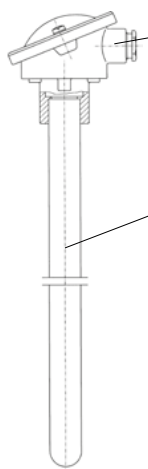
Nennlänge l in mm ( Standard )  
Sonderlängen auf Anfrage

Beispiel: TE-AMK-15x2-1.4762/K610-2K-1,38-2000

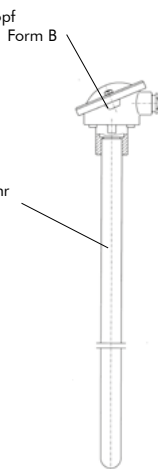


## 2) Gerade Thermoelemente mit Metall - Schutzrohr

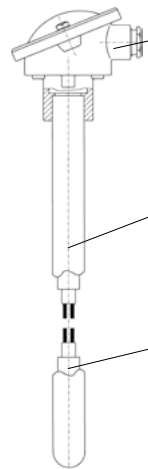
**Ausführung AM**



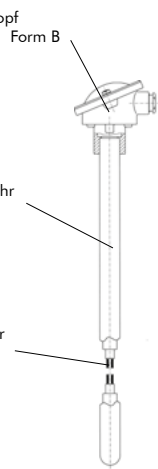
**Ausführung BM**



**Ausführung AMK**



**Ausführung BMK**



Kurzzeichen für gerade Thermoelemente			AM		AMK		BM		BMK		
Anschlusskopf gem. DIN EN 50 446			Form A				Form B				
Metall-Außenschutzrohr			22 x 2				15 x 2				
Schutzrohr $d_1 \times s$ <sup>1)</sup>			-				-				
Keramik-Innenschutzrohr			C 610		15 x 2		-		10 x 1,5		
			C 799		15 x 2,5		-		10 x 2		
1 TP = 1 Thermopaar 2 TP = 2 Thermopaare  Thermopaare gemäß DIN EN 60 584-1  Isolierrohre gemäß EN 50 113	Kennbuchstabe	Durchmesser									
	E, J, K, N *)	3,0	1 TP	2 TP	1 TP	-	-	-	-	-	
	E, J, K, N *)	1,5	1 TP	2 TP	1 TP	2 TP	-	-	-	-	
	E, J, K, N *)	1,38	1 TP	2 TP	1 TP	2 TP	1 TP	2 TP	1 TP	2 TP	
	E, J, K, N *)	1,0	1 TP	2 TP	1 TP	2 TP	1 TP	2 TP	1 TP	2 TP	
	*) Thermopaar(e) vorzugsweise Form A oder B gemäß EN 50 113										
	R, S, B **)	0,5; 0,35	-	-	1 TP	2 TP	-	-	1 TP	2 TP	
**) Thermopaar(e) vorzugsweise Form C oder D gemäß EN 50 113											
Nennlänge gemäß Angabe			-				355				
			500				500				
Hinweis: Ab Nennlänge 1600 mm und länger ist bei horizontalem Einbau eine zusätzliche Abstützung bauseits vorzusehen			710				710		710		
			1000				1000		1000		
Ausführung AM: Sonderlängen bis 6000 mm auf Anfrage Ausführung AMK: Sonderlängen bis 2500 mm auf Anfrage			1400				1400		-		
			2000 <sup>2)</sup>				-		-		

<sup>1)</sup> „s“ ist die Wanddicke des Schutzrohres.

<sup>2)</sup> Diese Nennlänge ist mit eingebautem Edelmetall-Thermopaar nicht für senkrechten Einbau geeignet.

