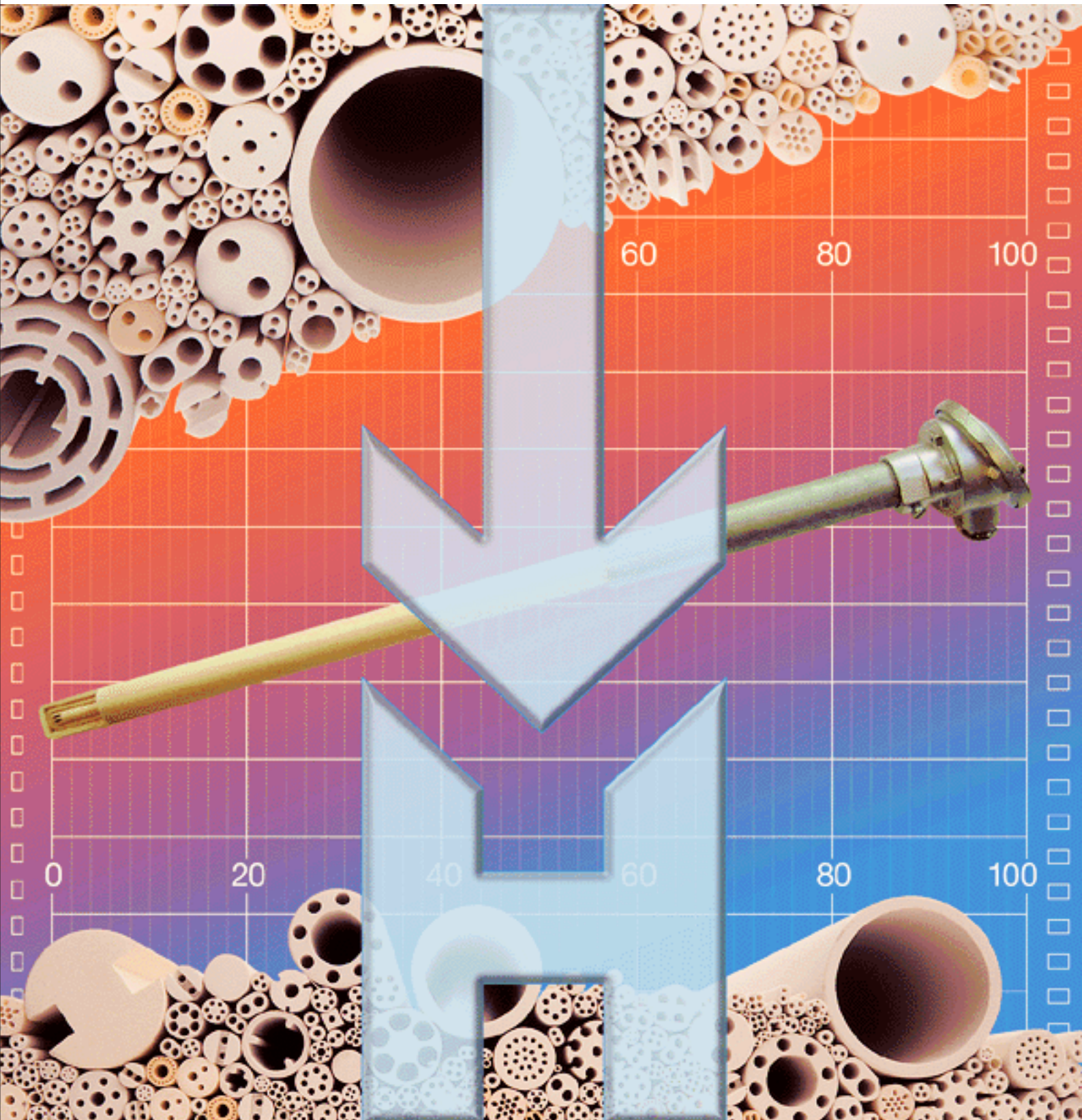


# HALDENWANGER

## Messen / Regeln



# INHALT

- 2** Inhalt
- 3** Vorwort für Messen - Regeln
  
- 4** Tabelle der physikalischen Eigenschaften
- 5** Einsatzbeispiele
  
- 6** Ausführungsbeispiele für Isolierstäbe und Rohre
- 7** Keramik-Schutzrohre
  
- 8** Zweiloch- und Vierlochisolierstäbe
- 9** Mehrlochisolierstäbe
  
- 10** DIN-Abmessungen
- 11** Toleranzen nach DIN 40680
  
- 12** Informationen über Temperatur -
- 13** Messung mit PtRh-Thermoelementen
  
- 14** Alsint 99,7-Bauteile für Armaturen
- 15** Anwendungsbeispiele

15

# VORWORT für Messen - Regeln

In allen Bereichen der Industrie, der Forschung und Entwicklung und selbst in Haushalten wird gemessen, gesteuert und geregelt. Die Anforderungen an die Genauigkeit der Daten wachsen ständig. Die Einsatzbedingungen, unter denen Daten ermittelt werden oder Steuerungs- und Regelprozesse arbeiten, werden immer härter.

Viele Sensoren sind aber gegen prozeßbedingte Einflüsse, wie z.B. Korrosion, empfindlich und müssen sicher geschützt werden. Sehr oft wird in diesen Fällen auf Keramik verschiedener Qualitäten zurückgegriffen, häufig auf Aluminiumoxid-Keramik.

Auch Silikatkeramik findet seit altersher Verwendung. Denken wir nur an die Porzellan-Verbrennungsschiffchen zur C+S-Bestimmung, die in den Laboratorien heute teilweise durch Hochfrequenz-Tiegel zur vollautomatischen Bestimmung ersetzt werden.

Aber auch moderne Meßmethoden wie DTA, DTC und andere, benötigen wegen der hohen Arbeitstemperatur keramische Schutzrohre und andere Komponenten, in diesem Fall aus hochreinem Alsint 99,7.

Und last but not least der Bereich der Temperaturmessung, eine alte Domäne der Firma HALDENWANGER weltweit. Hier kommen Schutzrohre aus den verschiedensten keramischen Werkstoffen, wie Alsint 99,7, Pythagoras, Sillimantin 60 NG, Sillimantin 60, SiC, Halsic-R und Halsic-I, sowie Isolierstäbe aus Alsint 99,7 oder Pythagoras zum Einsatz.

In Regelungsprozessen können hohe Beanspruchungen durch Korrosion

und Abrasion auftreten, verbunden mit erhöhten Temperaturen. Häufig erfüllen metallische Regelungsorgane die an sie zukünftig gestellten Forderungen nicht mehr.

In solchen Fällen werden Bauteile aus Alsint 99,7 oder Zirkonoxid verwendet, um eine sichere Funktion der Regelung zu gewährleisten.

Stecker für Steuerleitungen, z.B. in Kernkraftwerken, unterliegen einer hohen Strahlenbelastung. Kunststoffe sind nicht oder nur bedingt beständig. Nach Austausch der Kunststoffteile gegen solche aus Alsint 99,7, arbeiten die Stecker auch unter hoher Strahlenbelastung einwandfrei.

Zur Steuerung von Bewegungsabläufen werden seit Jahren He-Ne-Laser eingesetzt. Bei normaler Beanspruchung besteht aus Kostengründen das Laserrohr aus Glas. Werden aber solche Geräte für rauhe Betriebsbedingungen benötigt, ist Glas nicht robust genug. Dann kommen Laserrohre aus Alsint 99,7 zur Verwendung.

Diese kurze Aufzählung einiger Anwendungsmöglichkeiten für keramische Werkstoffe in der Meß-, Steuer- und Regeltechnik, schon im Vorwort dieses Prospektes, soll Sie interessiert machen.

Auf den folgenden Seiten zeigen wir Ihnen weitere Beispiele aus dem Themenbereich mit kurzen Erläuterungen, um die Formen- und Verwendungsvielfalt aufzuzeigen, und um Ihnen bei Ihrer Planung und Konstruktion keramischer Bauteile für Meß-, Steuer- und Regelaufgaben zusätzliche Informationen zu geben.

