

**DIN IEC 62765-2
(VDE 0491-22-2)**
DIN

Diese Norm ist zugleich eine **VDE-Bestimmung** im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.

VDE

ICS 27.120.20

Einsprüche bis 2016-08-10

Entwurf

**Kernkraftwerke –
Leittechnik mit sicherheitstechnischer Bedeutung –
Alterungsmanagement von Sensoren und Transmittern –
Teil 2: Temperaturfühler
(IEC 45A/1061A/CD:2015)**

Nuclear power plants –
Instrumentation and control important to safety –
Management of ageing of sensors and transmitters – Part 2: Temperature sensors
(IEC 45A/1061A/CD:2015)

Centrales nucléaires de puissance –
Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté –
Gestion du vieillissement des capteurs et des transmetteurs –
Partie 2: Capteurs de température
(IEC 45A/1061A/CD:2015)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-06-10 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs 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 in 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 69 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Inhalt	Seite
Nationales Vorwort.....	4
Nationaler Anhang NA (informativ) Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Dokumenten	7
Nationaler Anhang NB (informativ) Literaturhinweise.....	8
Einleitung	10
1 Anwendungsbereich	12
2 Normative Verweisungen	12
3 Begriffe	13
4 Abkürzungen	16
5 Technischer Hintergrund und Anforderungen	17
5.1 Allgemeines	17
5.2 Sensortypen und technische Anforderungen	17
5.2.1 Widerstandstemperaturfühler und Anforderungen	17
5.2.2 Thermoelement und Anforderungen	17
5.3 Genauigkeit der Temperatursensoren und Toleranzklassen von Widerstandstemperaturfühlern und Thermoelementen.....	19
5.4 Schnittstelle zwischen Sensoren und Prozess.....	22
5.4.1 Tauchhülse	22
5.4.2 Kabel und Dichtungen	22
5.4.3 Mantel für Thermoelement-Kabel.....	23
5.4.4 Steckverbinder für Thermoelement-Kabel	23
5.5 Gründe für das Alterungsmanagement von Sensoren.....	23
5.6 Umweltstressfaktoren	24
5.7 Verfahren zur Ermittlung der Alterung von Temperatursensoren	25
6 Alterungsmanagement von Temperatursensoren	25
6.1 Allgemeines	25
6.2 Methodik des Alterungsmanagements	26
6.3 Identifizierung der Alterung durch Verifizierung der Leistungsfähigkeit	27
6.4 Prüf- und Inspektionsintervalle	27
6.5 Standort der Prüfung	27
6.6 Kalibrierung von Mess- und Prüfeinrichtungen (M&PE).....	27
6.7 Prüf- und Inspektionsergebnisse	28
6.8 Validierung von Prüfmethoden	28
6.9 Klassifizierung des Zustandsüberwachungssystems und seiner Software.....	28
6.10 Austausch von Sensoren oder ihren Teilen	28
7 Akzeptable Mittel für die Prüfung von Sensoren	28

8	Beziehung zwischen Grundqualifikation und Alterungsmanagement von Sensoren	29
Anhang A (informativ)	Verifizierung der Leistungsfähigkeit von Sensoren	30
A.1	Prüfung – Verifizierung der Leistungsfähigkeit	30
A.2	Kalibrierprüfung	32
A.3	Prüfung der Ansprechzeit.....	33
A.4	Unsicherheit von Sensorelementen	33
A.5	Abhilfemaßnahmen für unbenutzbare Sensoren	35
A.6	Alternatives Verfahren mit Online-Kalibrierung	35
A.7	Schriftliches Verfahren und Protokoll für die Kalibrierung	35
Anhang B (informativ)	Zusammenhang mit bestehenden IEC-Normen für Temperatursensoren.....	36
Literaturhinweise		37

Bilder

Bild 1 – Schematische Darstellung eines Thermoelements (von IEC 62651)	18
Bild 2 – Widerstandsausgangssignal von Widerstandstemperaturfühlern mit Temperatureingang: Toleranzklasse B.....	19
Bild 3 – Unsicherheit der Temperatur beim Widerstandstemperaturfühler, Toleranzklasse B	20
Bild 4 – Unsicherheit des Widerstandes beim Widerstandstemperaturfühler, Toleranzklasse B	21
Bild 5 – Konzeptionelle Methodik des Alterungsmanagements	26

Tabellen

Tabelle 1 – Temperaturmessbereich und Genauigkeit der typischen Temperatursensoren	18
Tabelle 2 – Unsicherheiten beim Widerstandstemperaturfühler, Toleranzklasse B	21
Tabelle 3 – Beispiele für Alterungseffekte, die die Funktion von Temperatursensoren beeinträchtigen können.....	24
Tabelle 4 – Beispiele für Umweltstressfaktoren mit Beschädigungspotential für Sensoren	25
Tabelle A.1 – Überlegungen zur Verifizierungsprüfung der Leistungsfähigkeit	30
Tabelle A.2 – Baumusterprüfung, Stückprüfung und zusätzliche Prüfung für Widerstandstemperaturfühler	31
Tabelle A.3 – Risiken bei der Kalibrierung	33
Tabelle A.4 – Prüfung der Ansprechzeit mit herkömmlichem und Online-Verfahren.....	34
Tabelle A.5 – Unsicherheit von Sensorelementen	34
Tabelle A.6 – Erforderliche Maßnahmen gefolgt von „Wert vorher“ bei Kalibrierprüfung	35
Tabelle B.1 – IEC-Normen für Alterungsmanagement und Sensoren	36

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 45A/1061A/CD:2015 „Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Management of ageing of sensors and transmitters – Part 2: Temperature sensors“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom SC 45A „Instrumentation, control and electrical systems of nuclear facilities“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 967.1 „Elektro- und Leittechnik für kerntechnische Anlagen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Abweichend vom IEC-Schriftstück wurden in der deutschen Fassung Verweise richtiggestellt.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

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.

In der Reihe VDE 0491 sind als Normen erschienen:

- DIN EN 61226 (VDE 0491-1):2010-08, *Kernkraftwerke – Leittechnische Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Kategorisierung leittechnischer Funktionen (IEC 61226:2009); Deutsche Fassung EN 61226:2010*
- DIN EN 61513 (VDE 0491-2):2013-09, *Kernkraftwerke – Leittechnik für Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Allgemeine Systemanforderungen (IEC 61513:2011); Deutsche Fassung EN 61513:2013*
- DIN EN 60987 (VDE 0491-3-1):2015-06, *Kernkraftwerke – Leittechnische Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Anforderungen an die Hardwareauslegung rechnerbasierter Systeme (IEC 60987:2007 + A1:2013); Deutsche Fassung EN 60987:2015*
- DIN EN 60880 (VDE 0491-3-2):2010-03, *Kernkraftwerke – Leittechnik für Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Softwareaspekte für rechnerbasierte Systeme zur Realisierung von Funktionen der Kategorie A (IEC 60880:2006); Deutsche Fassung EN 60880:2009*
- DIN EN 62138 (VDE 0491-3-3):2010-03, *Kernkraftwerke – Leittechnik für Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Softwareaspekte für rechnerbasierte Systeme zur Realisierung von Funktionen der Kategorien B oder C (IEC 62138:2004); Deutsche Fassung EN 62138:2009*
- DIN EN 61500 (VDE 0491-3-4):2011-12, *Kernkraftwerke – Leittechnik mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Datenkommunikation (IEC 61500:2009); Deutsche Fassung EN 61500:2011*
- DIN EN 62566 (VDE 0491-3-5):2015-02, *Kernkraftwerke – Leittechnik für Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Entwicklung HDL-programmierter integrierter Schaltkreise für Systeme, die Funktionen der Kategorie A ausführen (IEC 62566:2012); Deutsche Fassung EN 62566:2014*
- DIN IEC 62117 (VDE 0491-4):2001-10, *Kernkraftwerke – Druckwasserreaktoren – Überwachung ausreichender Kühlung des Kerns im abgeschalteten Zustand des Reaktors (IEC 62117:1999)*