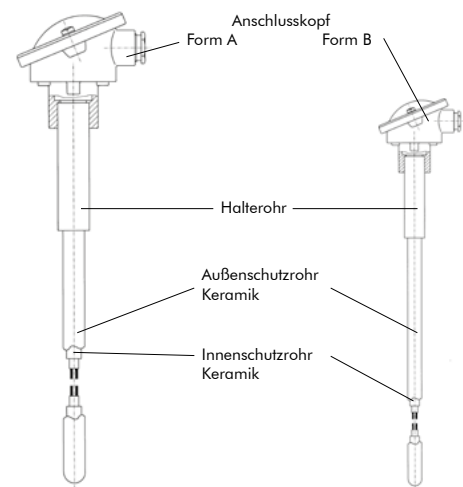
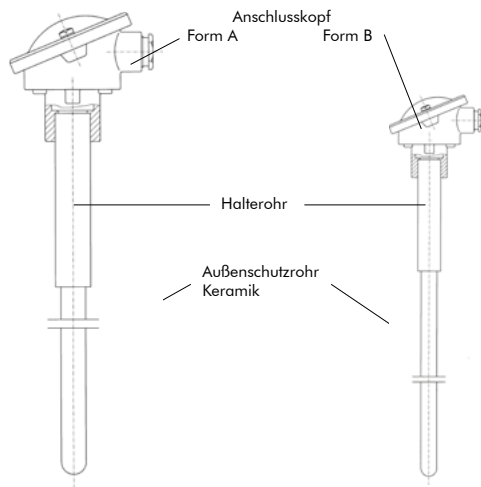
## 2.1) Gerade Thermoelemente mit Keramik - Schutzrohr

**Ausführung AK**

**Ausführung BK**

**Ausführung AKK**

**Ausführung BKK**



Kurzzeichen für gerade Thermoelemente			AK		AKK		BK		BKK	
Anschlusskopf gem. DIN EN 50 446			Form A				Form B			
Schutzrohr $d_2 \times s / l_2$			32x2/200		22x2/150		22x2/150 o. 15x2/80			
Schutzrohr $d_1 \times s$ 1)	Keramik Außenschutzrohr	C 530	26 x 4		-		-			
		C 610	24 x 2,5		15(16) x 2		15x2/10x1,5		15x2/10x1,5	
		C 799	24 x 3		15 x 2,5		15x2,5/10x2		15x2,5/10x2	
	Keramik-Innenschutzrohr	C 610	15(16) x 2		10 x 1,5		-		-	
		C 799	15 x 2,5		10 x 2		-		10x2/6x1	
1 TP = 1 Thermopaar 2 TP = 2 Thermopaare	Kennbuchstabe	Durchmesser								
	E, J, K, N *)	3,0	1 TP	-	-	-	-	-	-	-
	E, J, K, N *)	1,5	1 TP	2 TP	1 TP	2TP <sup>3)</sup>	1 TP	2TP <sup>3)</sup>	-	-
	E, J, K, N *)	1,38	1 TP	2 TP	1 TP	2 TP	1 TP	2 TP	-	-
	E, J, K, N *)	1,0	1 TP	2 TP	1 TP	2 TP	1 TP	2 TP	-	-
Isolierrohre gemäß EN 50 113	*) Thermopaar(e) vorzugsweise Form A oder B gemäß EN 50 113									
	R, S, B **)	0,5; 0,35	-	-	1 TP	2TP	-	-	1 TP	2TP <sup>3)</sup>
	**) Thermopaar(e) vorzugsweise Form C oder D gemäß EN 50 113									
Nennlänge gemäß Angabe			-				355			
			500				500			
	Hinweis: Ab Nennlänge 1500 und länger ist bei horizontalem Einbau eine zusätzliche Abstützung bauseits vorzusehen		710				710		710	
			1000				1000		1000	
	Ausführung AK: Sonderlängen bis 2000 mm auf Anfrage		1400				1400		-	
			2000 <sup>2)</sup>				-		-	

1) „s“ ist die Wanddicke des Schutzrohres.

2) Diese Nennlänge ist mit eingebautem Edelmetall-Thermopaar nicht für senkrechten Einbau geeignet.

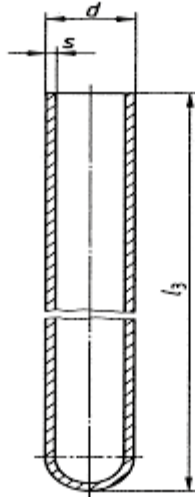
3) 2 Thermopaare können in keramische Außen- oder Innenschutzrohre 10 x 2 mm nicht eingebaut werden.

4) 2 Thermopaare können nur mit Drahtdurchmesser 0,35 mm eingebaut werden.

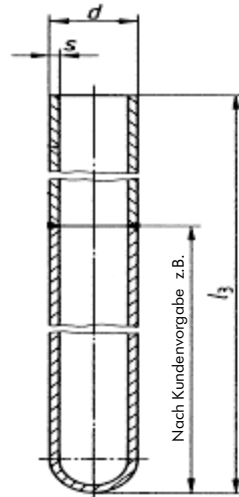
5) Diese Ausführung ist nur mit Außenrohr-Durchmesser 15 mm verfügbar.