**Physikalische Eigenschaften\* der W. HALDENWANGER - Schutzrohr - Werkstoffe**

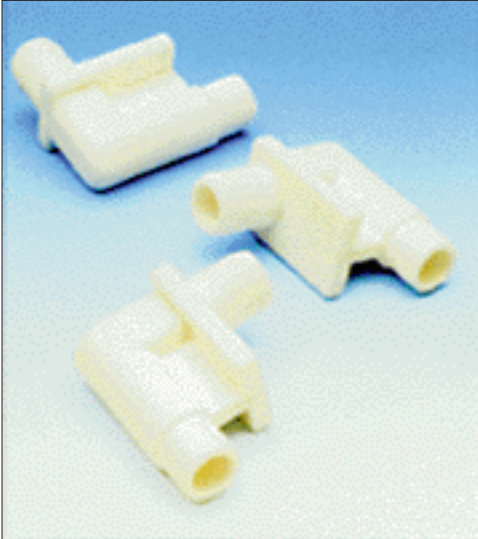
	Dimension	Alsint 99,7	Pythagoras	Sillimantin 60 NG	Sillimantin 60	SiC tongebunden ****	Halsic - R rekristallisiert	Halsic - I reaktionsgebunden
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - Gehalt	%	99,7	60	73 - 75	73 - 75	SiC-Gehalt 70 - 90	SiC-Gehalt ≥ 99	SiC/Si-Gehalt 90/10
Alkali - Gehalt	%	0,05	3,0	-	-	-	-	-
Typ DIN VDE 0335	-	799	610	-	530	-	-	-
Wasseraufnahmefähigkeit	%	≤ 0,2	≤ 0,2	5	12	10	5	≤ 0,2
Leckrate bei 20°C (Helium)	hPa · dm <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-10</sup>	-	-	-	-	-
Raumgewicht	g · cm <sup>-3</sup>	3,80 - 3,93	2,6	2,65	2,35	2,40	2,6 - 2,7	3,0 - 3,1
Biegefestigkeit (3 - Punkt)	MPa	300	120	50	35	30	90 - 100	230
E - Modul	GPa	370	110	95	60	-	230	360
Härte nach Mohs	-	9	8	-	-	-	-	-
Wärmeausdehnung 20° - 700°C	10 <sup>-6</sup> · K <sup>-1</sup>	7,8	5,4	5,2	5,3	5,0	3,9	3,7
Wärmeausdehnung 20° - 1000°C	10 <sup>-6</sup> · K <sup>-1</sup>	8,6	6,0	5,7	5,7	5,0	4,5	4,3
Wärmeleitfähigkeit 20° - 100°C	W · m <sup>-1</sup> · K <sup>-1</sup>	26,0	2,0	-	1,4	28,0	30,0	90,0
maximale Anwendungstemperatur***	°C	1700	1500	1650	1600	1400	1600°C **	1350°C **
Spezif. Durchgangswiderstand bei Gleichspannung 20°C	Ω · cm	10 <sup>14</sup>	10 <sup>13</sup>	-	-	-	-	-
Temperaturwechsel - Beständigkeit	-	gut	gut	gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
Mittlerer Porendurchmesser	µm	-	-	8 - 9	2	6	21 - 27	-

\* Die genannten Eigenschaftswerte unserer Erzeugnisse gelten nur für Prüfkörper. Die Übertragung dieser Werte auf andere Formen und Abmessungen ist nur bedingt zulässig. In der Praxis weisen z. B. Alsint 99,7- Formteile Festigkeiten zwischen 160 und 300 MPa in Abhängigkeit von Wandstärke, Geometrie, Oberflächenbeschaffenheit, Nachbehandlung, sowie dem Formgebungsverfahren auf.

\*\* In oxidierender Atmosphäre. \*\*\* Siehe auch Seite 10. \*\*\*\* Eigenschaften zur allgemeinen Orientierung, da verschiedene Qualitäten.

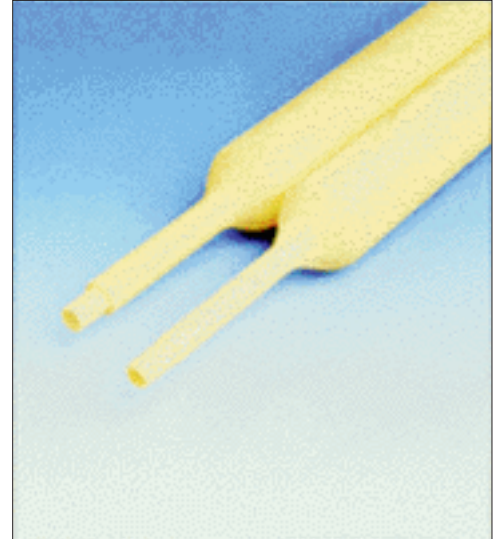


# EINSATZBEISPIELE



## Laserstecker

Werkstoff: Alsint 99,7  
Anforderungen:  
20 KV- spannungsfest,  
mechanisch stabil,  
hohe Präzision



## Schutzrohre für DTA

Werkstoff: Alsint 99,7  
Anforderungen: hohe  
Feuerstandsfestigkeit,  
hohe Präzision, gasdicht,  
Leckrate =  $10^{-10}$  mbar · l · s<sup>-1</sup>



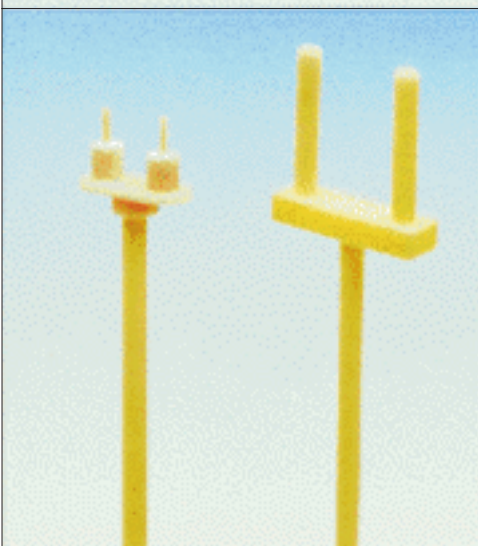
## HeNe-Laser Plasmarohr

Werkstoff: Alsint 99,7  
Anforderungen:  
hohe Festigkeit,  
extreme Geradheit,  
exakter Innen- und  
Außendurchmesser,  
sehr geringe Rauigkeit  
beim Innendurchmesser



## Einsatz für Durchflußmesser

Werkstoff: Alsint 99,7  
Anforderungen:  
hohe Reinheit,  
Vakuumdichtigkeit



## Probenträger für DTA

Werkstoff: Alsint 99,7  
Anforderungen: hohe  
Feuerstandsfestigkeit,  
hohe Präzision



## Zugentlastungsstücke für Widerstandsthermoelemente

Werkstoff: Alsint 99,7  
Anforderungen: gute  
elektrische Isolation,  
Präzision beim Außen-  
und Innendurchmesser  
sowie bei den Schlitzen