- DIN EN 61839 (VDE 0491-5):2015-01, *Kernkraftwerke – Auslegung von Warten – Analyse und Zuordnung der Funktionen* (IEC 61839:2000); Deutsche Fassung EN 61839:2014
- DIN EN 60964 (VDE 0491-5-1):2010-08, *Kernkraftwerke – Warten – Auslegung* (IEC 60964:2009); Deutsche Fassung EN 60964:2010
- DIN EN 62241 (VDE 0491-5-2):2015-06, *Kernkraftwerke – Warte – Funktionen zur Meldung und Anzeige von Störungen* (IEC 62241:2004); Deutsche Fassung EN 62241:2015
- DIN IEC 61227 (VDE 0491-5-3):2009-01, *Kernkraftwerke – Warten – Handbedienungen* (IEC 61227:2008)
- DIN EN 61772 (VDE 0491-5-4):2013-09, *Kernkraftwerke – Warten – Anwendung von Sichtgeräten* (IEC 61772:2009); Deutsche Fassung EN 61772:2013
- DIN EN 60965 (VDE 0491-5-5):2011-12, *Kernkraftwerke – Warten – Notsteuerstellen für das Abfahren des Reaktors ohne Verbindung zur Hauptwarte* (IEC 60965:2009); Deutsche Fassung EN 60965:2011
- DIN IEC 60568 (VDE 0491-6):2006-11, *Kernkraftwerke – Instrumentierung mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Kerninstrumentierung zur Messung der Neutronenflussdichte in Leistungsreaktoren* (IEC 60568:2006)
- DIN EN 60709 (VDE 0491-7):2010-12, *Kernkraftwerke – Leittechnische Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Physikalische und elektrische Trennung* (IEC 60709:2004); Deutsche Fassung EN 60709:2010
- DIN EN 62340 (VDE 0491-10):2010-12, *Kernkraftwerke – Leittechnik für Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Anforderungen zur Beherrschung von Versagen aufgrund gemeinsamer Ursache* (IEC 62340:2007); Deutsche Fassung EN 62340:2010
- DIN EN 60671 (VDE 0491-100):2011-12, *Kernkraftwerke – Leittechnik für Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Prüfungen zur Sicherstellung der Funktionsfähigkeit* (IEC 60671:2007); Deutsche Fassung EN 60671:2011

Als Norm-Entwürfe liegen vor:

- E DIN IEC 61226 (VDE 0491-1):2015-08, *Kernkraftwerke – Leittechnische und elektrische Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Kategorisierung von Funktionen und Klassifizierung von Systemen* (IEC 45A/1018/CD:2015)
- E DIN IEC 62138 (VDE 0491-3-3):2015-01, *Kernkraftwerke – Leittechnik für Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Softwareaspekte für rechnerbasierte Systeme zur Realisierung von Funktionen der Kategorien B oder C* (IEC 45A/962/CD:2014)
- E DIN IEC 61500 (VDE 0491-3-4):2016-02, *Kernkraftwerke – Leittechnische Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Datenkommunikation in Systemen, die Funktionen der Kategorie A ausführen* (IEC 45A/1044/CD:2015)
- E DIN IEC 62988 (VDE 0491-3-6):2016-04, *Kernkraftwerke – Leittechnische Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Auswahl und Einsatz drahtloser Geräte* (IEC 45A/1050/CD:2015)
- E DIN IEC 62645 (VDE 0491-3-7):2013-04, *Kernkraftwerke – Leittechnische Systeme – Anforderungen an die IT-Sicherheitsplanung für rechnerbasierte Systeme* (IEC 45A/890/CDV:2012)
- E DIN IEC 62859 (VDE 0491-3-8):2015-10, *Kernkraftwerke – Leittechnische Systeme – Anforderungen bezüglich der Koordination von Sicherheit und Cyber-Security* (IEC 45A/1014/CD:2015)
- E DIN IEC 60965 (VDE 0491-5-5):2014-11, *Kernkraftwerke – Warten – Notsteuerstellen für das Abfahren des Reaktors ohne Verbindung zur Hauptwarte* (IEC 45A/952/CD:2014)
- E DIN IEC 62646 (VDE 0491-5-6):2011-09, *Kernkraftwerke – Warten – Rechnerunterstützte Prozeduren* (IEC 45A/839/CDV:2011)
- E DIN IEC 62954 (VDE 0491-5-7):2016-06, *Kernkraftwerke – Warten – Anforderungen für Notfall-Reaktionseinrichtungen* (IEC 45A/1063/CD:2015)
- E DIN IEC 60709 (VDE 0491-7):2016-05, *Kernkraftwerke – Elektrische und leittechnische Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Physikalische und elektrische Trennung* (IEC 45A/1046/CD:2015)
- E DIN IEC 61225 (VDE 0491-8):2012-06, *Kernkraftwerke – Leittechnische Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Anforderungen an die elektrische Energieversorgung* (IEC 61225:2005)

E DIN IEC 62765-2 (VDE 0491-22-2):2016-07

- E DIN IEC 62855 (VDE 0491-8-1):2014-11, *Kernkraftwerke – Elektrische Systeme – Analyse der Stromversorgung (IEC 45A/964/CD:2014)*
- E DIN IEC 60772 (VDE 0491-9-1):2014-11, *Kernkraftwerke – Sicherheitswichtige Instrumentierung – Elektrische Durchführungen für Sicherheitsbehälter (IEC 45A/966/CD:2014)*
- E DIN IEC 60744 (VDE 0491-9-2):2014-11, *Kernkraftwerke – Leittechnik mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Sicherheitslogikanordnungen: Merkmale und Testverfahren (IEC 45A/946/CD:2014)*
- E DIN IEC 62808 (VDE 0491-9-3):2016-03, *Kernkraftwerke – Leittechnische Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Auslegung und Qualifizierung von Isolationseinrichtungen (IEC 62808:2015)*
- E DIN IEC 62887 (VDE 0491-9-4):2016-03, *Kernkraftwerke – Instrumentierung mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Druckmessumformer: Eigenschaften und Prüfverfahren (IEC 45A/1045/CD:2015)*
- E DIN IEC 62003 (VDE 0491-11):2016-05, *Kernkraftwerke – Elektro- und leittechnische Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Anforderungen für die Prüfung der Elektromagnetischen Verträglichkeit (IEC 45A/1052/CD:2015)*
- E DIN IEC 62705 (VDE 0491-15):2015-02, *Kernkraftwerke – Leittechnische Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Strahlungsüberwachungssysteme: Eigenschaften und Lebenszyklus (IEC 62705:2014)*
- E DIN IEC 61504 (VDE 0491-16):2015-10, *Kernkraftwerke – Leittechnische Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Zentralisierte Systeme zur kontinuierlichen Strahlungs- und/oder Radioaktivitätsüberwachung (IEC 45A/1016/CD:2015)*
- E DIN IEC 62342 (VDE 0491-20-1):2012-02, *Kernkraftwerke – Leittechnische Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Alterungsmanagement (IEC 62342:2007)*
- E DIN IEC/IEEE 62582-1 (VDE 0491-21-1):2015-06, *Kernkraftwerke – Leittechnik mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Zustandsüberwachung elektrischer Geräte – Teil 1: Allgemeines (IEC/IEEE 62582-1:2011)*
- E DIN IEC/IEEE 62582-2 (VDE 0491-21-2):2015-08, *Kernkraftwerke – Leittechnik mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Zustandsüberwachung elektrischer Geräte – Teil 2: Eindringprüfung (IEC/IEEE 62582-2:2011)*
- E DIN IEC/IEEE 62582-3 (VDE 0491-21-3):2015-07, *Kernkraftwerke – Leittechnik mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Zustandsüberwachung elektrischer Geräte – Teil 3: Reißdehnung (IEC/IEEE 62582-3:2012)*
- E DIN IEC/IEEE 62582-4 (VDE 0491-21-4):2015-10, *Kernkraftwerke – Leittechnik mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Zustandsüberwachung elektrischer Geräte – Teil 4: Oxidation (IEC/IEEE 62582-4:2011)*
- E DIN IEC/IEEE 62582-5 (VDE 0491-21-5):2016-03, *Kernkraftwerke – Leittechnik mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Zustandsüberwachung elektrischer Geräte – Teil 5: Optische Zeitbereichsreflektometrie (IEC/IEEE 62582-5:2015)*
- E DIN IEC 62765-1 (VDE 0491-22-1):2015-06, *Kernkraftwerke – Leittechnik mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Alterungsmanagement von Sensoren und Transmittern – Teil 1: Drucktransmitter (IEC 45A/1001/FDIS:2015)*
- E DIN IEC 62765-2 (VDE 0491-22-2):2016-07, *Kernkraftwerke – Leittechnik mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Alterungsmanagement von Sensoren und Transmittern – Teil 2: Temperaturfühler (IEC 45A/1061A/CD:2015)*
- E DIN IEC 60780-323 (VDE 0491-80):2014-03, *Kerntechnische Anlagen – Elektrisches Gerät mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Qualifizierung (IEC 45A/940/CD:2013)*

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Dokumenten

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

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

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden Deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1 (1 von 2)