### 3) Bezeichnung und Maße der Metallschutzrohre

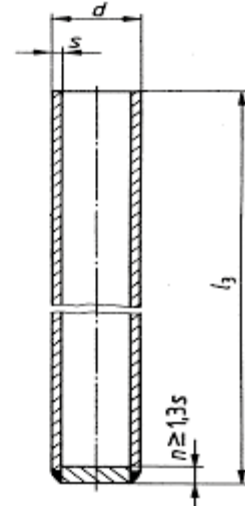
**Form A**  
Schutzrohr, runder Boden



**Form B**  
Verlängertes Schutzrohr,  
runder Boden



**Form C**  
Schutzrohr,  
eingeschweißter Boden



#### Beispiel: Schutzrohr A22D x 1020

Bezeichnung eines metallischen Schutzrohres Form A mit  $d = 22$  mm Durchmesser und  $l_3 = 1020$  mm Länge aus Werkstoff 1.4841 DIN 17 442 (Kennbuchstabe D gemäß Tabelle 3.2)

Tabelle 3.1 Maße und Grenzabweichungen für Metallschutzrohre ohne Rohrhalteverschraubung

Form	d +0,2/-0,1	s +/-0,1	Für gerade Thermoelemente mit der Nennlänge l (Zwischenlängen möglich)						
			250	355	500	710	1000	1400	2000
			Schutzrohrlänge $l_3$ Zulässige Abweichung +3,0/-0					Schutzrohrlänge $l_3$ Zul. Abweichung +5,0/-0	
A / C	15	2	265	370	515	-	-	-	-
	22	2	-	-	520	730	1020	1420	2020
	24	3	-	-	520	730	1020	1420	2020
B	22	2	-	-	-	-	1020	1420	2020

Die Schutzrohrformen A und C sind technisch gleichwertig.

Beschichtungen auf Metallschutzrohren sind zwischen Hersteller und Anwender abzustimmen. Bitte abweichende Durchmesser beachten.

Kennbuchstabe	Kurzname	Werkstoff Nr.
BF	St 35.8	1.0305
BL	C 22.8	1.0460
J	X6CrNiMo17-12-2	1.4571
DU	X18CrNi28	1.4749
R	X10CrAl24	1.4762
D	X15CrNiSi2520	1.4841
B	Inconel 600	2.4816
Y	Incoloy 800	1.4876
CS	Kanthal Super/AF/APM <sup>1)</sup>	-

Kennbuchstabe	Werkstoff nach DIN 40 685 Teil 1 VDE 0335 Teil 1
CX	C 530 / K530
CY	C 610 / K 610
CZ	C 799 / K 710
RSiC <sup>1)</sup>	Siliziumcarbid, rekristallisiert <sup>2)</sup>
SiSiC <sup>1)</sup>	Siliziumcarbid, reaktionsgeb. <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Abweichende Durchmesser

<sup>2)</sup> Genaue Spezifikationen bitte anfragen

Kennbuchstabe	Thermopaar DIN EN 60 584-1
E	NiCr-CuNi
J	Fe-CuNi
K	NiCr-Ni
N	NiCrSi-NiSi
S	Pt10%Rh-Pt
R	Pt13%Rh-Pt
B	Pt30%Rh-Pt6%Rh
D (AO)	W3%Re-W25%Re
C <sup>3)</sup> (AE)	W5%Re-W26%Re
A <sup>3)</sup>	W5%Re-W20%Re

## 4) Bezeichnung und Maße der Keramikschutzrohre und Halteringe

### Schutzrohr A15CZ - 1030

Bezeichnung eines keramischen Schutzrohres von  $d_1 = 15$  mm Durchmesser und Schutzrohrlänge  $l_3 = 1030$  mm aus keramischem Isolierstoff K 710 ( C 799 ).  
(Haltering für Innenschutzrohr siehe nebenstehende Tabelle)