# AUSFÜHRUNGSBEISPIELE für Isolierstäbe und Schutzrohre







# KERAMIK-SCHUTZROHRE

Alsint 99,7 - Rohre		Pythagoras - Rohre		Sillimantin 60 - Rohre
Typ 799 nach DIN VDE 0335 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Gehalt 99,7 %		Typ 610 nach DIN VDE 0335 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - Gehalt ca. 60%, Alkali-Gehalt 3%		Typ 530 nach DIN VDE 0335 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Gehalt 73-75%
<b>Außen / Innen- Ø in mm</b>	<b>Außen / Innen- Ø in mm</b>	<b>Außen / Innen- Ø in mm</b>	<b>Außen / Innen- Ø in mm</b>	<b>Außen / Innen- Ø in mm</b>
0,8 x 0,3	12,0 x 8,0	0,8 x 0,3	14,0 x 10,0	15 x 10
1,3 x 0,7	12,7 x 8,9	1,3 x 0,7	15,0 x 10,0	20 x 15
1,6 x 1,0	14,0 x 10,0	1,6 x 1,0	15,0 x 11,0	22 x 17
1,8 x 1,2	15,0 x 10,0	1,8 x 1,2	16,0 x 12,0	24 x 19
2,0 x 1,0	17,0 x 12,0	2,0 x 1,0	17,0 x 12,0	26 x 18
2,7 x 1,7	17,0 x 13,0	2,7 x 1,7	17,0 x 13,0	28 x 22
3,0 x 2,0	17,5 x 11,1	3,0 x 2,0	17,5 x 11,1	30 x 23
4,0 x 2,0	20,0 x 15,0	4,0 x 2,0	20,0 x 15,0	
5,0 x 3,0	24,0 x 18,0	5,0 x 3,0	24,0 x 19,0	
6,0 x 4,0	25,4 x 19,1	6,0 x 4,0	25,4 x 19,1	
8,0 x 5,0	26,0 x 20,0	8,0 x 5,0	26,0 x 18,0	
9,0 x 6,0	28,0 x 22,0	9,0 x 6,0	26,0 x 20,0	
9,6 x 6,4	30,0 x 23,0	10,0 x 6,0	28,0 x 22,0	
10,0 x 6,0		10,0 x 7,0	30,0 x 23,0	
10,0 x 7,0		12,0 x 8,0		
max. Länge 3500 mm abhängig vom Außen-Ø		max. Länge 3500 mm abhängig vom Außen-Ø		max. Länge 3500 mm abhängig vom Außen-Ø
Siliciumcarbid - Rohre		Halsic-R-Rohre		Halsic-I-Rohre
feine und grobe Struktur, SiC-Gehalt ca. 70 und 90%, tongebunden		rekristallisiertes SiC, SiC-Gehalt ≥ 99%		reaktionsgebundenes, Si-infiltriertes SiC, SiC-Gehalt ca. 90%, freier Si-Gehalt ca. 10%
<b>Außen / Innen- Ø in mm</b>	<b>Außen / Innen- Ø in mm</b>	<b>Außen / Innen- Ø in mm</b>	<b>Außen / Innen- Ø in mm</b>	<b>Außen / Innen- Ø in mm</b>
17 x 12	30 x 23	20 x 10	34 x 24	20 x 13
20 x 12	33 x 28	22 x 12	35 x 25	22 x 15
20 x 15	35 x 27	25 x 15	38 x 25	25 x 18
22 x 17	40 x 32	30 x 15	40 x 30	27 x 20
24 x 19	45 x 25	30 x 20	45 x 35	30 x 20
26 x 18	45 x 35	32 x 22	50 x 38	45 x 35
26 x 20	50 x 25			
max. Länge 2000 mm abhängig vom Außen-Ø		max. Länge 2100 mm abhängig vom Außen-Ø		max. Länge 2100 mm abhängig vom Außen-Ø

Nicht in der Tabelle aufgeführte Abmessungen fertigen wir auf Anfrage. Die Tabelle soll Ihnen lediglich als Anregung dienen. Wir liefern Rohre in folgenden Ausführungen: beiderseits offen, einseitig geschlossen, beiderseits offen mit Flansch, einseitig geschlossen mit Flansch. Toleranzen werden nach DIN 40 680 eingehalten. Engere Toleranzen auf Anfrage.

# ZWEILOCH- UND VIERLOCHISOLIERSTÄBE, Werkzeuge vorhanden











Isolierstäbe aus Alsint 99,7 und Pythagoras werden zur Isolation von Thermodrähten eingesetzt. Pythagoras-Isolierstäbe können nach DIN 43725 bis zu Temperaturen von 1500°C eingesetzt werden. Für höhere Temperaturen empfehlen wir Alsint 99,7-Isolierstäbe.

Alsint 99,7 TYP 799						Pythagoras TYP 610					
Zweilochstäbe			Vierlochstäbe			Zweilochstäbe			Vierlochstäbe		
											
* A Ø/D Ø	A Ø/D Ø	A Ø/D Ø	* A Ø/D Ø	A Ø/D Ø	A Ø/D Ø	* A Ø/D Ø	A Ø/D Ø	A Ø/D Ø	* A Ø/D Ø	A Ø/D Ø	A Ø/D Ø
1,2 0,2	5,2 0,2	7,9 1,8	1,5 0,3	5,5 1,3	10,0 1,8	1,1 0,3	5,1 1,5	8,5 2,5	1,5 0,3	4,9 1,1	8,7 2,2
1,2 0,3	5,2 1,6	8,0 2,0	1,7 0,4	5,6 1,0	10,0 3,1	1,2 0,2	5,1 1,9	8,7 2,3	1,7 0,4	4,9 1,4	8,8 2,5
1,4 0,3	5,2 1,7	8,2 1,8	2,3 0,5	5,6 1,3	10,2 2,7	1,2 0,3	5,2 1,7	9,0 2,0	2,1 0,5	5,1 1,2	9,1 2,5
1,7 0,3	5,2 1,8	8,2 2,5	2,4 0,5	5,6 1,5	10,3 2,3	1,4 0,3	5,2 1,9	9,1 2,4	2,3 0,5	5,2 1,1	9,2 2,1
1,9 0,6	5,4 1,3	8,3 1,6	2,4 0,6	5,7 1,2	10,5 1,1	1,5 0,4	5,4 1,8	9,2 2,8	2,3 0,6	5,2 1,3	9,3 2,8
2,0 0,3	5,5 1,5	8,4 2,9	2,6 0,6	5,8 1,2	10,5 1,5	1,6 0,3	5,4 1,9	9,4 2,9	2,4 0,6	5,3 1,0	9,4 1,8
2,0 0,4	5,5 1,8	8,5 1,3	2,7 0,5	5,8 1,5	10,7 2,5	1,8 0,6	5,5 0,9	9,7 2,7	2,5 0,5	5,3 1,1	9,4 3,0
2,0 0,6	5,5 1,9	8,7 2,5	2,7 0,6	5,9 1,5	11,6 2,5	1,9 0,6	5,5 1,1	9,7 3,7	2,5 0,6	5,3 1,2	9,5 1,5
2,1 0,6	5,5 2,0	8,7 2,6	2,7 0,7	6,0 1,3	11,7 3,5	2,0 0,6	5,5 1,8	9,8 3,7	2,5 0,7	5,4 1,1	9,8 1,1
2,3 0,5	5,7 1,1	8,8 1,5	2,8 0,7	6,0 1,4	11,7 3,7	2,1 0,5	5,5 1,9	9,9 3,9	2,6 0,6	5,5 1,2	9,8 1,4
2,7 0,8	5,7 1,8	8,9 0,5	2,9 0,7	6,1 1,8	11,8 3,5	2,1 0,6	5,6 1,5	10,2 2,7	2,7 0,6	5,5 1,5	10,0 2,4
2,9 0,5	5,8 1,4	8,9 2,5	3,2 0,7	6,2 1,7	11,8 3,8	2,6 0,8	5,6 1,8	10,2 3,8	2,8 0,8	5,6 1,5	10,4 3,0
3,0 0,7	5,8 2,0	9,0 1,6	3,3 0,8	6,3 1,7	11,9 3,9	2,7 0,5	5,7 1,9	10,3 3,2	3,0 0,7	5,7 1,2	10,9 2,5
3,1 1,0	5,9 1,0	9,1 2,5	3,5 0,9	6,4 1,2	12,6 3,6	2,9 0,7	5,9 0,9	10,4 3,0	3,1 0,8	5,8 1,6	11,0 3,4
3,2 1,1	5,9 1,2	9,3 2,4	3,6 0,7	6,4 1,6	12,9 4,1	3,0 1,1	5,9 1,8	10,4 3,8	3,3 0,9	5,8 1,7	11,0 3,5
3,3 1,1	5,9 1,8	9,3 3,0	3,6 1,1	6,5 1,7	13,3 3,1	3,1 1,1	5,9 2,0	10,5 3,0	3,4 0,6	5,9 1,7	11,0 3,6
3,4 1,1	5,9 1,9	9,6 2,1	3,8 0,8	6,6 1,5	13,3 3,5	3,2 1,0	6,0 1,0	10,6 3,5	3,4 1,0	6,0 1,2	11,1 3,7
3,6 0,5	5,9 2,0	9,7 2,5	3,8 1,0	6,6 2,0	14,2 3,6	3,4 0,5	6,0 1,5	10,7 2,5	3,4 1,2	6,0 1,6	11,2 3,8
3,6 0,8	6,0 1,5	9,8 2,9	3,9 0,7	6,7 1,0	14,3 3,5	3,4 0,8	6,0 2,0	10,7 3,7	3,5 0,8	6,1 1,5	11,5 3,3
3,7 1,1	6,0 1,8	10,0 2,3	4,0 1,0	6,7 1,9	15,8 3,8	3,5 1,1	6,3 1,5	10,9 1,5	3,5 1,0	6,1 1,7	11,8 3,5
3,7 1,2	6,1 1,9	10,0 3,1	4,0 1,1	7,0 1,5	16,9 4,6	3,5 1,2	6,3 1,8	11,0 3,0	3,6 0,8	6,2 1,5	12,5 3,0
3,8 1,1	6,2 1,0	10,0 3,8	4,1 0,7	7,8 1,5		3,7 1,1	6,4 0,9	11,5 3,0	3,7 0,7	6,2 2,0	12,5 3,4
3,9 1,2	6,2 1,8	10,2 1,5	4,1 0,8	7,8 2,0		3,8 0,5	6,4 1,4	11,5 3,3	3,7 0,9	6,3 1,0	12,5 3,8
4,0 0,8	6,2 2,0	10,2 2,7	4,2 0,7	7,9 1,5		3,8 0,8	6,4 2,4	11,7 4,0	3,8 0,6	6,7 1,8	13,0 3,5
4,0 1,0	6,3 0,9	10,3 2,8	4,2 0,8	8,0 2,3		3,8 0,9	6,5 1,0	11,9 1,1	3,8 0,9	7,3 1,5	13,2 3,6
4,1 0,5	6,3 1,8	10,9 2,7	4,2 1,2	8,3 1,7		3,9 0,9	6,5 1,6	12,0 3,9	3,8 1,1	7,3 1,9	13,2 4,0
4,1 0,9	6,4 1,0	10,9 3,9	4,3 0,7	8,3 1,8		3,9 1,2	6,5 1,9	12,8 4,5	3,9 0,6	7,4 1,5	13,4 3,4
4,1 1,0	6,4 1,5	11,1 3,1	4,3 0,8	8,3 2,3		4,0 1,3	6,5 2,2	13,0 2,4	3,9 0,8	7,8 1,7	14,2 4,0
4,2 1,2	6,4 2,1	11,1 3,9	4,3 1,2	8,4 1,9		4,2 1,2	6,8 2,2	14,1 4,5	3,9 1,1	7,8 2,3	14,8 3,7
4,3 1,3	6,7 1,5	11,3 3,6	4,5 1,3	8,4 2,2		4,2 1,3	7,0 1,1	14,2 4,5	4,0 0,7	7,9 1,9	15,0 3,6
4,3 1,4	6,7 1,8	11,4 2,5	4,6 1,0	8,5 1,5		4,2 1,6	7,0 2,6	15,3 4,8	4,0 1,1	7,9 2,2	15,8 4,5
4,4 1,3	6,8 0,9	11,6 1,5	4,7 0,7	8,5 2,5		4,3 1,2	7,1 2,4	17,7 4,0	4,0 1,2	8,0 1,8	
4,5 1,2	6,8 1,5	12,2 3,3	4,8 0,8	8,6 1,8		4,4 0,9	7,2 2,4	18,3 4,1	4,1 0,7	8,0 2,3	
4,6 1,0	6,8 2,4	12,2 3,4	4,8 1,0	8,6 1,9		4,4 1,0	7,4 1,8		4,2 1,3	8,0 2,4	
4,6 1,2	6,9 1,0	12,3 3,0	4,8 1,1	8,6 2,0		4,4 1,3	7,5 1,9		4,3 0,9	8,0 2,5	
4,7 1,0	6,9 1,6	12,5 4,1	4,8 1,2	8,6 2,3		4,5 1,0	7,7 1,7		4,4 0,7	8,1 1,5	
4,7 1,1	6,9 2,2	12,6 1,2	4,8 1,5	8,8 1,2		4,5 1,5	7,7 2,4		4,5 0,8	8,1 1,7	
4,7 1,3	7,0 1,6	13,6 4,6	5,0 1,1	8,8 1,5		4,6 1,6	7,8 1,6		4,5 0,9	8,1 1,8	
4,7 1,5	7,0 2,0	13,8 2,5	5,0 1,2	8,8 1,8		4,7 1,4	8,2 1,5		4,5 1,1	8,1 1,9	
4,8 1,0	7,2 2,3	15,0 4,6	5,1 1,0	9,1 2,1		4,7 1,7	8,2 2,4		4,5 1,2	8,1 2,3	
4,8 1,5	7,4 2,6	15,1 4,6	5,2 1,2	9,4 2,5		4,9 1,6	8,2 2,6		4,5 1,5	8,2 1,5	
4,9 1,7	7,5 1,1	15,9 3,3	5,2 1,3	9,6 2,9		4,9 1,7	8,4 0,5		4,7 1,1	8,2 1,8	
5,0 1,4	7,6 2,4	16,3 4,9	5,4 1,2	9,7 2,6		4,9 1,8	8,4 2,5		4,7 1,2	8,3 1,2	
5,0 1,8	7,7 2,5		5,5 1,2	9,9 2,8		5,1 1,2	8,5 1,6		4,8 0,9	8,5 1,5	

