

DIN EN 61515

ICS 17.200.20

Einsprüche bis 2015-01-28
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 61515:1996-09

Entwurf

**Mineralisierte metallgeschirmte Mantelthermoelementleitung und
Mantelthermoelemente
(IEC 65B/936/CDV:2014);
Deutsche Fassung FprEN 61515:2014**

Mineral insulated metal sheathed thermocouple cables and thermocouples
(IEC 65B/936/CDV:2014);
German version FprEN 61515:2014

Câbles et couples thermoélectriques à isolation minérale dits „chémises“
(CEI 65B/936/CDV:2014);
Version allemande FprEN 61515:2014

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-11-28 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses
Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 56 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments FprEN 61515:2014 „Mineralisierte metallgeschirmte Mantelthermoelementleitung und Mantelthermoelemente“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 65B/936/CDV:2014 „Mineral insulated metal sheathed thermocouple cables and thermocouples“ unverändert in den Entwurf FprEN 61515:2014 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des IEC-CDV entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfs gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom SC 65B „Measurement and control devices“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet.

Bei der Abstimmung zu dem Europäischen Schluss-Entwurf bei CENELEC und dem Internationalen Schluss-Entwurf bei IEC [Final Draft International Standard (FDIS)] sind jeweils nur „JA/NEIN“-Entscheidungen möglich, wobei „NEIN“-Entscheidungen fundiert begründet werden müssen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 961 „Elektrische Messwertnehmer und Messgrößenumformer“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO [und/oder] IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 61515:1996-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anpassung an den aktuellen Stand der technischen Entwicklung;
- b) Anpassung an die aktuellen Werkstoffe und Produktionstechnologie;
- c) allgemeine Überarbeitung und Aktualisierung der Verweisungen.

Mineralisierte metallgeschirmte Mantelthermoelementleitung und Mantelthermoelemente

Inhalt

	Seite
Einleitung	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	4
4 Allgemeine Anforderungen	5
4.1 Thermoelemente aus mineralisierter Metallmantelleitung (MIMS-Thermoelemente)	5
4.2 Thermospannung	5
4.3 Werkstoffe und Werkstoffeigenschaften	5
4.3.1 Mantelwerkstoff	5
4.3.2 Innenleiter	6
4.3.3 Isolationswerkstoff	6
4.4 Maximale Einsatztemperaturen	6
4.5 Abmessungen	6
4.5.1 Schnittbilder von MIMS-Thermoelementleitung und MIMS-Thermoelementen	6
4.5.2 Ausführung SIMPLEX (mit 1 Thermopaar (2 Innenleiter))	7
5 Anforderungen und Qualifizierungsprüfungen	10
5.1 Allgemeine Anforderungen und Qualifizierungsprüfungen	10
5.2 MIMS-Thermoelementleitung; Anforderungen und Qualifizierungsprüfungen	11
5.2.1 Aufbau und mechanische Eigenschaften	11
5.2.2 Elektrische Eigenschaften und Verhalten	12
5.3 Mantel-Thermoelemente; Anforderungen und Qualifizierungsprüfungen	13
5.3.1 Aufbau und mechanische Eigenschaften	13
5.3.1.2 Schnittbilder (Längsschnitt) der Messstelle von Mantel-Thermoelementen	14
5.3.2 Elektrische Eigenschaften und Verhalten	16
6 Lieferzustand für MIMS-Thermoelementleitung	18
7 Verpackung	18
8 Kennzeichnung	18
9 Zertifikate / Nachweise	18
Anhang A (informativ) Alternative Anordnungen der Innenleiter	19
A.1 Duplex (4 Innenleiter)	19
A.2 Triplex (6 Innenleiter)	20
Anhang B (informativ) Chemische Zusammensetzung des Isolationswerkstoffs	22
Anhang C (informativ) Anhaltswerte für Maximaltemperaturen beim Einsatz verschiedener Mantelwerkstoffe	23

	Seite
Bilder	
Bild 1 – Schnittbild (Querschnitt) für MIMS-Thermoelementleitung (Ausführung Simplex).....	7
Bild 2 – Schnittbild (Querschnitt) für MIMS-Thermoelementleitung (Ausführung Duplex)	8
Bild 3 – Schnittbild (Querschnitt) für MIMS-Thermoelementleitung (Ausführung Triplex).....	9
Bild 4 – Längsschnitt der Messstelle eines MIMS-Thermoelements mit eingeschweißter (geerdeter) Messstelle.....	14
Bild 5 – Längsschnitt der Messstelle eines MIMS-Thermoelements mit isolierter Messstelle	14
Bild A.1 – Alternative Anordnung der Innenleiter für Duplex-Ausführung	19
Bild A.2 – Alternative Anordnung der Innenleiter für Triplex-Ausführung (1)	20
Bild A.3 – Alternative Anordnung der Innenleiter für Triplex-Ausführung (2)	20
Bild A.4 – Alternative Anordnung der Innenleiter für Triplex-Ausführung (3)	21
Tabellen	
Tabelle 1 – Abmessungen für MIMS-Thermoelementleitung mit 2 Innenleitern (Ausführung Simplex)	7
Tabelle 2 – Abmessungen für MIMS-Thermoelementleitung mit 4 Innenleitern (Ausführung Duplex)	8
Tabelle 3 – Abmessungen für MIMS-Thermoelementleitung mit 6 Innenleitern (Ausführung Triplex)	9
Tabelle 4 – Prüfungen an MIMS-Thermoelementleitung und MIMS-Thermoelementen.....	10
Tabelle 5 – Prüfspannungen zur Bestimmung der elektrischen Spannungsfestigkeit	12
Tabelle 6 – Mindestwerte für den Isolationswiderstand bei Umgebungstemperatur (MIMS-Thermoelementleitung).....	13
Tabelle 7 – Mindestwerte für den Isolationswiderstand bei erhöhter Temperatur (MIMS-Thermoelementleitung).....	13
Tabelle 8 – Mindestwerte für den Isolationswiderstand bei Umgebungstemperatur (MIMS-Thermoelemente)	17
Tabelle 9 – Mindestwerte für den Isolationswiderstand bei erhöhter Temperatur (MIMS-Thermoelemente)	17
Tabelle B.1 – Beispiele für empfohlene Zusammensetzung von Magnesiumoxid (MgO).....	22
Tabelle B.2 – Beispiele für empfohlene Zusammensetzung von Aluminiumoxid (Al ₂ O ₃).....	22
Tabelle C.1 – Grenztemperaturen; Empfehlungen für den Einsatz von MIMS-Thermoelementen (Kombination von Mantelwerkstoff und Innenleiter)	23

Einleitung

Diese Normenausgabe bezieht sich auf den aktuellen technischen Entwicklungsstand, bezüglich Produktionstechnologien, verwendeten Mantelwerkstoffe und Isolationsmaterialien. Sie versucht Standards unter Berücksichtigung der erforderlichen Flexibilität zu definieren, die es den Herstellern ermöglichen, anwendungsgerechte Produkte zu vertretbaren Kosten zu produzieren.