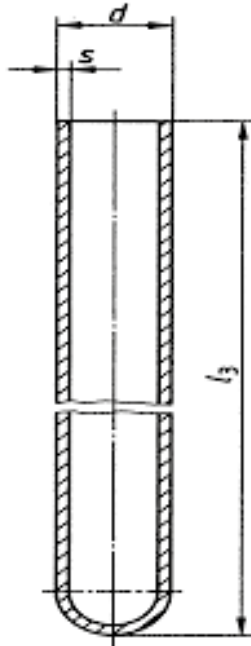


Tabelle 4.1

$d_1$ <sup>1)</sup>	s min.	Für gerade Thermoelemente Ausführung AK, AKK, BK und BKK						Schutzrohr Werkstoff	Temperaturwechselbeständigkeit	Dichtheit <sup>3)</sup>	Zulässige Dauertemperatur in °C <sup>2)</sup>
		355	500	710	1000	1400	2000				
		Schutzrohrlänge $l_3$									
		Zul. Abweichung +3 /-0			Zul. Abweichung +5 /-0						
10	1,5	375	520	730	1020	-	-	C 610 (K 610)	mittel bis gut	gasdicht	1500
15/16	2	-	530	740	1030	1430	-				
24	2,5	-	530	740	1030	1430	2030				
10	2	375	530	740	1030	-	-	C 799 (K 710)	mittel	gasdicht	1500
15/16	2,5	-	530	740	1030	1430	-				
24	3	-	530	740	1030	1430	2030				
26	4	-	-	740	1030	1430	2030	C 530	sehr gut	porös	1500
20 <sup>5)</sup>	5	-	530	740	1030	1430	-	SiSiC <sup>4)</sup>	sehr gut	gasdicht	1350
22 <sup>6)</sup>	5	-	530	740	1030	1430	2030				
25 <sup>6)</sup>	5	-	530	740	1030	1430	2030				
20 <sup>6)</sup>	3,5	-	530	740	1030	1430	-	RSiC <sup>4)</sup>	gut	porös	1600
22 <sup>6)</sup>	3,5	-	530	740	1030	1430	2030				
25 <sup>7)</sup>	3,5	-	530	740	1030	-	2030				

<sup>1)</sup>  $d_1$  muss mit einer zulässigen Abweichung von  $\pm 0,5$  mm auf einer Länge von 20 mm eingehalten werden.

<sup>2)</sup> Zur Messung von Temperaturen oberhalb 1000 °C finden meist Edelmetall-Thermopaare Verwendung. Werden sie in Schutzrohre und Isolierrohre aus vorstehend angegebenen keramischen Isolierstoffen eingebaut, so ist zu bedenken, dass in einer reduzierenden Atmosphäre eine Beeinflussung der Thermopaare möglich ist. Von besonderem Einfluss und die Dauertemperatur herabsetzend sind Silizium und Schwermetalle.

<sup>3)</sup> Bei Temperaturen über ca. 1000 °C kann nicht mehr von Gasdichtigkeit ausgegangen werden.

<sup>4)</sup> Bei Verwendung von SiC-Schutzrohren in der Ausführung AK sollten nur unedle Thermopaare eingesetzt werden. In der Ausführung AKK wird bei Einsatz von Edelmetall-Thermopaaren der Einbau eines Innenschutzrohres aus C 799 dringend empfohlen.

<sup>5)</sup> Ausführung AKK:Innenschutzrohr 6 x 1 mm

<sup>6)</sup> Ausführung AKK:Innenschutzrohr 10 x 2 mm

<sup>7)</sup> Ausführung AKK:Innenschutzrohr 15 x 2,5 mm

### Haltering ( HR ) - 24

Bezeichnung eines Halterings ( kurz HR ) für ein keramisches Schutzrohr mit dem Durchmesser  $d_1 = 24$  mm.

Der Haltering wird durch Zusammendrücken der Ausbuchtungen befestigt. Es ist darauf zu achten, dass der Haltering das Schutzrohr fest umschließt, da er bei senkrechtem Einbau des Thermoelementes das gesamte Gewicht des Schutzrohres zu tragen hat.

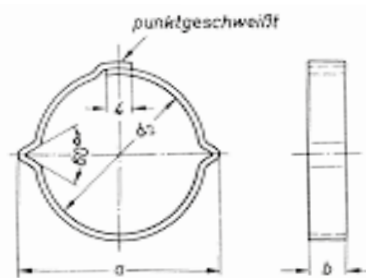


Tabelle 4.2

Für Schutzrohr $d_1$	$d_2$ +0,5 / +1
6	6
10	10
15	15
16	16

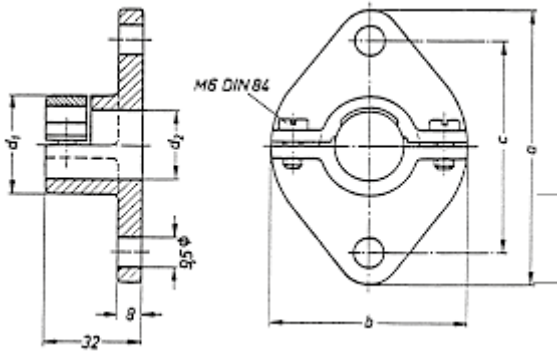
## 5) Gewindemuffen, Anschlag- und Gegenflansche