\* A Ø = Außendurchmesser in mm D Ø = Durchmesser der Durchführungen in mm



# MEHRLOCHISOLIERSTÄBE, Werkzeuge vorhanden

Alsint 99,7 TYP 799 / Pythagoras TYP 610				Alsint 99,7 TYP 799 / Pythagoras TYP 610				Alsint 99,7 TYP 799 / Pythagoras TYP 610			
6-Lochstäbe 				8-Lochstäbe 				10-Lochstäbe 			
* A Ø	6 x D Ø	A Ø	6 x D Ø	* A Ø	8 x D Ø	A Ø	8 x D Ø	* A Ø	10 x D Ø	A Ø	10 x D Ø
1,5	0,25	1,5	0,25	4,2	0,75	4,0	0,75	5,3	0,40	5,0	0,40
4,0	0,75	4,0	1,10	4,8	0,80	4,5	0,80	5,5	0,80	5,2	0,80
4,4	1,00	4,5	1,10	6,0	0,55	5,0	0,60	5,7	0,65	5,4	0,65
5,0	1,10	5,1	1,20	6,4	1,00	6,0	1,00	6,0	0,75	5,6	0,75
6,0	1,20	6,0	1,10	7,5	0,80	7,0	0,80	7,0	1,10	6,5	1,10
8,0	1,20	7,5	1,20	12,7	2,10	12,0	2,00	8,0	0,70	7,5	0,70
Alsint 99,7 TYP 799 / Pythagoras TYP 610				Alsint 99,7 TYP 799 / Pythagoras TYP 610				Alsint 99,7 TYP 799 / Pythagoras TYP 610			
5-Lochstäbe mit Mittelbohrung 				6-Lochstäbe mit Mittelbohrung 				7-Lochstäbe mit Mittelbohrung 			
* A Ø	5 x D Ø	A Ø	5 x D Ø	* A Ø	6 x D Ø	A Ø	6 x D Ø	* A Ø	7 x D Ø	A Ø	7 x D Ø
2,7	0,35	2,6	0,35	2,1	0,4	2,0	0,4	2,0	0,25	1,9	0,25
4,5	0,5	4,3	0,5	4,9	0,55	4,6	0,55	3,2	0,3	3,0	0,3
9,4	1,0	8,7	1,0	5,4	1,1	5,0	1,1	17,0	4,0	16,0	3,7
Alsint 99,7 TYP 799 / Pythagoras TYP 610						Alsint 99,7 TYP 799 / Pythagoras TYP 610					
5-Lochstäbe mit Mittelbohrung und 4 kleineren Durchführungen 						7-Lochstäbe mit Mittelbohrung und 6 kleineren Durchführungen 					
* A Ø	ID Ø	4 x D Ø	A Ø	ID Ø	4 x D Ø	* A Ø	ID Ø	6 x D Ø	A Ø	ID Ø	6 x D Ø
3,0	0,9	0,30	2,8	0,9	0,50	3,7	1,8	0,45	3,5	1,7	0,45
4,0	1,5	0,75	4,5	1,2	0,75	4,0	1,8	0,45	4,0	1,7	0,75
5,0	2,4	0,75	7,7	2,9	1,20	5,0	1,8	0,75	5,0	1,8	0,70
8,5	4,0	0,80	8,0	3,7	0,80	11,0	4,3	2,10	10,4	4,0	2,00
9,0	3,2	1,15	9,2	4,0	1,10	13,3	4,4	2,40	12,5	4,1	2,30
Alsint 99,7 TYP 799 / Pythagoras TYP 610						Alsint 99,7 TYP 799 / Pythagoras TYP 610					
13-Lochstäbe mit Mittelbohrung und 12 kleineren Durchführungen 						Ovale 2-Lochstäbe 					
* A Ø	ID Ø	12 x D Ø	A Ø	ID Ø	12 x D Ø	B / H	x D Ø	B / H	x D Ø	B / H	x D Ø
8,6	4,4	0,3	7,7	4,1	0,3	3,0 / 2,0	x 0,7	2,3 / 1,4	x 0,7		
9,6	2,1	1,2	9,0	1,9	1,2	4,5 / 3,0	x 1,5	3,0 / 2,0	x 1,0		
9,6	2,1	1,1	9,0	2,0	1,1	7,5 / 5,0	x 2,2	4,0 / 2,7	x 1,0		
						11,5 / 7,2	x 3,9	4,6 / 3,3	x 1,5		
						12,0 / 8,0	x 4,0	11,5 / 6,3	x 4,2		