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60584-3:2008	IEC 60584-3:2007	DIN EN 60584-3:2008-08	–
EN 60671:2011	IEC 60671:2007	DIN EN 60671 (VDE 0491-100):2011-12	VDE 0491-100
–	IEC 60737:2010	–	–
–	IEC 60780:1998	DIN IEC 60780:2000-12	–
EN 61226:2010	IEC 61226:2009	DIN EN 61226 (VDE 0491-1):2010-08	VDE 0491-1
EN 61508-1:2010	IEC 61508-1:2010	DIN EN 61508-1 (VDE 0803-1):2011-02	VDE 0803-1
EN 61508-2:2010	IEC 61508-2:2010	DIN EN 61508-2 (VDE 0803-2):2011-02	VDE 0803-2
EN 61508-3:2010	IEC 61508-3:2010	DIN EN 61508-3 (VDE 0803-3):2011-02	VDE 0803-3
EN 61508-4:2010	IEC 61508-4:2010	DIN EN 61508-4 (VDE 0803-4):2011-02	VDE 0803-4
EN 61513:2013	IEC 61513:2011	DIN EN 61513 (VDE 0491-2):2013-09	VDE 0491-2
EN 61515:1996	IEC 61515:1995	DIN EN 61515:1996-09	–
EN 61537:2007	IEC 61537:2006	DIN EN 61537 (VDE 0639):2007-09	VDE 0639
–	IEC 61888:2002	–	–
EN 62138:2009	IEC 62138:2004	DIN EN 62138 (VDE 0491-3-3):2010-03	VDE 0491-3-3
–	IEC 62342:2007	–	–
–	IEC 62385:2007	–	–
–	IEC 62397:2007	–	–
–	IEC 62465:2010	–	–
–	IEC 62651:2013	–	–
–	IEC 60287:2014	–	–

Tabelle NA.1 (2 von 2)

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60584-1:2013	IEC 60584-1:2013	DIN EN 60584-1:2014-07	–
EN 61508-1:2010	IEC 61508-1:2010	DIN EN 61508-1 (VDE 0803-1):2011-02	VDE 0803-1
EN 61508-2:2010	IEC 61508-2:2010	DIN EN 61508-2 (VDE 0803-2):2011-02	VDE 0803-2
EN 61508-2:2010	IEC 61508-3:2010	DIN EN 61508-2 (VDE 0803-2):2011-02	VDE 0803-2
EN 61508-4:2010	IEC 61508-4:2010	DIN EN 61508-4 (VDE 0803-4):2011-02	VDE 0803-4
EN 61513:2013	IEC 61513:2011	DIN EN 61513 (VDE 0491-2):2013-09	VDE 0491-2
–	IEC/IEEE 62582-1:2011		
–	IEC/TR 62096	–	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60584-1:2014-07, *Thermoelemente – Teil 1: Thermospannungen und Grenzabweichungen* (IEC 60584-1:2013); Deutsche Fassung EN 60584-1:2013

DIN EN 60584-3:2008-08, *Thermopaare – Teil 3: Thermoleitungen und Ausgleichsleitungen – Grenzabweichungen und Kennzeichnungssystem* (IEC 60584-3:2007); Deutsche Fassung EN 60584-3:2008

DIN EN 60671 (VDE 0491-100):2011-12, *Kernkraftwerke – Leittechnik für Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Prüfungen zur Sicherstellung der Funktionsfähigkeit* (IEC 60671:2007); Deutsche Fassung EN 60671:2011

DIN EN 61226 (VDE 0491-1):2010-08, *Kernkraftwerke – Leittechnische Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Kategorisierung leittechnischer Funktionen* (IEC 61226:2009); Deutsche Fassung EN 61226:2010

DIN EN 61508-1 (VDE 0803-1):2011-02, *Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme – Teil 1: Allgemeine Anforderungen* (IEC 61508-1:2010); Deutsche Fassung EN 61508-1:2010

DIN EN 61508-2 (VDE 0803-2):2011-02, *Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme – Teil 2: Anforderungen an sicherheitsbezogene elektrische/elektronische/programmierbare elektronische Systeme* (IEC 61508-2:2010); Deutsche Fassung EN 61508-2:2010

DIN EN 61508-3 (VDE 0803-3):2011-02, *Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme – Teil 3: Anforderungen an Software* (IEC 61508-3:2010); Deutsche Fassung EN 61508-3:2010

DIN EN 61508-4 (VDE 0803-4):2011-02, *Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme – Teil 4: Begriffe und Abkürzungen (IEC 61508-4:2010); Deutsche Fassung EN 61508-4:2010*

DIN EN 61513 (VDE 0491-2):2013-09, *Kernkraftwerke – Leittechnik für Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Allgemeine Systemanforderungen (IEC 61513:2011); Deutsche Fassung EN 61513:2013*

DIN EN 61515:1996-09, *Mantelthermoelement-Leitungen und Mantelthermoelemente (IEC 61515:1995); Deutsche Fassung EN 61515:1996*

DIN EN 61537 (VDE 0639):2007-09, *Führungssysteme für Kabel und Leitungen – Kabelträgersysteme für elektrische Installationen (IEC 61537:2006); Deutsche Fassung EN 61537:2007*

DIN EN 62138 (VDE 0491-3-3):2010-03, *Kernkraftwerke – Leittechnik für Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung – Softwareaspekte für rechnerbasierte Systeme zur Realisierung von Funktionen der Kategorien B oder C (IEC 62138:2004); Deutsche Fassung EN 62138:2009*

DIN IEC 60780:2000-12, *Kernkraftwerke – Elektrisches Gerät des Sicherheitssystems – Qualifizierung (IEC 60780:1998)*

Einleitung

a) Technischer Hintergrund, Hauptinhalte und Organisation der Norm

Mit einem Alter der meisten Kernkraftwerke von mehr als 20 Jahren ist das Alterungsmanagement der Temperatursensoren gegenwärtig ein bedeutsames Thema, insbesondere für jene Anlagen, deren Laufzeit verlängert wurde bzw. wo diese Option geprüft wird. Diese Norm ist für die Anwendung durch Betreiber von Kernkraftwerken, Systembegutachter und Genehmigungsbehörden vorgesehen.

b) Einordnung der vorliegenden Norm in die Struktur der Normen des IEC/SC 45A

IEC 62765 ist ein IEC/SC-45A-Dokument der dritten Ebene, es besteht aus verschiedenen Teilen und behandelt die grundlegenden Aspekte des Alterungsmanagements von Sensoren und Messumformern der leittechnischen Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung in Kernkraftwerken. Teil 1 der IEC 62765 behandelt die Temperatursensoren.

IEC 62342 ist ein Dokument der zweiten Ebene, es beinhaltet das Alterungsmanagement der nuklearen leittechnischen Systeme von Kernkraftwerken, welche Funktionen mit sicherheitstechnischer Bedeutung ausführen. IEC 62342 ist die Einleitung zu einer Reihe von vom IEC SC45A zu erstellenden Normen zum Alterungsmanagement bestimmter leittechnischer Systeme oder Komponenten wie elektrische Kabelsysteme (IEC 62465) sowie Sensoren und Messumformer (IEC 62765).

IEC 62765-2 soll in Verbindung mit IEC 62342 und IEC/TR 62096 betrachtet werden, letztere ist der entsprechende technische Bericht des IEC SC45A, der Unterstützung für eine Modernisierungsentscheidung bietet, wenn die Alterungsmanagement-Techniken nicht mehr erfolgreich sind.

Mehr Details über die Struktur der Normen des IEC/SC 45A sind in Punkt d) dieser Einleitung enthalten.

c) Empfehlungen und Einschränkungen für die Anwendung der Norm

Es ist wichtig darauf hinzuweisen, dass diese Norm keine zusätzlichen funktionalen Anforderungen für Sicherheitssysteme aufstellt. Alterungsmechanismen sind vorzubeugen und deshalb müssen sie durch Messungen der Leistungsfähigkeit erkannt werden. Aspekte, zu denen in dieser Norm besondere Empfehlungen und Einschränkungen gegeben werden, sind:

- Kriterien zur Beurteilung der Alterung von Temperatursensoren in Kernkraftwerken;
- Schritte bei der Erstellung eines Alterungsmanagementprogramms für Temperatursensoren in Kernkraftwerken;
- Beziehung zwischen der laufenden Qualifikationsanalyse und dem Alterungsmanagementprogramm in Bezug auf Temperatursensoren.

Es wird festgestellt, dass sich die zur Bestimmung des Alterungszustands der Temperatursensoren eines Kernkraftwerks eingesetzten Prüf- und Überwachungstechniken rasch weiterentwickeln und es für eine Norm wie diese nicht möglich ist, Referenzen auf alle modernen Technologien und Verfahren aufzunehmen.

Diese Norm legt die Mindestanforderungen fest, die sicherstellen, dass jede potenzielle Auswirkung auf die Sicherheit eines Kernkraftwerks durch die Alterung der Temperatursensoren im Kernkraftwerk identifiziert werden kann und geeignete Maßnahmen getroffen werden können, um nachzuweisen, dass die Sicherheit der Anlage nicht beeinträchtigt wird.