### Anschlagflansche aus Al oder GTW

Bezeichnung:

z.B. Anschlagflansch - Nenngröße ( 22 ) - Werkstoff

Werkstoffe: Al = Aluminium; GtW = Temperguss



### Einbaubeispiel mit Gegenflansch zum Anschweißen

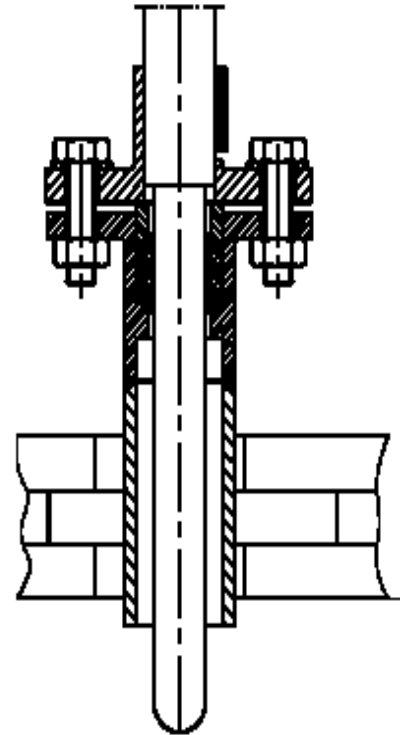


Tabelle 5.1

Halterohr Schutzrohr (Nenngröße) $d_2$	Flanschmaße		
	A	B	C
15	75	50	55
22	90	65	70
24			
26			
32			

### Gewindemuffen aus Stahl, galvanisch verzinkt

Einsatztemperatur max. 400 °C. Faserstoffdichtung Keramikfaser.

Bezeichnung: z.B. Gewindemuffe (GM) - Gewinde ( G1 ) - Nenngröße ( 22 )

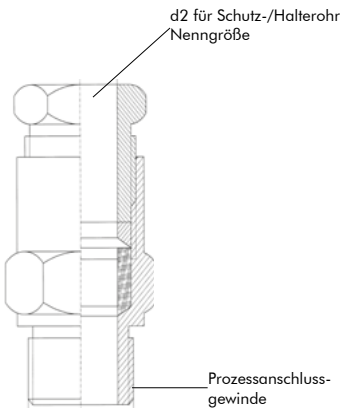


Tabelle 5.2

Schutz-/Halte- rohr Durchmes- ser in mm	d2 in mm	Prozess- anschluss- gewinde	Prozess- anschluss- gewinde	Prozess- anschluss- gewinde
10	10,5	M 20x1,5	G 3/4	1/2" NPT
15	15,5	M 27	G 3/4 / G 1	3/4" NPT
22	22,5	M 36	G 1	1" NPT
24	24,5	M 42	G 1 1/4	1 1/4" NPT
26	26,5	M 42	G 1 1/4	1 1/4" NPT
32	32,5	M 48	G 1 1/4 / G 1 1/2	1 1/4 / 1 1/2" NPT

## 6) Farbkennzeichnung der Thermo- oder Ausgleichsleitungen gemäß DIN IEC 60 584-3

Material	Fe-CuNi	NiCr-Ni	Cu-CuNi	NiCr-CuNi	NiCrSi-NiSi	Pt10%Rh-Pt	Pt13%Rh-Pt	Pt30%Rh-Pt6%Rh
<b>Kennbuchstabe</b>	<b>J</b>	<b>K</b>	<b>T</b>	<b>E</b>	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>R</b>	<b>B</b>
<b>Farbe + Pol</b>	schwarz	grün	braun	lila	rosa	orange	orange	grau
<b>Farbe - Pol</b>	weiß	weiß	weiß	weiß	weiß	weiß	weiß	weiß
<b>Farbe Mantel</b>	schwarz	grün	braun	lila	rosa	orange	orange	grau

