

DIN EN 60584-1

ICS 17.200.20

Ersatz für
DIN EN 60584-1:1996-10,
DIN EN 60584-1
Berichtigung 1:1998-06 und
DIN EN 60584-2:1994-10
Siehe Anwendungsbeginn

**Thermoelemente –
Teil 1: Thermospannungen und Grenزابweichungen
(IEC 60584-1:2013);
Deutsche Fassung EN 60584-1:2013**

Thermocouples –
Part 1: EMF specifications and tolerances
(IEC 60584-1:2013);
German version EN 60584-1:2013

Couples thermoélectriques –
Partie 1: Spécifications et tolérances en matière de FEM
(CEI 60584-1:2013);
Version allemande EN 60584-1:2013

Gesamtumfang 65 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2013-10-02 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2014-07-01.

Für DIN EN 60584-1:1996-10, DIN EN 60584-1 Berichtigung 1:1998-06 und DIN EN 60584-2:1994-10 besteht eine Übergangsfrist bis 2016-10-02.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 60584-1:2010-04.

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

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom SC 65B „Measurement and control devices“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem Datum (stability date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu dieser Publikation angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnietsnummer, 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 60584-1:1996-10, DIN EN 60584-1 Berichtigung 1:1998-06 und DIN EN 60584-2:1994-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) In dieser neuen Ausgabe der Norm werden zwei Typen von Wolfram-Rhenium Thermoelementen mit den Kennbuchstaben A und C festgelegt und beschrieben. Beide werden schon längere Zeit industriell eingesetzt. Die angegebenen Beziehungen zwischen EMF und der Temperatur für diese Typen entsprechen den in den nationalen Normen GOST R 8.585:2001 (Typ A) und ASTM E 230:2003 (Typ C) aufgeführten Werten;
- b) durch die vorliegende Neufassung werden die bisherigen zwei Teile der ursprünglichen Reihe IEC 60584 (Teil 1 „Grundwerte der Thermospannungen“ und Teil 2 „Grenzabweichungen der Thermospannungen“) zusammengefasst und nach Erscheinen dieser Norm ersetzt. Der Teil 3 „Thermoleitungen und Ausgleichsleitungen – Grenzabweichungen und Kennzeichnungssystem“ ist nicht berührt;
- c) diese Norm basiert explizit auf den Polynomen, die die thermische EMF als Funktion der Temperatur beschreiben. Die mit den Polynomen berechneten Tabellen sind im Anhang A aufgeführt;
- d) die inversen Polynome zur Berechnung der Temperatur als Funktion der EMF sind im Anhang B enthalten. Tabellen dazu werden nicht angegeben;
- e) der Gültigkeitsbereich des Polynoms für die EMF des Thermoelements Typ K ist auf 1 300 °C begrenzt;
- f) Werte für die Seebeck Koeffizienten sind in Intervallen von 10 K angegeben;

- g) thermische EMF und Seebeck Koeffizient werden an den Fixpunkten der ITS-90 angegeben;
- h) Empfehlungen und Richtlinien für den Einsatz jedes Thermoelementtyps in Bezug auf die obere Grenze der Einsatztemperatur und die Umgebungsbedingungen sind in Anhang C enthalten.

Frühere Ausgaben

DIN EN 60584-2: 1994-10

DIN EN 60584-1: 1996-10

DIN EN 60584-1 Berichtigung 1: 1998-06

– Leerseite –

Thermoelemente –
Teil 1: Thermospannungen und Grenزابweichungen
(IEC 60584-1:2013)

Thermocouples –
Part 1: EMF specifications and tolerances
(IEC 60584-1:2013)

Couples thermoélectriques –
Partie 1: Spécifications et tolérances en matière
de FEM
(CEI 60584-1:2013)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2013-10-02 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC Management Centre oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2013 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 60584-1:2013 D

Vorwort

Der Text des Dokuments 65B/873/FDIS, zukünftige 3. Ausgabe der IEC 60584-1, erarbeitet vom SC 65B „Measurement and control devices“ des IEC/TC 65 „Industrial-process measurement, control and automation“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 60584-1:2013 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2014-07-02
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2016-10-02

Dieses Dokument ersetzt EN 60584-1:1995 und EN 60584-2:1993.