Um sicherzustellen, dass die Norm auch in Zukunft relevant bleibt, wurde der Schwerpunkt eher auf prinzipielle Aussagen als auf spezielle technologische Fragen gelegt.

d) Beschreibung der Struktur der Normen des IEC/SC 45A und der Beziehungen zu weiteren Dokumenten der IEC sowie anderer Organisationen (IAEA, ISO)

Das Eingangsdokument zu den Normen des IEC/SC 45A stellt die IEC 61513 dar. Diese enthält allgemeine Anforderungen an die leittechnischen Systeme und Geräte, die zur Ausführung von Funktionen mit sicher-

heitstechnischer Bedeutung in Kernkraftwerken genutzt werden. Durch die IEC 61513 werden die Normen des IEC/SC 45A strukturiert.

In IEC 61513 wird direkt auf andere Normen des IEC/SC 45A verwiesen, welche allgemeine Themen wie Kategorisierung von Funktionen und Klassifizierung von Systemen, Qualifizierung, Trennung von Systemen, Maßnahmen gegen Versagen aufgrund gemeinsamer Ursachen, Softwareaspekte rechnerbasierter Systeme, Hardwareaspekte rechnerbasierter Systeme sowie die Auslegung von Warten behandeln. Die Normen, auf die direkt verwiesen wird, bilden die zweite Ebene und sollten zusammen mit IEC 61513 als ein in sich konsistenter Satz von Dokumenten betrachtet werden.

Die dritte Ebene bilden Normen des IEC/SC 45A, auf die in IEC 61513 nicht direkt verwiesen wird. Diese Normen behandeln spezielle Geräte, technische Methoden oder spezifische Aktivitäten. Sie beziehen sich hinsichtlich der allgemeinen Themen auf die Dokumente der zweiten Ebene, können jedoch im Allgemeinen für sich allein benutzt werden.

Eine vierte Ebene erweitert die Normen des IEC/SC 45A um Technische Berichte, die nicht normativ sind.

Für IEC 61513 wird ein Darstellungsformat verwendet, das dem der grundlegenden Sicherheitsnorm IEC 61508 ähnlich ist, mit einem Sicherheits-Lebenszyklus als Gesamtrahmen und zusätzlich einem System-Lebenszyklus. Mit IEC 61513 werden die allgemeinen nuklearen Sicherheitsanforderungen nach IEC 61508-1, IEC 61508-2 und IEC 61508-4 für die Anwendung auf dem kerntechnischen Sektor umgesetzt in Bezug auf die kerntechnische Sicherheit. In diesem Rahmen entsprechen IEC 60880 und IEC 62138 der IEC 61508-3 für den nuklearen Sektor. IEC 61513 stützt sich für Themen der Qualitätssicherung (QS) sowohl auf ISO als auch auf IAEA GS-R-3 und IAEA GS-G-3.1 und IAEA GS-G-3.5.

In den Normen des IEC/SC 45A werden die Prinzipien und grundsätzlichen Sicherheitsaspekte des IAEA-Codes für die Sicherheit von Kernkraftwerken in der IAEA Sicherheitsserie umgesetzt, insbesondere die Requirements SSR-2/1, die die Sicherheitsanforderungen für die Auslegung von Kernkraftwerken festlegt, und die Safety Guide SSG-39, die die leittechnischen Systeme mit sicherheitstechnischer Bedeutung in Kernkraftwerken behandelt. Terminologie und Definitionen in den Normen des IEC/SC 45A stimmen mit den von der IAEA verwendeten überein.

ANMERKUNG 1 Es wird davon ausgegangen, dass für die Auslegung der Leittechnik in Kernkraftwerken mit herkömmlichen Sicherheitsfunktionen (z. B. Arbeitssicherheit, Vermögensschutz, chemische Gefahren, Prozessenergiegefahren) solche internationalen oder nationalen Normen angewendet werden, die auf den Anforderungen von Normen wie IEC 61508 basieren.

ANMERKUNG 2 Das Anwendungsgebiet von IEC SC45A wurde im Jahr 2013 auf elektrische Anlagen erweitert. In den Jahren 2014 und 2015 fanden Gespräche innerhalb IEC SC45A statt, um zu entscheiden, wie und wo allgemeine Voraussetzungen für den Entwurf von elektrischen Anlagen zu berücksichtigen sind. Die Experten von IEC SC45A haben empfohlen, dass eine unabhängige Norm auf dem gleichen Niveau wie IEC 61513 entwickelt werden soll, um allgemeine Anforderungen für elektrische Anlagen festzulegen. Dieses Projekt soll in naher Zukunft ins Leben gerufen werden. IEC 61513 und diese neue Norm zur Festlegung von Anforderungen an elektrische Anlagen müssen im Zusammenhang betrachtet werden, und sie werden zusammen einen einheitlichen, kohärenten und umfassenden Rahmen herstellen, um die allgemeinen Anforderungen für leittechnische und elektrische Systeme zu etablieren. Wenn das Projekt zur Entwicklung der Norm über die allgemeinen Anforderungen an die elektrischen Systeme gestartet wird, wird dieser Absatz der Einleitung der Normen des IEC/SC 45A aktualisiert, um dieser Entwicklung Rechnung zu tragen.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt die Mindestanforderungen fest, um sicherzustellen, dass mögliche Auswirkungen auf die Sicherheit von Kernkraftwerken aufgrund der Alterung von Temperatursensoren – Widerstandsthermometer und Thermoelemente – identifiziert und geeignete Maßnahmen durchgeführt werden können, um nachzuweisen, dass die Sicherheit der Anlage nicht beeinträchtigt wird, und die in diesem Standard beschriebenen Anforderungen zu erfüllen.

Dieser Teil der IEC 62765 bietet Strategien, technische Anforderungen und empfohlene Verfahren für das Alterungsmanagement von Temperatursensoren mit sicherheitstechnischer Bedeutung an, damit die Alterung der für die Sicherheit in Kernkraftwerken wichtigen Temperatursensoren identifiziert werden kann und bei Bedarf geeignete Abhilfemaßnahmen getroffen werden können, um nachzuweisen, dass die Sicherheit der Anlage nicht beeinträchtigt wird. Diese Norm ist mit den Normen der Reihe IEC 62342 abgestimmt, welche Leitlinien zum Alterungsmanagement von leittechnischen Systemen mit sicherheitstechnischer Bedeutung für Kernkraftwerke anbieten. Diese Norm, IEC 62765-2, ist der zweite Teil (für Temperatursensoren) der Reihe IEC 62765 über Sensoren und Messumformer für Druck-, Temperatur-, und Neutronenenergie.

IEC 62765 umfasst Drucktransmitter (Teil 1) und Temperatursensoren (Teil 2). Teil 1 umfasst DT (Messumformer für Druck), FST (Messumformer für Füllstand) und DFT (Messumformer für Durchfluss). Teil 2 dieser Norm enthält WTF (Widerstandstemperaturfühler) und TE (Thermoelemente) in Bezug auf die Leittechnik mit sicherheitstechnischer Bedeutung. Messumformer für Neutronenenergie (Teil 3) werden folgen.

Die Anforderungen an Temperatursensoren für Industrie- und kerntechnische Anwendungen in normativen Verweisungen sind für diese Norm unverzichtbar, aber diese Norm konzentriert sich auf das Alterungsmanagement von Temperatursensoren, um den Anforderungen gerecht zu werden.

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 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary*

IEC 60287:2014, *Electric cables – Calculation of the current rating – Part 1-1: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses – General*

IEC 60584-1:2013, *Thermocouples – Part 1: EMF specifications and tolerances*

IEC 60584-3:2007, *Thermocouples – Part 3: Extension and compensating cables – Tolerances and identification system*

IEC 60671:2007, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Surveillance testing*

IEC 60737:2010, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Temperature sensors (In-core and primary coolant circuit) – Characteristics and test methods*

IEC 60780:1998, *Nuclear power plants – Electrical equipment of the safety system – Qualification*

IEC 61226:2009, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Classification of instrumentation and control functions*

IEC 61515:1995, *Insulated thermocouple cables and thermocouples*

IEC 61537:2006, *Cable management – Cable tray systems and cable ladder systems*

IEC 61888:2002, *Nuclear power plants – Instrumentation important to safety – Determination and maintenance of trip set-points*

IEC 62138:2004, *Nuclear Power Plants – Instrumentation and Control for systems important to safety – Software for Computer based I & C systems supporting category B or C functions*

IEC 62342:2007, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Management of ageing*

IEC 62385:2007, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Methods for assessing the performance of safety system instrument channels*

IEC 62397:2007, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Resistance temperature detectors*

IEC 62465:2010, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Ageing management of cable – Management of ageing of electrical cabling system*

IEC/IEEE 62582-1:2011, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Electrical equipment condition monitoring methods – Part 1: General*

IEC 62651:2013, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Thermocouples: Characteristics and test methods*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Genauigkeitsklasse

(en: accuracy class)

Operationen, die auf einem Messgerät durchgeführt werden, damit es bestimmte Anzeigen entsprechend angegebenen Werte der Messgröße liefert^{N1)}

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn das Instrument so gebaut ist, dass es eine Nullanzeige entsprechend einem Null-Wert der Messgröße liefern soll, werden die Operationen Null-Justierung genannt.