Sie schließt Empfehlungen ein, um den Anwender bei der Auswahl geeigneter Produkte für seine jeweilige Anwendung zu unterstützen.

Anhang A zeigt alternative Möglichkeiten der Anordnung der Innenleiter für MI-Thermoleitung und MI-Thermoelemente, betreffend Duplex- und Triplex-Ausführung (4 bzw. 6 Innenleiter).

Anhang B gibt Empfehlungen an die Hersteller bezüglich der chemischen Zusammensetzung der anzuwendenden Isolationswerkstoffe.

Anhang C soll als Richtlinie für den Anwender, bezüglich der Einsatztemperaturgrenzen (Maximaltemperaturen) unterschiedlicher MI-Leitungen dienen.

1 Anwendungsbereich

Diese internationale Norm beschreibt die Anforderungen für mineralisierte metallgeschirmte Mantelthermoelementleitung und Mantelthermoelemente in den Ausführungen SIMPLEX (1 Thermopaar), DUPLEX (2 Thermopaare) und TRIPLEX (3 Thermopaare), die für den Einsatz in allgemeinen technischen Anwendungen vorgesehen sind. (Die Abkürzung MIMS für „mineral-insulated metal-sheathed“ wird im weiteren Verlauf dieser Norm, zur Vereinfachung angewendet). Die Festlegungen dieser Norm betreffen nur MIMS-Thermoleitung und MIMS-Thermoelemente mit den unedlen Thermopaaren der Typen T, J, E, K und N (nach DIN EN 60584-1:2013).

Methoden der Endversiegelung (Schutz gegen Eindringen von Feuchtigkeit), Abschlüsse der Leitungsenden, Verbindungen und Anschlüsse sowie sonstiges Zubehör, gehören nicht zum Anwendungsbereich dieser Norm.

MIMS-Thermoleitungen und MIMS-Thermoelemente aus Edelmetall-Thermopaaren gehören nicht zum Anwendungsbereich dieser Norm. Die speziellen Anforderungen für die Anwendungen in Primärkreisläufen von Kernkraftwerken werden in eigenen Normen definiert.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60584-1, *Thermocouples – Part 1 – EMF specifications and tolerances*

IEC 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60584-1, IEC 60584-3 und die folgenden Begriffe.

3.1

mineralisierte metallgeschirmte (MIMS) Mantelthermoelementleitung

biegbare Leitung, bestehend aus einem oder mehreren Paaren von Thermoelement-Leitern, umgeben von einem äußeren Schutzmantel aus Metall, gegeneinander und zum Mantel elektrisch isoliert, durch verdichtetes Pulver auf mineralischer Basis

3.2

mineralisierte metallgeschirmte (MIMS) Mantelthermoelemente

konfektionierte Thermoelemente, hergestellt aus mineralisierter metallgeschirmter Mantelthermoelementleitung

3.3

Simplex Thermoelement

konfektionierte Thermoelement, bestehend aus 1 Thermopaar (2 Innenleiter/Thermoschenkel)

3.4

Duplex Thermoelement

konfektionierte Thermoelement, bestehend aus 2 Thermopaaren (4 Innenleiter/Thermoschenkel)

3.5

Triplex Thermoelement

konfektionierte Thermoelement, bestehend aus 3 Thermopaaren (6 Innenleiter/Thermoschenkel)

3.6

Thermoknoten

Verbindungsstelle der Thermoschenkel, die im Anwendungsfall der zu messenden Temperatur ausgesetzt wird

3.7

eingeschweißter Thermoknoten verbundener Thermoknoten geerdeter Thermoknoten

Thermoknoten, der elektrisch leitend mit dem Metallmantel verbunden ist (z. B. durch Einschweißen)

3.8

isolierter Thermoknoten

Thermoknoten, der gegen den Metallmantel elektrisch isoliert aufgebaut ist

3.9

thermische Ansprechzeit (Sprungantwort)

Zeitdauer, die ein Thermoelement benötigt, um einen vorgegebenen Temperatursprung zu einem definierten Anteil (in Prozent der Sprunghöhe) über sein Ausgangssignal (Thermospannung) widerzugeben. Das Temperiermedium und die Anströmbedingungen müssen festgelegt werden (i.d.R. strömendes Wasser oder strömende Luft)

ANMERKUNG die Zeitdauer für eine Sprungantwort von beispielsweise 50 % des Temperatursprungs, wird als $t_{0,5}$ bezeichnet.

3.10

Typprüfung

Prüfung von einer oder mehreren Einheiten, die für eine definierte Anwendung entwickelt / konstruiert wurden, um nachzuweisen, dass das Produkt, die definierten Anforderungen erfüllt

3.11

Serienprüfung / fertigungsbegleitende Prüfung

Prüfung, der jede produzierte Einheit im Rahmen der Herstellung oder danach unterzogen wird, um zu gewährleisten, dass die Forderungen dieser Norm erfüllt werden

3.12

zusätzliche Prüfungen (Sonderprüfungen)

spezielle Prüfungen die nachweisen, dass das Produkt die besonderen Anforderungen des Kunden erfüllt und. Art und Umfang dieser Prüfungen, werden zwischen Kunde und Lieferant, auftrags- oder produktbezogen vereinbart

4 Allgemeine Anforderungen

4.1 Thermoelemente aus mineralisolierter Metallmantelleitung (MIMS-Thermoelemente)

Ein MIMS-Thermoelement entsprechend dieser Norm muss aus MIMS-Thermoleitung hergestellt sein, die die Anforderungen dieser Norm erfüllt.