\* A Ø = Außendurchmesser in mm    D Ø = Durchmesser der Durchführungen in mm    ID Ø = Durchmesser der Mittelbohrung in mm

# DIN - ABMESSUNGEN

Abmessungen von "keramischen Schutzrohren und Isolierteilen für Thermoelemente" gemäß DIN 43724 und DIN 43725								
<p>Werkstoffe für Isolierstäbe C 610 oder C 799 DIN VDE 0335</p>	Isolierstäbe mit 4 Bohrungen nach DIN 43725			für Draht-Ø	Isolierröhrchen mit 1 Bohrung nach DIN 43725			für Draht-Ø
	Außen-Ø (d <sub>2</sub> ) in mm	Durchf.-Ø (d <sub>3</sub> ) in mm	Länge in mm	Ø in mm	Außen-Ø (d <sub>1</sub> ) in mm	Innen-Ø in mm	Länge in mm	Ø in mm
	5,5	1,2	205	≤ 0,8	2,7 ± 0,2	1,7	5, 10, 25, 50	1,0 und 1,38
			275					
8,5	1,5	380	≤ 0,8	4,0 ± 0,3	2,0	5, 10, 25, 50	1,38	
		560						
		770						
		1060						
		1460						
		2060						
<b>Keramische Schutzrohre DIN 43724, Tabelle 1</b>								
DIN VDE 0335	Außen - Ø (d <sub>1</sub> ) in mm	Innen - Ø (d <sub>2</sub> ) in mm	Länge (L) in mm	Temperaturw.-Beständigkeit	Dichtheit	zulässige Dauertemperatur		
C 610	10	7	200, 270, 375, 530, 740, 1030	mittel bis gut	gasdicht	1500° C		
	15	11	530, 740, 1030, 1430, 2030					
	24	19	530, 740, 1030, 1430					
C 530	26	18	530, 740, 1030, 1430	sehr gut	porös	1600° C		
C 799	10	6	200, 270, 375, 530	mittel	gasdicht	1600° C		
	15	10	530, 740, 1030					
	24	18	530, 740, 1030, 1430					

## ■ Ausführung

Unglasiert. Zulässige Abweichung der Wanddicke nach DIN 40 680 Teil 1, Genauigkeitsgrad grob. Zulässige Durchbiegung nach DIN 40 680 Teil 2, Genauigkeitsgrad fein mit folgender Festlegung: Ein gerader Stab mit einem Durchmesser von  $0,8 \times (d_1 - 2s)$  muß sich bis zum Schutzrohrboden einführen lassen. Schutzrohrboden abgerundet mit gleichmäßigem Übergang zum zylindrischen Schutzrohrteil.

## ■ Anforderungen

### Temperaturwechsel-Beständigkeit:

Keine sichtbare Beschädigung nach durchgeführter Prüfung.

**Formbeständigkeit:** Ursprüngliche Geradheit nach durchgeführter Prüfung.

**Gasdichtheit:** Nur die mit gasdicht gekennzeichneten Schutzrohre der Tabelle 1: Kein Luftaustritt während der Prüfung.

## ■ Prüfungen

### Temperaturwechsel-Beständigkeit:

Das Schutzrohr wird mit einer angepaßten Einschiebegeschwindigkeit (s. Tabelle 2) mit

dem geschlossenen Ende in die Hochtemperaturzone eines auf die zulässige Dauertemperatur des Schutzrohres erwärmten Rohrofens von 40 mm lichter Weite eingeführt. Hierbei darf das Schutzrohr die Ofenwandung nicht berühren, weshalb eine senkrechte Anordnung des Rohrofens empfohlen wird. Nach mind. 20 Min. Verweilzeit wird das Schutzrohr mit der gleichen Geschwindigkeit wieder herausgezogen und frei hängend an ruhender Luft gekühlt.

Tabelle 2	
Durchmesser d <sub>1</sub> in mm	Einschiebegeschwindigkeit cm/min
10	100
15	50
24 und 26	1

**Formbeständigkeit:** Das Schutzrohr wird waagrecht in den auch für die Prüfung der Temperaturwechsel-Beständigkeit verwendeten Rohrofen eingespannt und auf die zulässige Dauertemperatur gebracht. Die Einwirkdauer muß 30 Min. betragen.

**Gasdichtheit:** Das Schutzrohr wird mit einem inneren Überdruck von 2 bar belastet und 1 min lang in Wasser getaucht.

*Anmerkung: Die Prüfungen sollten in der angegebenen Reihenfolge durchgeführt werden. Bei waagerechter Anordnung des Rohrofens kann die Prüfung auf Temperaturwechsel-Beständigkeit und Formbeständigkeit gleichzeitig durchgeführt werden.*

■ Richtlinien aus DIN 43724 Absatz 7 für die Auswahl der Schutzrohr-Werkstoffe:

Alkali- und flußsäurefreie Gase bis 1500°C: Typ C 610

Berührung mit Alkalidampf bis 1500°C: Typ C 799

Gase aller Art bei Verwendung gasdichter Innenrohre bis 1600°C: Typ C 530

Glasschmelzen bis 1500°C: Typ C 799

(keine allgemeingültigen Angaben, lediglich Anhaltspunkte)

# TOLERANZEN nach DIN 40680

Durchmessertoleranzen-Durchbiegungstoleranzen ohne Schleifbearbeitung nach DIN 40680, Stand 1983