[QUELLE: IEV 311-03-16]

3.2

Justierung (eines Messinstrumentes)

(en: adjustment (of a measuring instrument))

Operationen, die an einem Messgerät durchgeführt werden, damit es bestimmte Anzeigen entsprechend angegebenen Werten der Messgröße liefert.

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn das Instrument so gebaut ist, dass es eine Nullanzeige entsprechend einem Null-Wert der Messgröße liefert, werden die Operationen Null-Justierung genannt.

[QUELLE: IEV 311-03-16]

3.3

Kalibrierung

(en: calibration)

Gesamtheit von Tätigkeiten zur Ermittlung des Zusammenhangs, unter Bezugnahme auf Normen, der zwischen einer Anzeige und einem Messergebnis unter festgelegten Bedingungen existiert.

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Begriff basiert auf dem „Unsicherheits“-Ansatz.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Zusammenhang zwischen den Anzeigen und den Messergebnissen kann grundsätzlich durch ein Kalibrierdiagramm dargestellt werden.

[QUELLE: IEV 311-01-09]

^{N1)} Nationale Fußnote: Falsche Definition im IEC-Entwurf. Es sollte richtig heißen: Kategorie von Messgeräten, die vorgegebene messtechnische Forderungen erfüllen, so dass Messabweichungen dieser Messgeräte innerhalb festgelegter Grenzen bleiben.

3.4

Kalibrierdiagramm

(en: calibration diagram)

Darstellung der Messgrößen in der Koordinatenebene, aufgespannt durch die Anzeigen- und Messergebnisachse, die die Antwort des Instruments auf verschiedene Werte der Messgröße repräsentiert.

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Begriff ist im „Unsicherheits“-Ansatz benutzt

[QUELLE: IEV 311-01-09]

3.5

Kreuzkalibrierung

(en: cross calibration)

Verfahren zum Vergleich der Anzeigen von redundanten Instrumenten (z. B. Temperatursensoren), um Ausreißer-Sensoren festzustellen, das zur Verifizierung der Kalibrierung oder Identifizierung von Kalibrierungsänderungen dient. „Kreuzvalidierung“ ist ein besserer Begriff für diese Definition, aber Kreuzkalibrierung wird häufiger benutzt.

[QUELLE: IEC 62342:2007, Definition 3.5 und IEC 62385:2007, Definition 3.6]

3.6

elektromagnetische Beeinflussung

(en: electromagnetic interference (EMI))

durch eine elektromagnetische Störung hervorgerufene Verschlechterung der Leistungsfähigkeit eines Gerätes, Übertragungskanal oder Systems

Anmerkung 1 zum Begriff: Die französischen Begriffe „perturbation électromagnétique“ bzw. „brouillage électromagnétique“ bezeichnen jeweils die Ursache und die Wirkung, und sollen nicht wahllos benutzt werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die englischen Begriffe „electromagnetic disturbance“ bzw. „electromagnetic interference“ bezeichnen jeweils die Ursache und die Wirkung, aber sie werden häufig wahllos benutzt.

[QUELLE: IEV 161-01-06]

3.7

Messgröße

(en: measurand)

Größe, die Gegenstand einer Messung ist

[QUELLE: IEV 161-01-06]

3.8

Platin-Widerstandsthermometer (PWT)

(en: platinum resistance thermometer (PRT))

temperaturempfindliches Gerät, das aus einem oder mehreren in einem Schutzmantel angeordneten Platinwiderstandssensoren, inneren Verbindungsdrähten und äußeren Anschlüssen besteht, die die Verbindung von elektrischen Messinstrumenten ermöglichen. Befestigungsmittel und Anschlussköpfe können enthalten sein. Ein trennbares Schutzrohr oder eine Tauchhülse sind jedoch nicht enthalten.

[QUELLE: IEC 60751, Definition 3.5]

3.9

Ansprechzeit

(en: response time)

Zeitspanne, die erforderlich ist, bis eine Komponente nach Eingang eines Signals, das einen bestimmten Ausgangszustand erfordert, diesen Ausgangszustand einnimmt.

[QUELLE: IAEA Safety Glossary]

3.10

Widerstandstemperaturfühler oder Widerstandsthermometer (WTF)

(en: Resistance Temperature Detector or Resistance Thermometer Detector (RTD))

Messumformer, der im allgemeinen aus einem zylindrischen Edelstahlrohr besteht, welches einen Platinwiderstand enthält, dessen Widerstand temperaturabhängig ist. Dieser Messumformer ist in der Rohrleitung

angeordnet, welche das Fluid enthält, dessen Temperatur auf diese Weise gemessen wird. Er kann direkt in das Fluid eingetaucht sein oder durch ein Zwischengehäuse, Tauchhülse genannt, geschützt werden.

Anmerkung 1 zum Begriff: Befestigungsmittel oder Anschlussköpfe können enthalten sein. Der Temperaturfühlerwiderstand kann aus Platin, Nickel, Wolfram, Kupfer oder anderen Metallen bestehen. In Kernkraftwerken werden jedoch üblicherweise Platinsensoren in den WTD verwendet, deshalb beschäftigt sich diese Norm mit Platin-Widerstandsthermometern.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Begriff „Sensor“ beschreibt in dieser Norm die WTD-Einheit mit dem zugehörigen Schutz, z. B. Schutzrohr oder Tauchhülse. Die Platinwiderstand-Sensoren sind in Kernkraftwerken für die meisten Anwendungen zur Prozessfluid-Temperaturmessung in einem Edelstahl-Thermometerschacht eingebaut. Für Lufttemperaturmessung können Direktsensoren verwendet werden.

[QUELLE: IEC 62397, Definition 3.5]

3.11

Selbsterwärmungsfehler

(en: self-heating error)

Anstieg der angezeigten Temperatur durch die Verlustwärme im Sensor

[QUELLE: IEC 62397:2007, Definition 3.7]

3.12

Sensor

(en: sensor)

Messelement, Teil eines Messgerätes oder einer Messkette, auf das die Messgröße direkt einwirkt, und das ein dem Wert der Messgröße entsprechendes Signal erzeugt

[QUELLE: IEC 311-05-01]

3.13

Stabilität

(en: stability)

Fähigkeit eines Messgerätes, seine Leistungseigenschaften während eines festgelegten Zeitintervalls unverändert zu halten, wenn alle anderen Bedingungen konstant bleiben

[QUELLE: IEC 311-06-12]

3.14

Drift

(en: drift)

im Allgemeinen langsame, kontinuierliche Änderung der Anzeige eines Messgeräts (nicht unbedingt in der gleichen Richtung), die nicht auf eine Änderung der Messgröße zurückgeführt werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Stabilität, Drift und Verschiebung werden gleichwertig in dieser Norm verwendet.

[QUELLE: IEC 311-06-13]

3.15

Zeitkonstante

(en: time constant)

Zeitspanne, die erforderlich ist, bis das Ausgangssignal eines Systems erster Ordnung 63,3% seines stationären Endwertes als Antwort auf eine Änderung des Eingangssignals erreicht. Wenn das System nicht erster Ordnung ist, ist der Begriff „Zeitkonstante“ nicht richtig. Für ein System höherer Ordnung soll der Begriff „Ansprechzeit“ verwendet werden.

[QUELLE: IEC 62385, Definition 3.22]

3.16

Thermoelement (TE)

(en: thermocouple (TC))

Leiterpaar aus unterschiedlichen Materialien, die an einem Ende verbunden sind und einen Teil einer Anordnung bilden, die den thermoelektrischen Effekt zur Temperaturmessung benutzt

[QUELLE: IEC 60584-1:2013, Definition 2.3]

3.17

Thermoelektrischer Effekt

(en: thermoelectric effect)

Induktion einer elektromotorischen Kraft (EMK) verursacht durch verschiedene Metalle im Stromkreis des Thermometers und durch thermoelektrische Inhomogenität der inneren Leiter bei Bestehen eines Temperaturgradienten entlang der Leiter. Die induzierte elektromotorische Kraft wird an den Klemmen des Thermometers gemessen, während das Thermometer einer bestimmten Temperatur ausgesetzt ist.

[QUELLE: IEC 60761, Definition 3.12]

3.18

Tauchhülse

(en: thermo-well)

Schutzumhüllung für Temperatursensoren, Widerstandsthermometer und Thermoelemente. Die Tauchhülse wird auch verwendet, um den Austausch von Temperatursensoren zu erleichtern.