4.2 Thermospannung

Die Abhängigkeit der Thermospannung (im Weiteren abgekürzt mit EMF (electromotive force)) von der Temperatur muss in Übereinstimmung mit den Forderungen der Norm DIN EN 60548-1 sein. Die in der Norm DIN EN 60584-1 festgelegten Grenزابweichungen (Toleranzen der Thermospannung) gelten sowohl für MIMS-Thermoleitung als auch für MIMS-Thermoelemente.

4.3 Werkstoffe und Werkstoffeigenschaften

4.3.1 Mantelwerkstoff

Der Mantelwerkstoff muss ein geeigneter rostfreier Stahl oder eine Nickel-Basislegierung sein. Andere Mantelwerkstoffe können in Abstimmung zwischen dem Kunden und dem Hersteller festgelegt werden. Der Mantelwerkstoff muss so gewählt werden, dass er unter den gegebenen Einsatzbedingungen einen geeigneten Schutz des Thermoelements in der Anwendung gewährleistet. Die generelle Oberflächengüte des Metallmantels im Auslieferungszustand muss eine Rauheit aufweisen, die gleich oder besser als in der ISO Skala 8 ($R_a = 3,2 \mu\text{m}$) angegeben ist.

4.3.2 Innenleiter

Die Werkstoffe für Innenleiter müssen den Legierungen für Thermopaare der Typen T, J, E, K oder N entsprechen, wie sie in der Norm DIN EN 60584-1 definiert sind.

Diese Norm definiert MIMS-Thermoleitung und MIMS-Thermoelemente mit 1, 2 oder 3 Thermopaaren (2, 4 oder 6 Innenleiter). Die folgende Nomenklatur wird verwendet.

Für Duplex- und Triplex-Leitungen ist eine Anordnung der Innenleiter festgelegt. Andere Anordnungen der Innenleiter sind erlaubt (in Abstimmung zwischen Anwender und Hersteller), sofern die anderen Festlegungen dieser Norm weiterhin erfüllt werden.

Einige Beispiele für alternative Anordnungen der Innenleiter, sind in Anhang A dargestellt.

4.3.3 Isolationswerkstoff

Der Isolationswerkstoff muss aus verfestigtem mineralischem Pulver bestehen.

Die Reinheit des Isolationswerkstoffs sollte mindestens 96 % (Gewichtsprozent) betragen. Hinweise zur chemischen Zusammensetzung des Isolationswerkstoffs können aus Anhang B entnommen werden.

Spezielle Forderungen bezüglich der Reinheit des Isolationswerkstoffs können zwischen Anwender und Hersteller vereinbart werden.

4.4 Maximale Einsatztemperaturen

Konkrete Angaben über die maximalen Einsatztemperaturen können nicht gemacht werden, da die Anzahl verschiedener Einflussfaktoren im Einsatzfall zu groß ist. Anhang C listet Maximaltemperaturen für den Einsatz von MIMS-Thermoelementen auf, die aus Empfehlungen und Erfahrungen der Hersteller abgeleitet sind. Die im genannten Anhang aufgelisteten Temperaturen sollen nur als Hinweise für die Einsatzbereiche verschiedener Thermopaar-/Mantelwerkstoffkombinationen dienen und stellen keine zugesagten Eigenschaften dar.

4.5 Abmessungen

4.5.1 Schnittbilder von MIMS-Thermoelementleitung und MIMS-Thermoelementen

Der Außendurchmesser, der Durchmesser der Innenleiter und die Wanddicke des Mantels müssen den Festlegungen in den folgenden Abschnitten 4.5.2 bis 4.5.4 entsprechen. In diesem Zusammenhang werden in dieser Norm die folgenden Bezeichnungen verwendet.

- Außendurchmesser D;
- Durchmesser der Innenleiter C;
- Wandstärke des Mantels S;
- Dicke des Isolationswerkstoffs I.

Für die Dicke des Isolationswerkstoffs werden in dieser Norm keine Anforderungen definiert. Die Dicke des Isolationswerkstoffs ist so zu wählen, dass die definierten Anforderungen an die Spannungsfestigkeit (siehe 5.2.2.3 und 5.3.2.3) und den Isolationswiderstand (siehe 5.2.2.5 und 5.3.2.4) erfüllt werden. Die Grenzwerte für die Dicke des Isolationswerkstoffs ergeben sich rechnerisch aus den Vorgaben für die Größen D, S und C. Die Innenleiter sollen gleichmäßig verteilt sein. Abweichungen hiervon können zwischen Anwender und Hersteller vereinbart werden.

4.5.2 Ausführung SIMPLEX (mit 1 Thermopaar (2 Innenleiter))

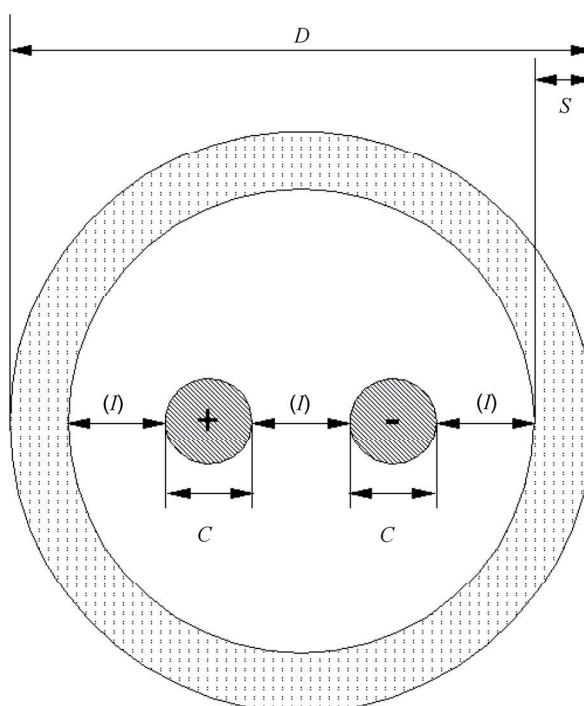


Bild 1 – Schnittbild (Querschnitt) für MIMS-Thermoelementleitung (Ausführung Simplex)