Nennmaß für Durchmesser oder Längen in mm	grob Genauigkeit		mittel		Nennmaß für Längen in mm	grob Genauigkeit		mittel	
	Zulässige Abweichung in mm	Zulässige Abweichung in mm	Zulässige Abweichung in mm	Zulässige Abweichung in mm		Zulässige Durchbiegung fa in mm	Zulässige Durchbiegung fa in mm	Zulässige Durchbiegung fa in mm	Zulässige Durchbiegung fa in mm
über bis 4	± 0,4	± 0,15	über bis 30	1,7	0,15				
über 4 bis 6	± 0,6	± 0,20	über 30 bis 40	1,8	0,20				
über 6 bis 8	± 0,7	± 0,25	über 40 bis 50	1,9	0,25				
über 8 bis 10	± 0,8	± 0,30	über 50 bis 60	2,0	0,30				
über 10 bis 13	± 1,0	± 0,35	über 60 bis 70	2,1	0,35				
über 13 bis 16	± 1,2	± 0,40	über 70 bis 80	2,1	0,40				
über 16 bis 20	± 1,2	± 0,45	über 80 bis 90	2,2	0,45				
über 20 bis 25	± 1,5	± 0,50	über 90 bis 100	2,3	0,50				
über 25 bis 30	± 1,5	± 0,55	über 100 bis 110	2,4	0,55				
über 30 bis 35	± 2,0	± 0,60	über 110 bis 125	2,5	0,65				
über 35 bis 40	± 2,0	± 0,65	über 125 bis 140	2,6	0,70				
über 40 bis 45	± 2,0	± 0,70	über 140 bis 155	2,7	0,80				
über 45 bis 50	± 2,5	± 0,80	über 155 bis 170	2,9	0,85				
über 50 bis 55	± 2,5	± 0,90	über 170 bis 185	3,0	0,90				
über 55 bis 60	± 2,5	± 1,00	über 185 bis 200	3,1	1,00				
über 60 bis 70	± 3,0	± 1,20	über 200 bis 250	3,5	1,25				
über 70 bis 80	± 3,5	± 1,40	über 250 bis 300	3,9	1,50				
über 80 bis 90	± 4,0	± 1,60	über 300 bis 350	4,3	1,75				
über 90 bis 100	± 4,5	± 1,80	über 350 bis 400	4,7	2,00				
über 100 bis 110	± 5,0	± 2,00	über 400 bis 450	5,1	2,25				
über 110 bis 125	± 5,5	± 2,20	über 450 bis 500	5,5	2,50				
über 125 bis 140	± 6,0	± 2,50	über 500 bis 600	6,3	3,00				
über 140 bis 155	± 6,5	± 2,80	über 600 bis 700	7,1	3,50				
über 155 bis 170	± 7,0	± 3,00	über 700 bis 800	7,9	4,00				
über 170 bis 185	± 7,5	± 3,40	über 800 bis 900	8,7	4,50				
über 185 bis 200	± 8,0	± 3,80	über 900 bis 1000	9,5	5,00				
über 200 bis 250	± 9,0	± 4,20	über 1000	1,5 + 0,8% · l	0,5% · l				
über 250 bis 300	± 10,0	± 4,60	Für engere Toleranzen erbitten wir Ihre Anfrage						
über 300 bis 350	± 11,0	± 5,00	Herstellverfahren		Genauigkeitsgrad				
über 350 bis 400	± 12,0	± 5,50			grob mittel				
über 400 bis 450	± 13,0	± 6,10	Gegossen, gedreht, stranggepreßt für Teile mit einem Hüllmaß von 30 mm und darüber		Anwendung üblich				
über 450 bis 500	± 14,0	± 6,80	Stranggepreßt für Teile mit einem Hüllmaß bis 30 mm, undosiert gepreßt, dosiert halbfeucht gepreßt, dosiert trocken gepreßt, weiß bearbeitet		Anwendung üblich				
über 500 bis 600	± 15,0	± 7,60							
über 600 bis 700	± 16,0	± 8,30							
über 700 bis 800	± 17,5	± 9,00							
über 800 bis 900	± 19,0	± 9,50							
über 900 bis 1000	± 20,0	± 10,00							
über 1000	± 0,02 · d	± 0,01 · d							
Genauigkeit	grob		mittel						
VDE 0335, Typ	610	799	610	799					
Herstellverfahren									
Gegossen	•	•							
Gedreht	•								
Stranggepreßt Hüllmaß 30 mm u. darüber	•	•							
Stranggepreßt Hüllmaß bis 30 mm			•	•					
Undosiert gepreßt			•						
Dosiert halbfeucht gepreßt									
Dosiert trocken gepreßt				•					
Weiß bearbeitet			•	•					
Die für die Genauigkeit "grob" festgelegten Werte gelten nicht für Erstfertigung, hier sind Sonderverabredungen erforderlich.									
• Herstellverfahren üblich									

Durchbiegung eines zylindrischen Formstückes

Durchbiegung eines nichtzylindrischen Formstückes



# INFORMATIONEN über Temperaturmessung mit PtRh-Thermoelementen

## Inhalt

Einflüsse der Umgebung, also aus der Schutzkeramik, können die Thermospannung auch von Edelmetall-Thermoelementen verändern. Vor allem führen in oxidierender und reduzierender Atmosphäre ab 1300°C Eisenverunreinigungen der Keramik zu Fehlmessungen. In reduzierender Atmosphäre bewirkt schon 0,2% Si rasche Versprödung und Änderung der Thermospannung. Der Einsatz von Aluminiumoxid Schutzrohren mit 99,7%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ist deshalb notwendig. In Forschung und Fertigung werden Temperaturen bevorzugt mit Thermoelementen gemessen. Oberhalb 1200°C sind die Edelmetallelemente wegen ihrer Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit konkurrenzlos. Die Elemente auf Platinbasis (Pt-Pt 10% Rh von Le Chatelier<sup>1</sup>, Pt 6% Rh-Pt 30% Rh) haben die größte Bedeutung erlangt. Es wird allerdings in der Praxis oft übersehen, daß auch PtRh-Thermoelemente keine zuverlässige Temperaturmessung insbesondere über längere Zeit garantieren und ohne sorgfältige Kontrolle erhebliche Meßfehler oder sogar frühzeitiger Ausfall auftreten können.

Als Gründe für eine Veränderung der Thermospannung im Einsatz kommen im wesentlichen drei Einflüsse in Frage:

- Änderung der Zusammensetzung der Schenkel durch Diffusion über die Lötstelle.
- Änderung der Zusammensetzung eines oder beider Schenkel durch selektive Verdampfung einer Legierungskomponente.
- Änderung der Zusammensetzung eines oder beider Schenkel durch Aufnahme von Fremdelementen aus der Umgebung. Hierbei spielt neben der Ofenatmosphäre insbesondere die Schutzkeramik eine wesentliche Rolle.

### 1 Änderung der Thermospannung durch Interdiffusion

Die Thermospannung eines Materials gegen ein Bezugsselement hängt empfindlich von seiner Zusammensetzung ab. Der Einsatz von Edelmetallthermoelementen liegt im allgemeinen in einem Temperaturbereich, in dem Festkörperreaktionen und Diffusionsvorgänge bereits in erheblichem Umfang ablaufen können, so daß eine konstante Zusammensetzung des Thermoelementes nicht mehr gewährleistet ist. Eine mögliche Ursache für eine Änderung der Zusammen-

setzung ist die Interdiffusion der Elemente der beiden Schenkel. Da im allgemeinen durch einen keramischen Kapillarstab eine Legierungsbildung über die Gasphase weitgehend unterbunden ist, beschränkt sich die Legierungsbildung auf die Lötstelle.

### 2 Änderung der Thermospannung durch selektive Verdampfung

Unterschiedliche Bindungsenergien und damit unterschiedliche Verdampfungsraten der zwei Legierungselemente eines Schenkels verändern die Konzentration des Thermoelementdrahtes.

In<sup>2</sup> wird in einer Reihe von Arbeiten über verstärkte Rhodiumverdampfung aus Pt-Rh-Thermoelementen berichtet. Dem widerspricht die Arbeit von McQuillan<sup>3</sup>, der zwar ebenfalls erhebliche Gewichtsverluste der Thermoelementdrähte findet, die verdampfte Komponente aber als Platin identifiziert. An einem Pt-13% Rh-Element mißt der Autor dabei nach einer Glühung bei 1600°C an Luft einen Gewichtsverlust von 10,3%. Die abgedampfte Menge Platin ergibt eine Konzentrationsänderung des Drahtes, so daß wir es jetzt mit einem Pt-14,5% Rh-Element zu tun haben. Diese Änderung entspricht nach Abb.1 aus<sup>4</sup> einer Änderung der Thermospannung von etwa 1mV, d.h. einer Fehlmessung von beinahe 100°C für eine Messung gegen Platin. Diese einfache Abschätzung zeigt die Bedeutung dieser Effekte. Bei Glühungen im Vakuum lagen nach<sup>3</sup> die Abdampfraten in der gleichen Größenordnung, in reduzierender Atmosphäre dagegen war der Gewichtsverlust erheblich geringer.

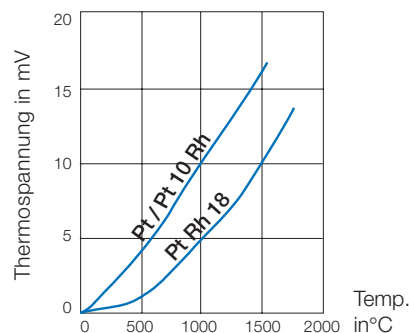


Abb.1: Thermospannungskurve des Le Chatelier und des PtRh18 - Thermopaars

### 3 Änderung der Thermospannung durch Umgebungseinflüsse

Der in der Praxis mit Abstand gravierendste Einfluß, nämlich Beeinflussung durch die Umgebung, ist in der Literatur am intensiv-

sten untersucht. Eindiffundierende Fremdstoffe verändern die Thermokraft der Elemente oder bewirken durch Bildung zweiter Phasen vorzeitigen Bruch des Thermoelementes. Besonders gefährlich sind hier in reduzierender Atmosphäre Arsen, Phosphor, Schwefel, Silizium und Bor, die durch Bildung eutektischer Phasen schon bei Rotglut zur Warmbrüchigkeit führen<sup>5</sup>. Aus diesem Grund schützt man Thermoelemente durch geschlossene keramische Isolierrohre. Die Einflüsse des Ofenraums können daher vernachlässigt werden und die folgenden Ausführungen können sich auf die Wirkung der keramischen Schutzrohre auf die Elemente beschränken. Voraussetzung für die Vernachlässigung anderer Einflüsse ist allerdings höchste Sauberkeit beim Zusammenbau, denn Öle, Fette (Schwefel!) oder metallische Verunreinigungen können zu raschen Folgeschäden führen.