## 7) Grundwerte der Thermospannungen nach DIN EN 60 584-1

Vergleichsstellentemperatur 0 °C

Temperatur in °C	Typ J in µV	Typ K in µV	Typ T in µV	Typ E in µV	Typ N in µV	Typ S in µV	Typ R in µV	Typ B in µV	Typ C in µV	Typ A in µV
-200	-7890	-5891	-5603	-8825	-3990					
-100	-4633	-3554	-3379	-5237	-2407					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
100	5269	4096	4279	6319	2774	646	647	33	1451	1337
200	10779	8138	9288	13421	5913	1441	1469	178	3090	2872
300	16327	12209	14862	21036	9341	2323	2401	431	4865	4513
400	21848	16397	20872	28946	12974	3259	3408	787	6732	6204
500	27393	20644		37005	16748	4233	4471	1242	8657	7908
600	33102	24905		45093	20613	5239	5583	1792	10609	9606
700	39132	29129		53112	24527	6275	6743	2431	12559	11284
800	45494	33275		61017	28455	7345	7950	3154	14494	12934
900	51877	37326		68787	32371	8449	9205	3957	16398	14550
1000	57953	41276		76373	36256	9587	10506	4834	18260	16128
1100	63792	45119			40087	10757	11850	5780	20071	17662
1200	69553	48838			43846	11951	13228	6786	21825	19150
1300		52410			47513	13159	14629	7848	23520	20589
1400						14373	16040	8956	25155	21976
1500						15582	17451	10099	26729	23311
1600						16777	18849	11263	28243	24593
1700						17947	20222	12433	29696	25822
1800								13591	31087	26998
1900									32413	28120
2000									33669	29186

## 8) Grenzabweichungen der Thermolemente nach DIN EN 60 584-2

Grenzabweichung ± °C	Klasse 1	Klasse 2
Grenzabweichung <sup>1)</sup> Messbereich Typ T	0,5 °C oder 0,004 *  t  -40 °C bis +350 °C	1,0 °C oder 0,0075 *  t
Grenzabweichung <sup>1)</sup> Messbereich Typ J Messbereich Typ K und N Messbereich Typ E	1,5 °C oder 0,004 *  t  -40 °C bis +750 °C -40 °C bis +1000 °C -40 °C bis +800 °C	2,5 °C oder 0,0075 *  t  -40 °C bis +750 °C -40 °C bis +1200 °C -40 °C bis +900 °C
Grenzabweichung <sup>1)</sup> Messbereich Typ S und R Messbereich Typ B	1,0 °C oder (1+(t-1100)*0,003) °C 0 °C bis +1600 °C ----	1,5 °C oder 0,0025 *  t  0 °C bis +1600 °C +600 °C bis +1700 °C <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Der jeweils größere Wert gilt

(t) = Zahlenwert der Temperatur in °C ohne Vorzeichen

<sup>2)</sup> Empfohlener Gebrauchstemperaturbereich

Das normalerweise verfügbare Thermolement-Material hält die Grenzabweichungen gemäß obiger Tabelle für Temperaturen oberhalb von -40 °C ein. Diese Materialien entsprechen bei tiefen Temperaturen nicht notwendigerweise den Grenzabweichungen der Klasse 3 (4,0 °C oder 0,005 \* |t| in °C). Werden Thermolemente der Typen E, J, K und N gefordert, die sowohl die Grenzabweichungen der Klasse 3 als auch der Klasse 1 oder 2 einhalten, muss das vom Anwender ausdrücklich spezifiziert werden, da gewöhnlich eine spezielle Selektion des verfügbaren Materials notwendig ist.