**Tabelle 1 – Abmessungen für MIMS-Thermoelementleitung mit 2 Innenleitern
(Ausführung Simplex)**

Außendurchmesser D von MIMS- Thermoelementleitung und zulässige Abweichungen	Mindestwandstärke S des Mantels	Mindestdicke C der Innenleiter
mm	mm	mm
0,5 ± 0,025	0,05	0,08
1,0 ± 0,025	0,10	0,15
1,5 ± 0,025	0,15	0,23
2,0 ± 0,025	0,20	0,30
3,0 ± 0,030	0,30	0,45
3,2 ± 0,032	0,32	0,48
4,0 ± 0,040	0,40	0,60
4,5 ± 0,045	0,45	0,68
4,8 ± 0,048	0,48	0,72
6,0 ± 0,060	0,60	0,90
6,4 ± 0,064	0,64	0,96
8,0 ± 0,080	0,80	1,20
9,5 ± 0,095	0,95	1,43
10,8 ± 0,108	1,08	1,62

Für MIMS-Thermoelementleitung mit Außendurchmessern, die nicht in Tabelle 1 aufgeführt sind, gelten folgende Festlegungen:

Die Wandstärke des Außenmantels darf nicht weniger als 10 % und die Dicke der Innenleiter nicht weniger als 15 % des Leitungsdurchmessers D betragen. Die Zulässige Abweichung für D darf den Wert von 0,025 mm oder 0,01* D nicht überschreiten. Der jeweils größere Wert ist gültig.

4.5.3 Ausführung DUPLEX (mit 2 Thermopaaren (4 Innenleiter))

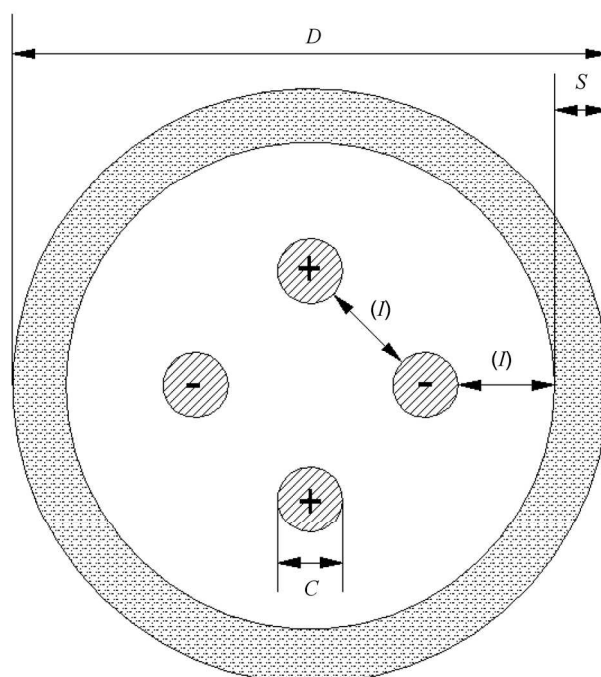


Bild 2 – Schnittbild (Querschnitt) für MIMS-Thermoelementleitung (Ausführung Duplex)

Tabelle 2 – Abmessungen für MIMS-Thermoelementleitung mit 4 Innenleitern (Ausführung Duplex)

Außendurchmesser D von MIMS-Thermoelementleitung und zulässige Abweichungen	Mindestwandstärke S des Mantels	Minstdicke C der Innenleiter
mm	mm	mm
1,5 ± 0,025	0,14	0,17
2,0 ± 0,025	0,18	0,22
3,0 ± 0,030	0,27	0,33
3,2 ± 0,032	0,29	0,35
4,0 ± 0,040	0,36	0,44
4,5 ± 0,045	0,41	0,50
4,8 ± 0,048	0,43	0,53
6,0 ± 0,060	0,54	0,66
6,4 ± 0,064	0,58	0,70
8,0 ± 0,080	0,72	0,88
9,5 ± 0,095	0,86	1,05
10,8 ± 0,108	0,97	1,19

Für MIMS-Thermoelementleitung mit Außendurchmessern, die nicht in Tabelle 2 aufgeführt sind, gelten folgende Festlegungen:

Die Wandstärke des Außenmantels darf nicht weniger als 9 % und die Dicke der Innenleiter nicht weniger als 11 % des Leitungsdurchmessers D betragen. Die Zulässige Abweichung für D darf den Wert von 0,025 mm oder 0,01* D nicht überschreiten. Der jeweils größere Wert ist gültig.

4.5.4 Ausführung TRIPLEX (mit 3 Thermopaaren (6 Innenleiter))

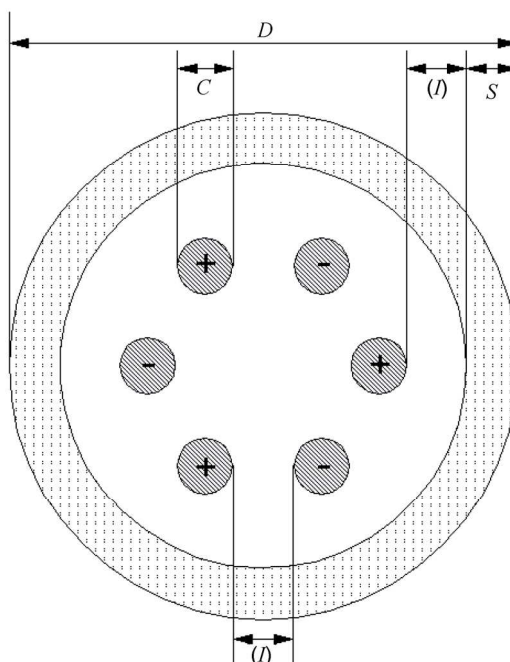


Bild 3 – Schnittbild (Querschnitt) für MIMS-Thermoelementleitung (Ausführung Triplex)

Tabelle 3 – Abmessungen für MIMS-Thermoelementleitung mit 6 Innenleitern (Ausführung Triplex)