**3.1. Einflüsse in oxidierender Atmosphäre**  
Der Einfluß keramischer Massen auf die thermoelektrischen Eigenschaften wurde erstmals von Chaussain<sup>6</sup> untersucht. Er bettete Pt-Drähte in keramische Pulver und maß die Änderung der Thermospannung mit der Glühzeit. Er fand  $\text{SiO}_2$  als schädlichstes Material, gefolgt von  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{MgO}$  und  $\text{ThO}_2$  als bestem Material. Ehringer<sup>4</sup> bestimmte für die Materialien des PtPt10% Rh- und des PtRh18-Elementes die thermoelektrische Veränderung mit der Einsatzzeit in verschiedenen Keramikpulvern. Als Substanzen verwendete er reine Tonerde (99,5%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Rest  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ), einen mullitischen Werkstoff und Siliziumdioxid. Abb. 2 zeigt seine Ergebnisse für eine Glühung an Luft bei 1400°C. Es ergibt sich, daß auch nach 50h Einsatz in Tonerde keine wesentlichen Veränderungen auftreten, während in mullitischen Werkstoffen und noch mehr in  $\text{SiO}_2$  Abweichungen gefunden werden. Diese Veränderungen entsprechen im Aluminiumsilikat einer Fehlmessung von 10°C bzw. 4°C für PtPt 10% Rh und PtRh 18, im  $\text{SiO}_2$  einer Fehlmessung von 30°C bzw. 20°C. Dieser Einfluß des  $\text{SiO}_2$  wurde von Pospisil<sup>7</sup> näher untersucht. Er fand dabei, daß die Abnahme der EMF an Luft nicht auf einer Wirkung des  $\text{SiO}_2$ , sondern auf Eisenverunreinigungen im Siliziumdioxid zurückzuführen ist. In Tabelle 1 sind seine Ergebnisse für die relative Änderung der Thermo-

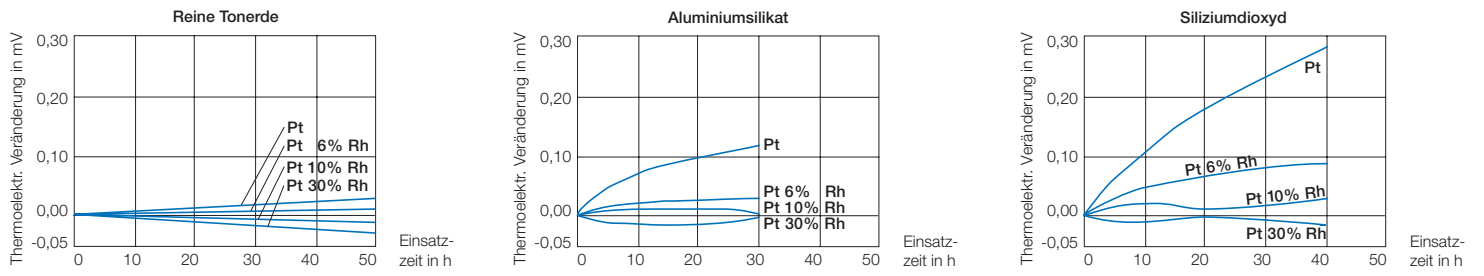


Abb. 2: Thermoelektrische Veränderung von Pt und PtRh-Legierungen durch 1400°C-Glühung an Luft nach verschiedenen Einsatzzeiten ( Meßtemperatur 1200°C )

spannung von Platin nach 24h Reaktion bei 1300°C mit verschiedenen Materialien dargestellt. Die mullitischen Werkstoffe, die alle SiO<sub>2</sub> und Eisen enthalten, bewirken eine Zunahme der Thermospannung des Platins, d.h. eine Abnahme der Thermospannung des Elementes. Man sieht weiter die starke Änderung bei technischem Quarz und die Unschädlichkeit von hochreinem Quarz. Die Mischungen der Eisenoxide mit Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Keramik	AE ( in % )
Mullit CSSR	+ 0,61
Ignodur (KW Neuhaus)	+ 0,60
Triangle H5 (Morgan)	+ 0,37
Pythagoras (W.Haldenwanger)	+ 0,25
Korund (95% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	- 0,06
Techn. Quarz	+ 0,70
Techn. Quarz hochgereinigt	+ 0,35
Quarz hochrein	0,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	- 0,05
MgO	- 0,06
2,5 % Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> in Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	+ 5,52
2,5 % FeO in Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	+ 2,96
1,0 % Na <sub>2</sub> O in Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	- 1,76

Tabelle 1: Veränderungen der thermoelektrischen Spannung E von Platin nach 24h Kontakt mit verschiedenen Keramiken an Luft bei 1300°C. (aus Pospisil 7)

schließlich sind ein Hinweis, daß das Eisen die beobachteten Effekte verursacht. Interessant ist noch, daß der Autor nach 8000h bei etwa 1300°C in einem mullitischen Schutzrohr eine Fehlmessung von 40°C gefunden hat (die vorher genannten Zahlen beziehen sich alle auf Messungen, bei denen die Thermoelemente durch die Pulverpackung sehr viel intensiver mit der Keramik in Kontakt kamen). Der Autor weist hierbei darauf hin, daß eine relative Veränderung des Thermoelementes im Ofen erhebliche Fehlmessungen ergeben kann.

**3.2. Einflüsse in neutraler Atmosphäre**  
Wesentliche Erkenntnisse über die Einflüsse der Schutzkeramik in neutraler Atmosphäre erhalten wir aus einer Arbeit von Walker et al.<sup>8</sup>. Die Autoren haben die Änderung der Thermospannung von PtRh-Legierungen in

Kontakt mit verschiedenen Qualitäten von Aluminiumoxiden gemessen. Andere Einflüsse wurden durch eine Reihe paralleler Versuche ausgeschlossen. Zwei unabhängige Analysen der untersuchten Schutzkeramiken auf Eisen und Silizium ergeben, daß sich die Anteile beider Elemente in den Werkstoffen stets etwa gleichmäßig verändern. Aus diesen Analysen läßt sich also keine Aussage über die verantwortlichen Verunreinigungen gewinnen. Einen Aufschluß gaben spektrochemische Untersuchungen der Drähte nach der Glühung. Der Eisengehalt der Pt- und PtRh-Drähte hatte sich stark erhöht und war für Platin in etwa proportional zur gemessenen Änderung der EMF. Eine Aufnahme von Natrium oder Silizium konnte dagegen nicht gefunden werden. Durch weitere Glühungen in Pulvergemischen mit Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> und Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> schlossen auch diese Autoren, daß Eisenverunreinigungen für die beobachteten Änderungen der Thermospannung verantwortlich sind. Das schlechtere Verhalten von Platin im Vergleich zu seinen Legierungen beruht auf einer höheren Empfindlichkeit gegenüber Verunreinigungen, da der Eisengehalt nach Glühungen für alle Drähte etwa gleich war. Einige Untersuchungen der Autoren mit den gleichen Systemen an Luft ergaben, daß die beobachteten Änderungen wesentlich geringer als in Argon, die Effekte aber qualitativ gleich waren.