## 9) Hinweise für die Auswahl von Schutzrohrwerkstoffen

Werkstoff	Maximale Einsatz-temp. in °C	Eigenschaften und mögliche Anwendungen	Bemerkung
Titan	600	Härtebäder	an Luft stark oxidierend
Reineisen 1.1003	900	Salpeter-, Chlorid-, Cyanid-haltige Salzbäder	an Luft stark oxidierend
Stahl, emailliert	600	Zinkschmelzen	schlagempfindlich
1.0305	900	Anlassöfen, Salpeterbäder bis 500 °C, Lagermetall-, Blei- und Zinkschmelzen	in Bleioxid mit Hartchrom-beschichtung
1.4571	800	gute chemische Beständigkeit	gasdichtes Innenrohr empfohlen (Ausf. AMK/BMK)
1.4762	1200	hohe Resistenz gegen schwefelhaltige Atmosphäre mittlere Beständigkeit gegen Aufkohlung	gasdichtes Innenrohr empfohlen (Ausf. AMK/BMK)
1.4749	1100	Blei- und Zinnschmelzen, Glüh- und Härteöfen mit schwefel- und kohlenstoffhaltigen Gasen	gasdichtes Innenrohr empfohlen (Ausf. AMK/BMK)
1.4772	1250	Kupfer- und Messingschmelzen	gasdichtes Innenrohr empfohlen (Ausf. AMK/BMK)
1.4821	1350	Salpeter-, Chlorid-, Cyanid-haltige Salzbäder	gasdichtes Innenrohr empfohlen (Ausf. AMK/BMK)
1.4841	1200	Cyanbäder bis 950 °C, Bleischmelzen bis 700 °C, Öfen mit stickstoffhaltigen, sauerstoffarmen Gasen	gasdichtes Innenrohr empfohlen (Ausf. AMK/BMK)
Grauguss GG 22	700	Lagermetall-, Blei-, Aluminium- und Zinkschmelzen	spröde, schlagempfindlich
GG mit keram. Besch.	800	Aluminium- und Zinkschmelzen	schlagempfindlich
Chrom-Aluminiumoxid Cr Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 60/40	1200	gasdicht, oxidationsbeständig, thermoschockbeständig, verglast an der Oberfläche, chemisch resistent, Müllverbrennung, Wirbelschichtfeuerung	nicht für Aluminium- und Glasschmelzen, Salzbäder
Molybdändisilizid MoSi <sub>2</sub>	1700	abriebfest, schlagfest, sehr thermoschockbeständig, verglast an der Oberfläche, chemisch resistent, Müllverbrennung, Wirbelschichtfeuerung	spröde bei niedriger Temperatur, zäh ab ca. 1400 °C
Molybdän-Zirkonoxid MoZrO 60/40	1700	thermoschockbeständig, hart, schlagfest, Gusseisen-, Kupfer- und Zinkschmelzen, Schlacken, BaCl <sub>2</sub> -Härtebäder	oxidiert an Luft bei Temperaturen > 500 °C
C 530	1500	Gase aller Art bei Ausführung AKK, thermoschockbeständig	gasdichtes Innenrohr
C 610	1600	Gase aller Art bei Ausf. AKK, weniger thermoschockbeständig	gasdichtes Innenrohr
C 799	1600	Gase aller Art, Berührung mit Flusssäure-, Metalloxid- und Alkali-dämpfen, Glaswannen	Glasschmelzen mit Platin-überzug
Siliziumcarbid RSiC rekristallisiert	1600	porös, mech. hoch belastbar, hohe therm. Leitfähigkeit, unter Schutzgas oder Vakuum bis 2000 °C einsetzbar	nicht für Al-, Cu-Schmelzen, beständig gegen starke Säuren und Laugen
Siliziumcarbid SiSiC reaktionsgebunden	1350	gasdicht, mech. hoch belastbar, sehr hohe Thermoschockbest., hohe therm. Leitfähigkeit, nicht geeignet für Metallschmelzen.	sehr gute Oxidationsbeständigkeit, beständig gegen starke Säuren und Laugen
Siliziumnitrid Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	1000	thermoschockbeständig, keine Benetzung in Aluminium- und Messingschmelzen	schlagempfindlich
Siliziumnitrid-Aluminium-oxid Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1300	mäßig thermoschockbeständig, Zinn-, Blei-, Zink-, Cadmium- und Aluminiumschmelzen	nicht für Cu-, Ni-, Fe-Schmelzen, mäßige Thermoschockbeständigkeit
Graphit	1250	sauerstofffreie Kupfer-, Messing- und Aluminiumschmelzen	starke Oxidation an Luft
Aluminiumtitanat Al <sub>2</sub> TiO <sub>5</sub>	1000	gasdicht, Aluminiumschmelzen	schlagempfindlich
Saphir	2000	monokristallines Aluminiumoxid, gasdicht, durchsichtig, Halbleiterindustrie, Müllverbrennung, sehr hoher Preis	schlagempfindlich, mittlere Thermoschockbeständigkeit

Die obige Tabelle erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Alle Hinweise sind unverbindlich und stellen keine zugesagte Eigenschaft dar. Sie sind kundenseitig unter dem Gesichtspunkt des jeweiligen Einsatzfalles genauestens zu überprüfen. Änderungen, die dem technischen Fortschritt dienen, sind vorbehalten.