Außendurchmesser D von MIMS-Thermoelementleitung und zulässige Abweichungen	Mindestwandstärke S des Mantels	Mindestdicke C der Innenleiter
mm	mm	mm
3,0 ± 0,030	0,24	0,27
3,2 ± 0,032	0,26	0,29
4,0 ± 0,040	0,32	0,36
4,5 ± 0,045	0,36	0,41
4,8 ± 0,048	0,38	0,43
6,0 ± 0,060	0,48	0,54
6,4 ± 0,064	0,51	0,58
8,0 ± 0,080	0,64	0,72
9,5 ± 0,095	0,76	0,86
10,8 ± 0,108	0,86	0,97

Für MIMS-Thermoelementleitung mit Außendurchmessern, die nicht in Tabelle 3 aufgeführt sind, gelten folgende Festlegungen. Die Wandstärke des Außenmantels darf nicht weniger als 8 % und die Dicke der Innenleiter nicht weniger als 9 % des Leitungsdurchmessers D betragen. Die Zulässige Abweichung für D darf den Wert von 0,025 mm oder 0,01* D nicht überschreiten (es gilt der größere Wert).

5 Anforderungen und Qualifizierungsprüfungen

5.1 Allgemeine Anforderungen und Qualifizierungsprüfungen

Die Qualifizierungsprüfungen werden in 3 Kategorien unterteilt: Typprüfungen, Serienprüfungen und Sonderprüfungen. Die Durchführung der Typprüfungen und der Serienprüfungen ist verpflichtend. Die Ergebnisse dieser Prüfungen müssen vom Hersteller aufgezeichnet und archiviert werden und sind dem Anwender auf Anforderung zugänglich zu machen. Sonderprüfungen sind nur dann durchzuführen, wenn diese vom Anwender auftrags- oder produktspezifisch gefordert werden. Festlegungen zu Art und Umfang der Sonderprüfungen sind zwischen Hersteller und Anwender abzustimmen.

Einige Serienprüfungen können in Form von Stichprobenprüfungen ausgeführt werden. Stichprobenprüfungen sind nur an Prozessen zugelassen, die als beherrscht und fähig qualifiziert sind und für die die Methode der Stichprobenprüfung als wirksame Prüfmethode nachgewiesen ist. Für den Fall der Anwendung von Stichprobenprüfungen muss der Hersteller geeignete Aufzeichnungen und Nachweise über Art und Umfang und die Ergebnisse der Stichproben führen. Diese Aufzeichnungen sind dem Anwender auf Anforderung zugänglich zu machen.

Tabelle 4 – Prüfungen an MIMS-Thermoelementleitung und MIMS-Thermoelementen

Messgröße	MIMS-Thermoelementleitung			MIMS-Thermoelemente		
	Typprüfung	Serienprüfung	Sonderprüfung	Typprüfung	Serienprüfung	Sonderprüfung
Abmessungen	5.2.1.1			5.3.1.1	5.3.1.1	
Außendurchmesser	5.2.1.2	5.2.1.2		5.2.1.2	5.2.1.2	
Oberflächenbeschaffenheit	5.2.1.3	5.2.1.3				5.3.1.2
Überprüfung auf Oberflächendefekte	5.2.1.4	5.2.1.4				
Duktilität (Verformbarkeit) des Mantels	5.2.1.5					
Duktilität (Verformbarkeit) der Innenleiter	5.2.1.6					
Elektrischer Durchgang	5.2.2.1	5.2.2.1		5.3.2.1	5.3.2.1	
Elektrischer Widerstand der Innenleiter	5.2.2.2	5.2.2.2				5.3.2.6
Elektrische Spannungsfestigkeit	5.2.2.3	5.2.2.3		5.3.2.3		
Überprüfung der Thermospannung als Funktion der Temperatur	5.2.2.4	5.2.2.4				5.3.2.7
Isolationswiderstand bei Umgebungstemperatur	5.2.2.5	5.2.2.5		0	0	
Isolationswiderstand bei erhöhter Temperatur			5.2.2.6			5.3.2.5
Werkstoffnachweise			5.2.1.7			
Dichtheit der Schweißstellen				5.3.1.3		
Abdichtung der Kaltenden (nur für isolierter Messstellen)				5.3.1.4		
Röntgenprüfung						5.3.1.5
Schwingungsprüfung						5.3.1.6
Festigkeit gegen mechanische Erschütterungen (drop-test)						5.3.1.7
Polung				5.3.2.2	5.3.2.2	
Thermische Ansprechzeit						5.3.2.8

5.2 MIMS-Thermoelementleitung; Anforderungen und Qualifizierungsprüfungen

5.2.1 Aufbau und mechanische Eigenschaften

5.2.1.1 Abmessungen und Querschnitte

Der Außendurchmesser, die Wanddicke, die Durchmesser der Innenleiter und die Dicke des Isolationswerkstoffs müssen mit optischen Methoden gemessen werden. Dabei ist eine hinreichend große Vergrößerung zu wählen. Die Forderungen nach 4.5 müssen erfüllt werden.

5.2.1.2 Außendurchmesser

Der Außendurchmesser jeder MIMS-Thermoelementleitung oder jedes MIMS-Mantelthermoelements muss in 2 um 90° zueinander versetzten Ebenen gemessen werden. Die Messung ist mit einem Messsystem geeigneter Auflösung und Messunsicherheit (z. B. Bügelmessschraube oder Mikrotaster) durchzuführen. Die Forderungen nach 4.5 müssen erfüllt werden.

5.2.1.3 Beschaffenheit der Oberfläche

Die MIMS-Thermoelementleitung darf keine visuell erkennbaren Fehlstellen (Poren, Risse, Riefen, Dellen oder Einschlüsse) haben.

5.2.1.4 Überprüfung auf Unversehrtheit des Mantels

Um nachzuweisen, dass der Mantel ohne Löcher, Risse oder andere Fehler ist und die Thermoelement-Innenleiter vollständig vor dem Eindringen von Gasen oder Flüssigkeiten schützt, muss das folgende Prüfverfahren durchgeführt werden:

Die MIMS-Thermoelementleitung muss für mindestens 1 Stunde vollständig (ausgenommen die Enden der Leitung) in ein Wasserbad eingelegt werden. Unmittelbar nach Entnahme des Prüflings aus dem Wasserbad muss der Isolationswiderstand gemessen werden. Dabei sind die Vorgaben nach 5.2.2.5 zu berücksichtigen und die darin festgelegten Mindestanforderungen zu erreichen. Andere Prüfverfahren und Annahmekriterien können zwischen dem Hersteller und dem Anwender individuell vereinbart werden.