**3.3. Einflüsse in reduzierender Atmosphäre**  
Die oben geschilderten thermoelektrischen Veränderungen treten sehr viel rascher und stärker in reduzierender Umgebung auf. Abb. 4 aus<sup>4</sup> zeigt die Abb. 2 analogen Ergebnisse für eine 1400°C-Glühung unter Wasserstoff (thermoelektrische Veränderungen gemessen bei 1200°C). Man erkennt, daß hier mullitische Werkstoffe und Siliziumdioxid für die Schutzkeramik nicht mehr zum Einsatz kommen können, da innerhalb von Minuten (geänderter Abzissenmaßstab!)

starke thermoelektrische Veränderungen und Versprödungen auftreten. Auch bei Verwendung der "reinen" Tonerde tritt vor allem in unlegiertem Platin eine rasche Änderung der Thermokraft auf, die zur Fehlmessung führt. Das PtRh 18-Element zeigt sich hier deutlich überlegen. Ursache dieses Verhaltens ist das SiO<sub>2</sub> der Schutzkeramik, das durch Wasserstoff zum gasförmigen SiO reduziert wird, welches mit Platin zum Silizid Pt<sub>5</sub>Si<sub>2</sub> (Schmelzpunkt 830°C) reagiert. Korngrenzenausscheidungen dieses Silizids führen zu den beobachteten Veränderungen. Experimentell wurde diese Erklärung von Bennett<sup>9</sup> bestätigt, der das Auftreten der Korngrenzenphase metallographisch nachwies. Besonders bemerkenswert war dabei sein Ergebnis, daß schon SiO<sub>2</sub>-Verunreinigungen in der Größenordnung von 0,2% in sogenanntem reinem Aluminiumoxid zur Bildung versprödender Silizide ausreichen. Dies erklärt die in Abb. 4 dargestellten Veränderungen bei der Glühung in reiner Tonerde, da es sich hier nach den Angaben um eine Keramik mit 99,5% Tonerde handelt. Für den Schutz von PtRh-Thermoelementen in reduzierenden Atmosphären kommen also nur reinste Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Keramiken mit 99,7% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Rest MgO, SiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O) in Frage. Damit fand Bennett auch nach einem Jahr bei 1400°C keine Schädigung.

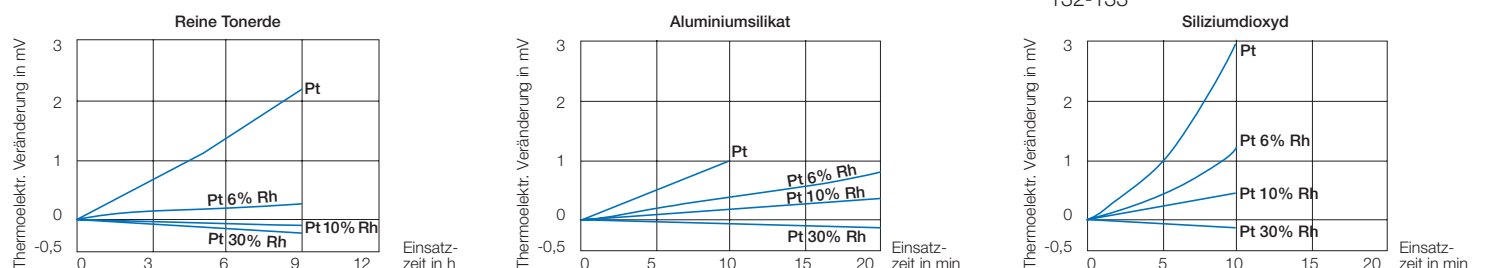


Abb. 4: Thermoelektrische Veränderung von Pt und PtRh-Legierungen durch 1400°C-Glühung unter Wasserstoff nach verschiedenen Einsatzzeiten ( Meßtemperatur 1200°C )

# ALSINT 99,7 Bauteile für Armaturen

## Anwendungsbeispiele

- Rauchgasentschwefelungsanlage (REA)
- Chemische Industrie
- Zementherzeugung
- Zuckerindustrie

## Medien

- Rauchgas mit Feststoffen
- Kalksuspension
- Gipsschlamm
- Prozeßwasser
- Erosive und aggressive Gase
- Flüssigkeiten
- Zementgrundstoffe
- Luft mit festen Schwebestoffen
- Stäube
- Petrochemische Erzeugnisse, Dispersionen, Emulsionen

Alsint 99,7 hat sich bereits für die genannten Anwendungsfälle bei mehreren Herstellern von Armaturen bestens bewährt. Verschiedene konstruktive Ausführungen werden hergestellt, wie z.B. für Auf- Zu-Armaturen, Küken, Regelhähne und Regelkugelhähne. Alle Alsint 99,7-Bauteile für diese Armaturen werden den Wünschen der unterschiedlichen Hersteller gerecht.

Durch die konstruktiven Merkmale der Hersteller sind die mit Alsint 99,7 ausgekleideten Armaturen jederzeit problemlos in vorhandene Rohrleitungsnetze einzubauen, da sie den DIN-Baulängen entsprechen.

Reduzier- bzw. Erweiterungsstücke zur Anpassung an kleinere oder größere Rohrlängendurchmesser werden ebenfalls mit Alsint 99,7 ausgekleidet. Gerade an diesen Stellen tritt erfahrungsgemäß ein besonders hoher Verschleiß bei herkömmlichen Werkstoffen auf. Durch die Auskleidung mit Alsint 99,7 wird der Verschleiß stark vermindert.

Alle mit Alsint 99,7 ausgerüsteten Armaturen können durch Handhebel oder mit Hilfe handelsüblicher pneumatischer, elektromotorischer oder hydraulischer Stellantriebe betätigt werden.

Die wichtigsten physikalischen Eigenschaften von Alsint 99,7 finden Sie auf Seite 4. Besonders hervorzuheben sind die sehr hohe Druckfestigkeit, die Härte und die Vakuumdichtigkeit von Alsint 99,7 auch gegenüber recht flüchtigen Stoffen. Alsint 99,7 ist alterungsbeständig und physiologisch unbedenklich.

Naturgemäß sind jedoch keramische Werkstoffe empfindlich gegen Schlagbeanspruchung und Temperaturwechsel. Die Armaturen-Hersteller haben deshalb in Zusammenarbeit mit uns optimale Lösungen für die Auskleidungen mit Alsint 99,7 entwickelt.

Nachstehend wollen wir einige Beispiele verschiedener Konstruktionselemente zeigen, die "keramikgerecht" ausgebildet wurden. Alle Alsint 99,7-Bauteile sind geschliffen und haben Oberflächenrauigkeiten, die den Ansprüchen der Armaturenhersteller entsprechen. Die Dichtung der Hähne erfolgt meist Alsint 99,7 gegen Alsint 99,7, wobei die Leckrate nicht größer ist als nach VDI / VDE 2174 zulässig. Auch eine Dichtung Alsint 99,7 gegen Kunststoff bzw. Metall ist möglich.

■ Im Bereich der Härtetechnik werden Sauerstoff- und Kohlenstoffsensoren verwendet. Diese Sensoren bestehen neben der eigentlichen Meßzelle aus Lanzen (Rohren) aus Alsint 99,7. Hierbei kommen sowohl herkömmliche Thermoelement-Schutzrohre und Isolierstäbe zur Anwendung, als auch Sonderprofile, die speziell auf Wunsch unserer Kunden hergestellt werden. Auch innerhalb der Meßzelle kommen Bauteile aus Alsint 99,7 zur Anwendung.



# ANWENDUNGSBEISPIELE



**Regelkugelhahn mit Keramik-Auskleidung**  
Werkstoff: Alsint 99,7  
Anforderungen: paßgenaue, formgerechte Teile



**Regelkugelhahn, Einzelbauteile**  
Werkstoff: Alsint 99,7  
Anforderungen: hohe Präzision der Durchmesser, chemisch resistent



**Regelkugeln**  
Werkstoff: Alsint 99,7 und Zirkonoxid  
Anforderungen: hohe Präzision der Durchmesser, chemisch resistent



**Regelkugeln mit Lagerzapfen**  
Werkstoff: Alsint 99,7 und Zirkonoxid  
Anforderungen: hohe Präzision der Durchmesser, chemisch resistent



**Regelscheiben**  
( $k_{VS}$ -Werte variabel)  
Werkstoff: Alsint 99,7  
Anforderungen: verschleißfest, hohe Präzision, chemisch resistent



**Auskleidungseinsätze**  
Werkstoff: Alsint 99,7  
Anforderungen: verschleißfest, hohe Präzision, chemisch resistent



**Einsätze für Erweiterungsstücke**  
Werkstoff: Alsint 99,7  
Anforderungen: verschleißfest, hohe Präzision, chemisch resistent



**Einsätze für Reduzierstücke**  
Werkstoff: Alsint 99,7  
Anforderungen: verschleißfest, hohe Präzision, chemisch resistent