[QUELLE: IEC 62385, Definition 3.21]

3.19

Toleranz

(en: tolerance)

Anfängliche maximal zulässige Abweichung vom Zusammenhang Nenntemperatur/Widerstand, ausgedrückt als Temperatur in °C.

[QUELLE: IEC 60751, Definition 3.13]

3.20

Verifizierung der Kalibrierung

(en: verification (of calibration))

Gesamtheit von Tätigkeiten zur Überprüfung, ob unter festgelegten Bedingungen die Messanzeigen einer vorgegebenen Menge von bekannten Messgrößen innerhalb der Grenzen eines vorbestimmten Kalibrierdiagramms bleiben.

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Begriff ist beim „Unsicherheits“-Ansatz benutzt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die bekannte und für die Verifikation benutzte Unsicherheit der Messgröße ist meistens vernachlässigbar im Vergleich zur im Kalibrierungsdiagramm dem Instrument zugeordneten Unsicherheit.

[QUELLE: IEV 311-01-13]

4 Abkürzungen

englisch		deutsch	
DBE	Design Basis Event	AE	Auslegungsereignis
EMF	Electromotive Force	EMK	elektromotorische Kraft
EMI	Electromagnetic Interference		elektromagnetische Beeinflussung
HELB	High Energy (Steam) Line Break	HDLB	Hochdruck (Dampf) Leitungsbruch
MI	Mineral Insulated	MI	mineralisiert
M&TE	Measurement and Test Equipment	M&PE	Mess- und Prüfeinrichtung
NPP	Nuclear Power Plant	KKW	Kernkraftwerk
RTD	Resistance Temperature Detector or Resistance Thermometer Detector	WTF	Widerstandstemperturfühler oder Widerstandsthermometer
QA	Quality Assurance	QS	Qualitätssicherung
TC	Thermocouple	TE	Thermoelement
V&V	Verification and Validation	V&V	Verifizierung und Validierung

5 Technischer Hintergrund und Anforderungen

5.1 Allgemeines

Temperatursensoren können in Kernkraftwerken alterungsbedingt eine Verschlechterung erfahren. Temperatursensoren können Drift aufweisen, sie können alterungsbedingt beeinträchtigt sein und im Betrieb oder während eines Unfalls und nach Unfällen Fehlfunktionen aufweisen. Daher ist es erforderlich, Temperatursensoren zu überwachen, prüfen oder kalibrieren und kontrollieren, um die in der Planungsphase vorhergesagten Alterungsmechanismen zu beurteilen. Das kann bei der Ermittlung von im Betrieb auftretendem unerwartetem Verhalten oder von Verschlechterungen und bei der Bestimmung der benötigten Behebungsmaßnahmen hilfreich sein. IEC 62342 beschreibt den allgemeinen Aspekt des Alterungsmanagements von Instrumenten, darunter Temperatursensoren, während IEC 60737 und andere Normen in Abschnitt 2 die Eigenschaften und Prüfverfahren von Temperatursensoren behandeln. Der Zusammenhang mit anderen bestehenden IEC-Normen ist in Anhang B zusammengefasst.

5.2 Sensortypen und technische Anforderungen

5.2.1 Widerstandstemperaturfühler und Anforderungen

Ein Widerstandstemperaturfühler ist ein Temperatursensor, dessen Widerstand mit der Temperatur zunimmt. Ein Widerstandstemperaturfühler besteht aus einer Drahtspule oder einem abgeschiedenen Film aus reinem Metall. Widerstandstemperaturfühler können aus verschiedenen Metallen (Pt, Cu, Ni, usw.) hergestellt werden und haben unterschiedliche Widerstände. Der am häufigsten benutzte Widerstandstemperaturfühler ist Platin mit einem Nennwiderstand von 100 Ω oder 200 Ω bei 0 °C. Die Verwendung von nur einer Art von Widerstandstemperaturfühlern in kerntechnischen Anwendungen in wassergekühlten Reaktoren stellt eine bessere Messkonsistenz und einfachere Wartung sicher.

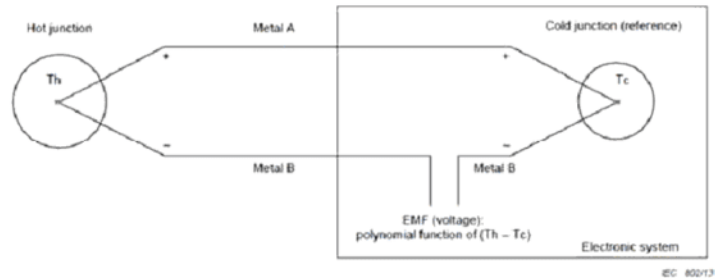
IEC 60737 beschreibt die Anforderungen an die Eigenschaften wie Leistung und Genauigkeit und die Prüfverfahren wie Eignungsprüfung und Stückprüfung bei kerntechnischen Anwendungen, d. h. In-Kern- und Primärkühlmittelkreisläufen von Temperatursensoren einschließlich Widerstandstemperaturfühlern, Thermoelementen und anderer Temperatursensoren.

IEC 60751 spezifiziert die Temperaturtoleranzen für jede Widerstandstemperaturfühler-Klasse, Temperatur-Widerstandsverhältnistabelle als Referenz-Kalibrierdiagramm, Verbindungsdrahtkonfiguration und Prüfverfahren sowie Annahmekriterien bei Baumusterprüfung, Stückprüfung und betrieblicher/vorbetrieblicher Prüfung.

Insbesondere IEC 62397 spezifiziert die Eignungsprüfung für Widerstandstemperaturfühler mit dem AE Unfallzustand und seinen Funktionen, einschließlich seismischer und rauer Umgebungsbedingungen bei einem HDLB-Ereignis. IEC 62397 beschreibt die Anforderungen an Widerstandstemperaturfühler bei kerntechnischen Anwendungen einschließlich Auslegung und Konstruktion, Leistung, Umweltqualifikation, Inspektion, Prüfung und Kalibrierung. Widerstandstemperaturfühler mit Direkteintauch- und Tauchhülsen-Einbautechnik sowie mineralisierte Kabel mit Steckern werden beschrieben. Die Details von elektrischen Anschlüssen, d. h. Typ I (mit Schraubklemmen) und Typ II (mit Schnellverschluss), werden auch erörtert. Anhang A fasst die Prüfaufgaben und Akzeptanzkriterien für Widerstandstemperaturfühler bei Baumusterprüfung, Stückprüfung und vorbetrieblicher/betrieblicher Prüfung zusammen.

5.2.2 Thermoelement und Anforderungen

Thermoelemente sind temperaturempfindliche Elemente, die eine Temperaturdifferenz in elektrische Spannung umwandeln. Das Prinzip besteht darin, eine EMK-Spannung zwischen zwei unterschiedlichen Leitern zu messen. Zwischen Metall A und Metall B in Bild 1 besteht ein Kontaktpotential, und dieses Kontaktpotential ändert sich mit der Temperaturänderung. Die kalte Verbindung (T_c) wird bei einer Referenztemperatur gehalten. Die heiße Verbindung (T_h) ist mit einer Sonde zum Prozess verbunden, wo gemessen wird, siehe Bild 1. Siehe IEC 62651 für weitere Einzelheiten.



Hot junction	heiße Verbindung
Cold junction (reference)	kalte Verbindung (Referenz)
Metal A	Metall A
Metal B (2 x)	Metall B (2 x)
Th	Th
Tc	Tc
EMF (voltage) polynomial function of (Th – Tc)	EMK (Spannung) Polynomfunktion von (Th – Tc)
Electronic system	Elektronisches System

Bild 1 – Schematische Darstellung eines Thermoelements (von IEC 62651)

IEC 60737 beschreibt die Anforderungen an Temperatursensoren einschließlich Widerstandstemperturfüh-
lern, Thermoelementen und anderer Temperatursensoren. IEC 60584-1:2013, die IEC 60584-2:1982 ersetzt,
behandelt EMK-Spezifikationen und Toleranzen der Thermoelemente für Typ R, S, B, J, T, E, K, N und A. Die
Norm gibt die Toleranzen und Identifizierung der Verlängerungs- und Ausgleichskabel für Thermoelement-
Toleranz- und Identifikationssysteme an. IEC 61515 behandelt isolierte Thermoelement-Kabel und Thermo-
elemente. IEC 62460 spezifiziert die Temperatur – elektromotorische Kraft (EMK) Tabellen von Thermo-
elementen für Thermoelement-Kombinationen aus reinen Elementen. IEC 62651 legt die Eigenschaften und
Prüfverfahren für Thermoelemente bei kerntechnischen Anwendungen fest.