5.2.1.5 Verformbarkeit des Mantels (Duktilität)

Eine Probenlänge der MIMS-Thermoelementleitung muss 3-mal (3 Windungen) um einen Dorn gewickelt werden, dessen Durchmesser d , 6-mal dem Durchmesser D der zu prüfenden Leitung entspricht. Dabei sind die Enden der Probe gegen das Eindringen von Feuchtigkeit geeignet zu verschließen (Sealing). Die Probe ist (mit Ausnahme der versiegelten Enden) für 1 Stunde vollständig in ein Wasserbad einzulegen. Unmittelbar nach Entnahme der Probe aus dem Wasserbad muss der Isolationswiderstand gemessen werden. Dabei sind die Vorgaben nach 5.2.2.5 zu berücksichtigen und die darin festgelegten Mindestanforderungen zu erreichen.

5.2.1.6 Verformbarkeit der Innenleiter (Duktilität)

Eine Probenlänge der MIMS-Thermoelementleitung ist so abzuisolieren, dass die Innenleiter für eine Mindestlänge von 25 mm freiliegen. Jeder Innenleiter muss über einen Dorn, dessen Durchmesser d maximal dem 4-fachen Durchmesser C des minimalen Innenleiterdurchmessers nach 4.5 entspricht, hin und zurück gebogen werden. Dabei dürfen die Innenleiter keine sichtbaren Bruchstellen aufweisen.

5.2.1.7 Werkstoffnachweise

Werkstoffnachweise, die die Übereinstimmung der verarbeiteten Werkstoffe mit den geltenden Spezifikationen belegen, müssen über geeignete Methoden (z. B. Spektralanalyse) an repräsentativen Proben erfolgen, die aus den gefertigten Kabelringen entnommen werden. Die zu erfüllenden Spezifikationen sind zwischen Hersteller und Anwender abzustimmen und festzulegen.

Sollen andere Methoden der Werkstoffnachweise angewendet werden, so müssen diese zwischen Hersteller und Lieferant abgestimmt und festgelegt werden.

5.2.2 Elektrische Eigenschaften und Verhalten

5.2.2.1 Elektrischer Durchgang

Der elektrische Durchgang jedes Innenleiters muss an jedem hergestellten Ring nachgewiesen werden.

5.2.2.2 Elektrischer Widerstand der Innenleiter

Der elektrische Widerstand jedes Innenleiters ist zu bestimmen und auf einen Wert für 20 °C umzurechnen. Die ermittelten Werte müssen gleich oder kleiner als die vom Hersteller spezifizierten maximalen Widerstandswerte für Innenleiter sein.

5.2.2.3 Elektrische Spannungsfestigkeit

Die elektrische Spannungsfestigkeit ist dadurch zu ermitteln, dass eine elektrische Gleichspannung (VDC) gemäß Tabelle 5 zwischen den Innenleitern und zwischen jedem Innenleiter und dem Außenmantel für eine Dauer von 1 Minute, angelegt wird. Die Prüfung muss unter folgenden Umgebungsbedingungen durchgeführt werden:

- Umgebungstemperatur: 20 °C ± 15 °C;
- relative Feuchte: ≤ 80 %

Wird eine elektrische Wechselspannung (V_{AC}) verwendet, so müssen die Spitzenspannungswerte (U_{SS}) den Angaben der Tabelle 5 entsprechen. Für Duplex- und Triplex-Ausführungen sind die beschriebenen Prüfungen zwischen allen Leitern und jedem Leiter und dem Mantel durchzuführen. Über die Dauer der Prüfung darf kein elektrischer Durchschlag auftreten.

Tabelle 5 – Prüfspannungen zur Bestimmung der elektrischen Spannungsfestigkeit

Durchmesser D (mm) der MIMS-Thermoelementleitung	Prüfspannung (V_{DC})		
	Simplex	Duplex	Triplex
$D \leq 1,6$	100	–	–
$1,6 < D \leq 2,0$	100	100	–
$2,0 \geq D \leq 3,2$	250	250	100
$3,2 < D$	500	500	500

5.2.2.4 Überprüfung der Thermospannung als Funktion der Temperatur (EMF)

Die Thermospannung (EMF) ist an einer Probe jeder Produktionseinheit (Ring / Coil) zu nachzuweisen. Die Messung ist an der vorgesehenen maximalen Einsatztemperatur des Produkts durchzuführen und an 2 oder mehr Prüftemperaturen, die über den Einsatztemperaturbereich des Produkts gleichmäßig verteilt sind. Die gemessenen Thermospannungswerte müssen, unter Berücksichtigung der erlaubten Grenzabweichungen (Klasse 1 / Klasse 2 etc.), den EMF-Werten nach DIN EN 60584-1 entsprechen.

5.2.2.5 Isolationswiderstand bei Umgebungstemperatur

Der Isolationswiderstand zwischen Mantel und Innenleiter und zwischen jedem Innenleiter ist unter Umgebungsbedingungen von $R_T = 20 \text{ °C} \pm 15 \text{ °C}$ und relativer Feuchte von $\leq 80 \text{ %}$ ist an der MIMS-Thermoelementleitung zu bestimmen. Beide Leitungsenden müssen gegen das Eindringen von Feuchtigkeit versiegelt sein. Die Prüfdauer mit angelegter Prüfspannung muss 1 Minute betragen. Danach müssen für den Isolationswiderstand die Mindestwerte nach Tabelle 6 erreicht werden. Die Prüfergebnisse sind in geeigneter Weise aufzuzeichnen und zu archivieren und dem Anwender bei Bedarf vorzulegen.

**Tabelle 6 – Mindestwerte für den Isolationswiderstand bei Umgebungstemperatur
(MIMS-Thermoelementleitung)**

Durchmesser D (mm) der MIMS-Thermoelementleitung	Prüfspannung VDC	Mindest-Isolationswiderstand $M\Omega \cdot m^a)$
$D \leq 1,0$	50 ~ 100	1 000
$1,0 < D \leq 1,6$	50 ~ 100	5 000
$1,6 < D$	450 ~ 550	10 000

ANMERKUNG a) Der Isolationswiderstand eines MIMS-Thermoelements hängt von der Länge des Thermoelements ab. Er reduziert sich mit zunehmender Länge des Thermoelements. Die elektrische Leitfähigkeit S einer MIMS-Thermoelementleitung wird daher in der Einheit $S \cdot m^{-1}$ (entspricht $\Omega^{-1} \cdot m^{-1}$) angegeben. Die Angabe des Isolationswiderstands für MIMS-Thermoelementleitung erfolgt in der Einheit $\Omega \cdot m$, $k\Omega \cdot m$ oder $M\Omega \cdot m$.

5.2.2.6 Isolationswiderstand bei erhöhter Temperatur

An einer Probe jeder Fertigungslänge der MIMS-Thermoelementleitung (Ring/Coil) ist der Isolationswiderstand bei erhöhter Temperatur zu bestimmen. Falls notwendig können thermoelektrische Effekte durch den Mittelwert aus zwei Messungen mit unterschiedlicher Polarität eliminiert werden. Die Enden der Probe, die sich nicht im Ofenbereich befinden, müssen gegen eindringende Feuchtigkeit versiegelt sein.

Die Probenlänge, die sich auf Prüftemperatur befindet, muss mindestens 0,1 m betragen. Es muss sichergestellt sein, dass die Homogenität der Temperatur im Prüfbereich des Ofens die in Tabelle 7 genannten Festlegungen zur Prüftemperatur erfüllt. Bereiche der MIMS-Thermoelementleitung (Probe), die sich nicht im Ofenbereich auf Prüftemperatur befinden, müssen auf einer Temperatur von $20^\circ C \pm 15^\circ C$ gehalten werden. Die Prüfung ist mit den in Tabelle 7 festgelegten Prüfspannungen durchzuführen: die Prüfdauer beträgt 1 Minute (anliegende Prüfspannung). Dabei müssen die in Tabelle 7 festgelegten Mindestwerte für den Isolationswiderstand erreicht werden.

Annahmekriterien, die von den in Tabelle 7 genannten Forderungen abweichen, müssen zwischen Hersteller und Anwender abgestimmt und festgelegt werden.

**Tabelle 7 – Mindestwerte für den Isolationswiderstand bei erhöhter Temperatur
(MIMS-Thermoelementleitung)**

Anzuwendender Thermoelementtyp	Prüftemperatur $^\circ C$	Mindestwert des Isolationswiderstandes		
		$0,5 < D \leq 1,6$ (Prüfspannung: 50 VDC) $M\Omega \cdot m$	$1,6 < D \leq 3,2$ (Prüfspannung: 100 VDC) $M\Omega \cdot m$	$3,2 < D$ (Prüfspannung: 100 VDC) $M\Omega \cdot m$
T, J, E, K, N	300 ± 15	150	300	1 000
J, E, K, N	500 ± 15	7,5	15	30
E, K, N	800 ± 15	0,075	0,15	0,3
K, N	1000 ± 15	-	0,003	0,006

ANMERKUNG D ist der Durchmesser der MIMS-Thermoelementleitung in mm.

5.3 Mantel-Thermoelemente; Anforderungen und Qualifizierungsprüfungen

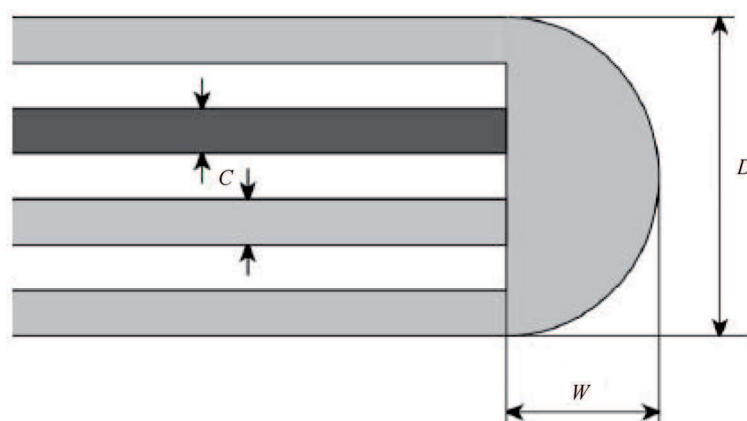
5.3.1 Aufbau und mechanische Eigenschaften

5.3.1.1 Abmessungen von Mantel-Thermoelementen

Die Maße D, C und S in der Querschnittsdarstellung der Thermoelemente mit Ausnahme des Teils der Messstelle muss den Spezifikationen des Abschnitts 4.5 entsprechen.

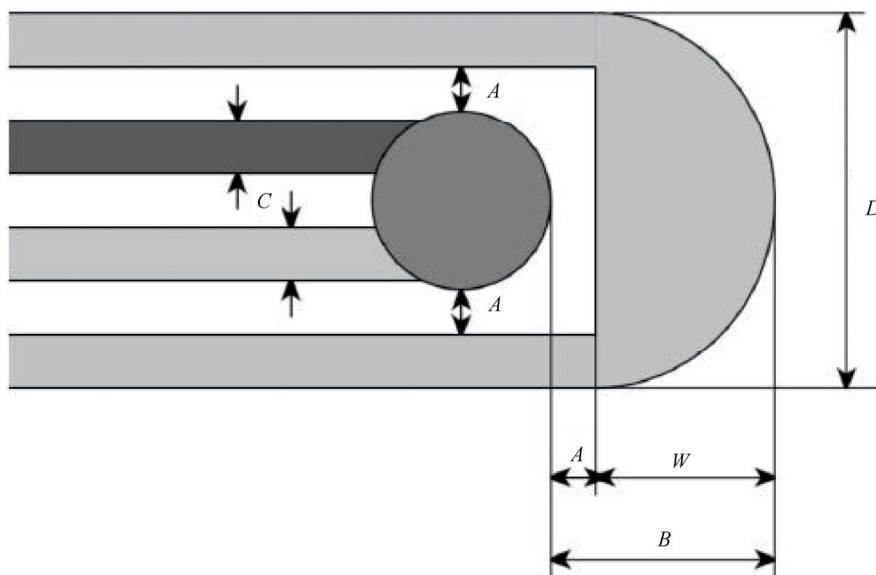
5.3.1.2 Schnittbilder (Längsschnitt) der Messstelle von Mantel-Thermoelementen