Tabelle 1 – Temperaturmessbereich und Genauigkeit der typischen Temperatursensoren

	Widerstandstemperturfühler	Thermoelemente (nur N und K Typen)
Messbereich	bis 350 °C (Klasse AA) bis 450 °C (Klasse A) bis 660 °C (Klasse B) bis 660 °C (Klasse C)	K, N Typen: –40 °C bis 1 000 °C (Klasse 1) –40 °C bis 1 200 °C (Klasse 2) –200 °C bis 40 °C (Klasse 3)
Genauigkeit (Toleranzklasse)	0,10 + 0,001 7 t (Klasse AA) 0,15 + 0,002 0 t (Klasse A) 0,30 + 0,005 0 t (Klasse B) 0,60 + 0,010 0 t (Klasse C) (ANMERKUNG 1)	0,5 oder 0,004 × t (Klasse 1) 1,0 oder 0,007 5 × t (Klasse 2) 1,0 oder 0,015 × t (Klasse 3) (ANMERKUNG 2)
ANMERKUNG 1 Toleranzklassen sind in IEC 60751 für Widerstandstemperturfühler klassifiziert		
ANMERKUNG 2 Toleranzklassen sind in IEC 60584-1 für Widerstandstemperturfühler klassifiziert		

Die Auswahl von Widerstandstemperturfüh-
lern oder Thermoelementen bei kerntechnischen Anwendungen
hängt von spezifischen Eigenschaften wie Genauigkeit (Drift, Wiederholbarkeit und Linearität) oder
Ansprechzeit ab. Thermoelemente verfügen über eine robuste mechanische Konstruktion mit Mineralisolator
und Metallmantel im Hochtemperaturbereich, wie beispielsweise Kraftstoffkanal-Austrittstempertur, und so
gut wie keine Selbsterwärmungsprobleme, obwohl er eine Kaltstellenkompensation sowie spezifische Ver-
kabelung für Erweiterung und Kompensation braucht. Die Metallstruktur und der Mineralschutz der Ther-

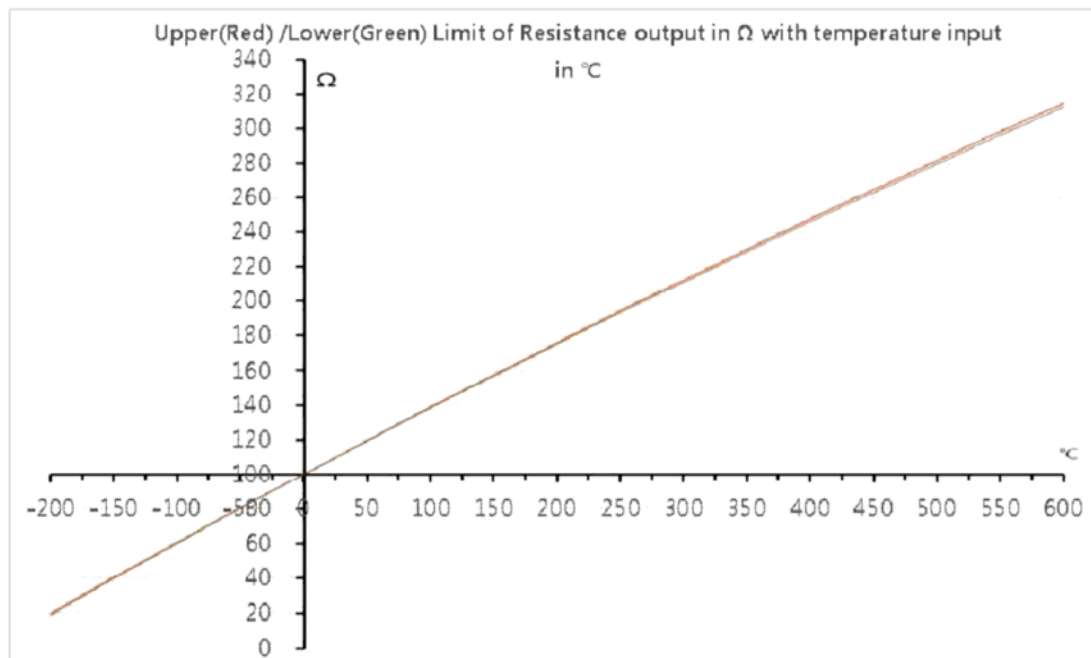
Thermoelemente sind robuster gegenüber hohen Temperaturen und hoher Strahlungsdosisraten als die der Widerstandstemperturfühler. Widerstandstemperturfühler haben eine größere Genauigkeit und keine Kompensationsprobleme, obwohl er gegen Erschütterungen anfällig ist. Die Ansprechzeit hängt von der thermischen Trägheit der Materialien ab. Daher haben Thermoelemente generell eine kleinere Dimension mit kurzer Ansprechzeit wegen der Wärmeleitungsverzögerung in Widerstandstemperturfühlern mit großer Masse.

5.3 Genauigkeit der Temperatursensoren und Toleranzklassen von Widerstandstemperturfühlern und Thermoelementen

Toleranzklassen für Widerstandsthermometer sind in der IEC 60751 für Thermoelemente mit Bezug zu IEC 60584-1 und IEC 60584-3 klassifiziert. Bei der Kalibriertoleranz für Temperatursensoren sollen die Anforderungen der Tabelle 1 berücksichtigt werden. In Bereichen mit hohem Neutronenfluss werden K-Typ (T_h : Nickel – Chrom / T_c : Nickel – Aluminium) und N-Typ (T_h : Nickel – Chrom – Silizium / T_c : Nickel – Silizium) Thermoelemente in Kernkraftwerken eingesetzt. Siehe IEC 62651 für jede Metalllegierung und spezifische Kernanwendung. Der Ausgangswiderstand des Widerstandstemperturfühlers in Ohm in Abhängigkeit von der Eingangstemperatur in Grad Celsius, °C, ist keine lineare Funktion, wie in 4.1 der IEC 60751 angegeben ist. Über 0 °C wird die quadratische Gleichung (1) mit 0 °C Widerstand im ersten Term, einer positiven Steigung A im zweiten Term und einer negativen quadratischen Konstante B im dritten Term verwendet. Bild 2 zeigt eine typische Widerstandstemperturfühler-Kurve, die die obere Widerstandsgrenze und die untere Widerstandsgrenze veranschaulicht. Sie zeigt einen nach oben konvexen Trend aufgrund des negativen Vorzeichens von Konstante B.

$$R_t = R_0 (1 + At + B t^2) \quad (1)$$

wo R_t der Widerstand bei Temperatur t ist; R_0 der Widerstand bei $t = 0$ °C ist. Die Konstanten in dieser Gleichung sind: $A = 3,9083 \times 10^{-3} \text{ °C}^{-1}$, $B = -5,775 \times 10^{-7} \text{ °C}^{-2}$.



Upper (Red)/Lower (Green) Limit of Resistance output in Ω with temperature input in $^{\circ}\text{C}$

Obere (rot)/untere (grün) Grenze des Widerstandsoutputs in Ω mit Temperatureingang in $^{\circ}\text{C}$

Bild 2 – Widerstands Ausgangssignal von Widerstandstemperturfühlern mit Temperatureingang: Toleranzklasse B

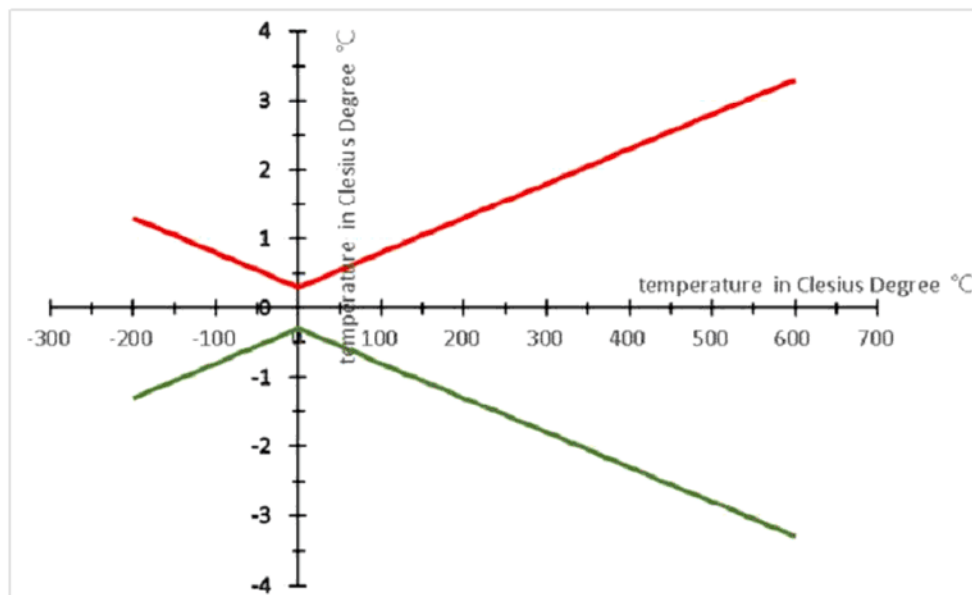
Die Genauigkeit eines Widerstandstemperturfühlers oder Thermoelements kann spezifiziert werden wie in Tabelle 1 dargestellt. Der Unterschied zu anderen Sensoren ist ein Verfahren zur Anpassung des Temperatursensors. Das Ausgangssignal des Temperatursensors kann im Signalverarbeitungsteil eingestellt werden, der Sensor selbst ist jedoch eine passive Komponente, die nicht justiert werden kann. In den meisten kern-

technischen Anwendungen von Widerstandstemperaturfühlern soll der Hersteller das Kalibrierdiagramm für jeden Widerstandstemperaturfühler liefern, um einen Referenzwert für die Kalibrierung bereit zu stellen. Siehe Tabelle 3 vom IEC 60751 für weitere Einzelheiten. Zum Beispiel kann die Referenzgenauigkeit für Widerstandstemperaturfühler durch eine Funktion der Temperatur dargestellt werden, die in den folgenden Toleranzklassen und Temperaturbereichen spezifiziert ist.