Die Anforderungen an die Abmessungen der Schweißdicke des Thermoknotens (Messstelle, hot junction) von M-Thermoelementen mit eingeschweißter (geerdeter) Messstelle müssen den Anforderungen von Bild 4 entsprechen. Bild 5 definiert die Anforderungen an die Abmessungen für MIMS-Thermoelemente mit isolierter Messstelle. Der Außendurchmesser von geerdeten und isolierten Mantel-Thermoelementen im Bereich der Messstelle muss in zwei um 90° versetzten Ebenen gemessen werden. Die Messung ist mit einem Messsystem geeigneter Auflösung und Messunsicherheit (z. B. Bügelmessschraube oder Mikrotaster) durchzuführen. Im Bereich von $5 \cdot D$ gemessen von der Spitze des Mantel-Thermoelements darf die zulässige Abweichung für D den Wert von 0,05 mm oder $0,01 \cdot D$ nicht überschreiten. Der jeweils größere Wert ist gültig.



Abmessung	Anforderung
W = Schweißdicke	Min. $0,1 D$ Max. $0,8 D$

Bild 4 – Längsschnitt der Messstelle eines MIMS-Thermoelements mit eingeschweißter (geerdeter) Messstelle



Abmessung	Anforderung
A = Isolationsdicke am Thermoknoten (Messstelle)	Min. $0,05 D$
W = Schweißdicke	Min. $0,1 D$ Max. $0,8 D$
B = Position des Thermoknotens (Schweißperle)	Min. $0,15 D$ Max. $1,5 D$

Bild 5 – Längsschnitt der Messstelle eines MIMS-Thermoelements mit isolierter Messstelle

5.3.1.3 Oberflächenbeschaffenheit von MIMS-Thermoelementen

Die Oberfläche eines endbearbeiteten MIMS-Thermoelements muss optisch sauber und frei von Oxiden sein. Die allgemeinen Anforderungen an die Oberflächenrauigkeit entsprechend den Festlegungen der ISO Skala 8 (entspricht 3,2 µm Ra-Wert). Die Oberflächenrauigkeit ist durch Vergleich mit Rauigkeitsreferenzmustern (Musterplatten) oder einem geeigneten Messsystem zu bestimmen.

5.3.1.3 Dichtigkeit der Schweißstellen / Schweißverbindungen

Die Dichtigkeit der Verschweißung von MIMS-Thermoelementen mit isolierter oder eingeschweißter (geerdeter) Messstelle ist durch eine der Testmethoden in den folgenden Unterabschnitten festzustellen. Die Testmethode ist zwischen Hersteller und Anwender zu vereinbaren.

5.3.1.4.1 Abschrecken im Wasserbad (nur für MIMS-Thermoelemente mit isolierter Messstelle)

Die Messspitze des Thermoelements mit versiegeltem kalten Ende muss auf eine Temperatur von mindestens 300 °C erwärmt werden. Dabei soll die Dauer des Erwärmungsvorgangs mindestens 5 Minuten betragen und die Länge des erwärmten Bereichs mindestens 10-mal dem Durchmesser des Thermoelements entsprechen (von der Spitze des Thermoelements aus gemessen). Nach durchgeführter Erwärmung ist die Messspitze des Thermoelements sofort in ein Wasserbad einzutauchen (abzuschrecken). Dabei soll die Temperatur des Wasserbades der Umgebungstemperatur entsprechen. Der Isolationswiderstand ist im eingetauchten Zustand zu messen. Dabei müssen die Messwerte die Anforderungen nach 5.3.2.4 erfüllen.

ANMERKUNG Dieses Prüfverfahren kann den Thermospannungsverlauf des geprüften Thermoelements verändern.

5.3.1.4.2 Druckprüfung mit Schutzgas

Die Messspitze des Mantel-Thermoelements muss unter Schutzgasatmosphäre einem äußeren Überdruck von mindestens 1 MPa für ca. 60 Sekunden oder 2,5 MPa für ca. 30 Sekunden ausgesetzt werden. Danach ist die Messstelle sofort in ein Flüssigkeitsbad (Wasser- oder Alkoholfüllung) einzutauchen. Im Bereich der Schweißstellen darf keine Blasenabbildung erkennbar sein.

5.3.1.4.3 Prüfung mit flüssigen Stickstoff (LN2)

Die Messspitze des Thermoelements ist über eine Länge, die mindestens dem 3-fachen Durchmesser des Mantel-Thermoelements entspricht, in flüssigen Stickstoff einzutauchen, bis sich ein Temperaturgleichgewicht einstellt (Blasenbildung durch verdampfenden Stickstoff ist deutlich reduziert). Danach ist die Messstelle sofort in ein Flüssigkeitsbad aus Wasser oder Alkohol einzutauchen. Im Bereich der Schweißstellen darf keine Blasenbildung erkennbar sein.

5.3.1.4.4 Farbeindringprüfung

Die Prüfung ist eine visuelle Kontrolle der Oberfläche der Schweißbereiche. Der Prüfer trägt zunächst eine spezielle Farbflüssigkeit auf die Oberfläche der Schweißbereiche auf und wischt diese wieder ab. Im Falle von vorhandener Schweißporosität oder Rissen dringt die Flüssigkeit in die Fehlstellen ein, verbleibt dort, auch nach dem Abwischen. Danach wird ein Kontrastmittel (auch Entwickler genannt) aufgetragen. Mittels visueller Kontrolle sind Fehlstellen leicht zu detektieren.

5.3.1.5 Prüfung der Abdichtung der Kaltenden durch Eintauchen (nur für Mantel-Thermoelemente mit isolierter Messstelle)

Die Versiegelung des Kaltendes soll für eine Mindestdauer von 1 Stunde in Wasser getaucht werden. Nach Entnahme ist die Oberfläche der Versiegelung von Hand zu trocken ohne die Stelle dabei zu erwärmen und der Isolationswiderstand sofort zu messen. Die Messwerte müssen die Kriterien aus 5.3.2.4 erfüllen.