- AA: Toleranz, $\pm (0,1 + 0,0017 |t|)$, Temperaturbereich, Maximum 350 °C,
- A: Toleranz, $\pm (0,15 + 0,002 |t|)$, Temperaturbereich, Maximum 450 °C,
- B: Toleranz, $\pm (0,30 + 0,005 |t|)$, Temperaturbereich, Maximum 660 °C,
- C: Toleranz, $\pm (0,60 + 0,010 |t|)$, Temperaturbereich, Maximum 660 °C.

wo $|t|$ = Temperatur der Messstelle in °C ohne Rücksicht auf das Vorzeichen.

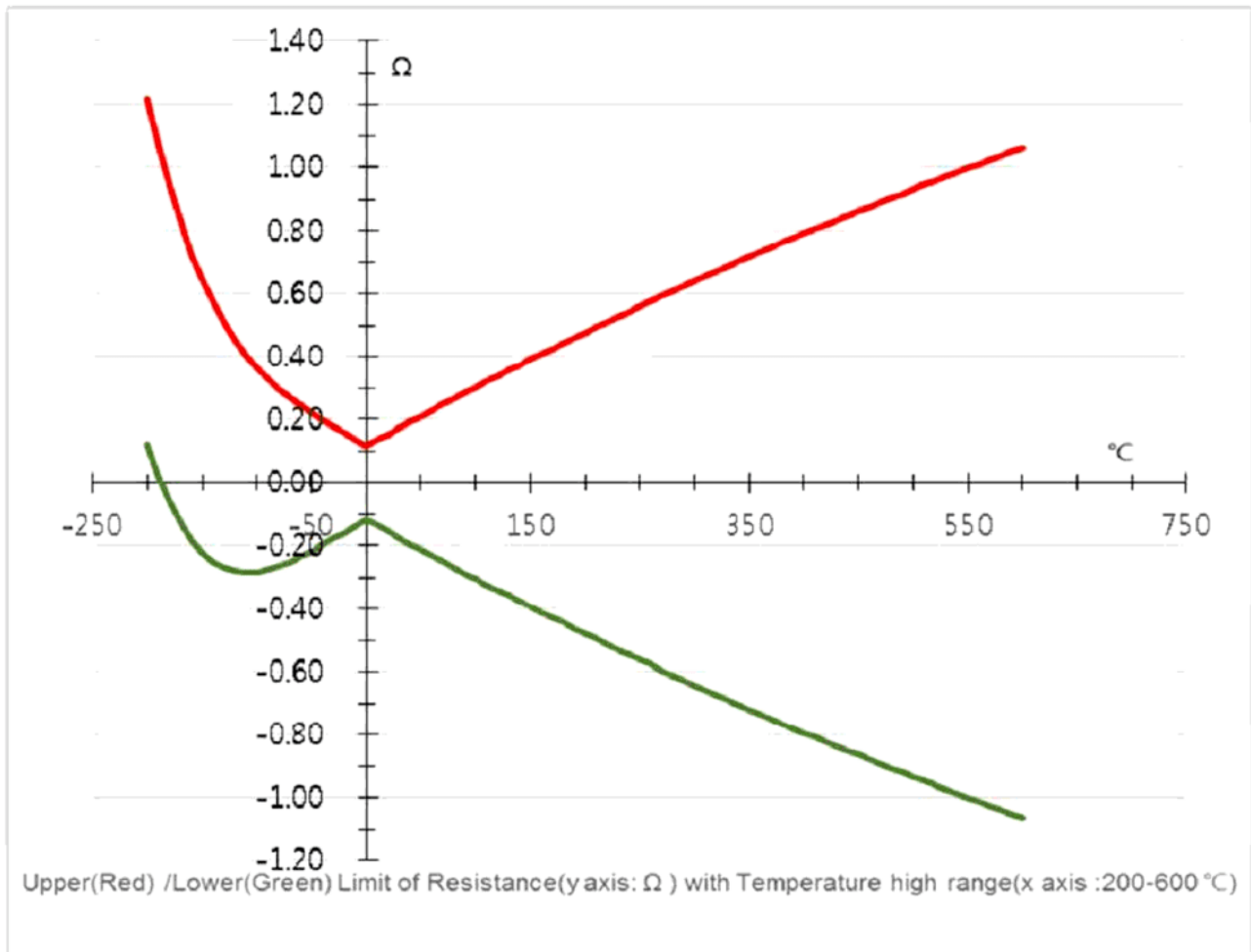
Die Unsicherheit der Widerstandstemperaturfühler ist eine Funktion der Temperatur, während die Unsicherheit anderer Sensoren ein Bruchteil der feststehenden Messspanne ist. Für kerntechnische Anwendungen könnte Klasse B die Toleranzklasse für Temperaturen bis 600 °C darstellen. Bild 2 zeigt ein Beispiel für die Temperaturtoleranz der Klasse B mit der Unsicherheit der Temperatur von Widerstandstemperaturfühlern. Bild 3 zeigt die Grenzen des Widerstandstemperaturfühler-Ausgangswiderstandes der Temperaturtoleranzklasse B im Temperaturbereich von –200 °C bis 600 °C. Unter 0 °C ist ein t_3 -Term mit konstantem Koeffizienten ($-4,183 \times 10^{-12}$ °C⁻³) zur Gleichung (1) hinzugefügt, so dass die Toleranz des Ausgangswiderstandes kleiner ist als die über 0 °C; siehe Bild 3.



temperature in Celsius Degree °C

Temperatur in Grad Celsius °C

Bild 3 – Unsicherheit der Temperatur beim Widerstandstemperaturfühler, Toleranzklasse B



Upper (Red)/Lower (Green) Limit of Resistance (y axis: Ω) with Temperature high range (x axis: 200-600 °C)

Obere (rot)/untere (grün) Grenze des Widerstands (y-Achse: Ω) mit hohem Temperaturbereich (x-Achse: 200-600 °C)

Bild 4 – Unsicherheit des Widerstandes beim Widerstandstemperturfühler, Toleranzklasse B

Die Werte des Ausgangswiderstandes mit Temperaturtoleranz sind in Tabelle 2 berechnet. Das Temperatur-Widerstandsverhältnis ist in den Bildern 1 bis 3 wie folgt dargestellt.

- Die Unsicherheit des Widerstandes; obere R-Grenze und untere R-Grenze im Bild 2,
- Die Unsicherheit der Temperatur; positiver T-Fehler und negativer T-Fehler im Bild 3, und
- Die Differenz Temperatur-Widerstand; obere/untere R-Differenz im Bild 4.

Tabelle 2 – Unsicherheiten beim Widerstandstemperturfühler, Toleranzklasse B (1 von 2)

Temperatur (T)	Positiver T-Fehler	Negativer T-Fehler	Untere Temp	Obere Temp	Widerstand Ω	Obere R-Grenze	Untere R-Grenze	Obere R-Differenz	Untere R-Differenz
-200,00	1,30	-1,30	-198,70	-201,30	18,52	19,74	18,64	1,22	0,12
-150,00	1,05	-1,05	-148,95	-151,05	39,72	40,37	39,50	0,64	-0,22
-100,00	0,80	-0,80	-99,20	-100,80	60,26	60,62	59,97	0,37	-0,28
-50,00	0,55	-0,55	-49,45	-50,55	80,31	80,53	80,09	0,22	-0,22
0,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	100,00	100,12	99,88	0,12	-0,12
50,00	0,55	-0,55	50,55	49,45	119,40	119,61	119,19	0,21	-0,21