EN 60584-1:2013 enthält die folgenden wesentlichen technischen Änderungen gegenüber EN 60584-1:1995 und EN 60584-2:1993:

- a) EN 60584-1:1995 und EN 60584-2:1993 wurden zu einer einzigen Norm fusioniert;
- b) diese Norm basiert nun explizit auf den Polynomen, die die thermische EMF als Funktion der Temperatur beschreiben. Die mit diesen Polynomen berechneten Tabellen sind in Anhang A aufgeführt;
- c) die inversen Polynome zur Berechnung der Temperatur als Funktion der EMF sind im Anhang B enthalten. Tabellen dazu werden aber nicht angegeben;
- d) der Gültigkeitsbereich des Polynoms für die EMF des Thermoelements Typ K ist auf 1 300 °C begrenzt;
- e) Werte für die Seebeck Koeffizienten sind in Intervallen von 10 K angegeben;
- f) thermische EMF Daten und Seebeck Koeffizient werden an den Fixpunkten der ITS-90 angegeben;
- g) Empfehlungen und Richtlinien für den Einsatz jedes Thermoelementtyps in Bezug auf die obere Grenze der Einsatztemperatur und die Umgebungsbedingungen sind in Anhang C enthalten.

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

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60584-1:2013 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC 60584-1:1995	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60584-1:1995 (nicht modifiziert).
IEC 60584-2:1982	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60584-2:1993 (nicht modifiziert).
IEC 60584-3:2007	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60584-3:2008 (nicht modifiziert).
IEC 61515	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61515.

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Begriffe	6
3 Zuordnung der Thermoelemente	7
4 Referenzfunktion EMF – Temperatur	8
5 Grenزابweichungen der Thermoelemente	14
6 Thermische EMF an den definierten Fixpunkten der ITS-90 Skala	15
Anhang A (informativ) Tabellen der EMF als Funktion der Temperatur	16
Anhang B (informativ) Inverse Polynomfunktionen	52
Anhang C (informativ) Leitfaden zur Auswahl von Thermoelementen	57
Literaturhinweise	61

Tabellen

Tabelle 1 – Thermoelementtypen	7
Tabelle 2 – Typ R Referenzfunktion	9
Tabelle 3 – Typ S Referenzfunktion	9
Tabelle 4 – Typ B Referenzfunktion	10
Tabelle 5 – Typ J Referenzfunktion	10
Tabelle 6 – Typ T Referenzfunktion	11
Tabelle 7 – Typ E Referenzfunktion	11
Tabelle 8 – Typ K Referenzfunktion	12
Tabelle 9 – Typ N Referenzfunktion	12
Tabelle 10 – Typ C Referenzfunktion	13
Tabelle 11 – Typ A Referenzfunktion	13
Tabelle 12 – Grenزابweichungen der Thermoelemente	14
Tabelle 13 – EMF und Seebeck Koeffizienten der Thermoelemente an den Fixpunkten der ITS-90 Skala	15
Tabelle A.1 – Typ R: Platin – 13 % Rhodium / Platin (1 von 4)	16
Tabelle A.2 – Typ S: Platin – 10 % Rhodium / Platin (1 von 4)	20
Tabelle A.3 – Typ B: Platin – 30 % Rhodium / Platin – 6 % Rhodium (1 von 4)	24
Tabelle A.4 – Typ J: Eisen / Kupfer-Nickel (1 von 3)	28
Tabelle A.5 – Typ T: Kupfer / Kupfer-Nickel (1 von 2)	31
Tabelle A.6 – Typ E: Nickel-Chrom / Kupfer-Nickel (1 von 3)	33
Tabelle A.7 – Typ K: Nickel-Chrom / Nickel-Aluminium (1 von 3)	36
Tabelle A.8 – Typ N: Nickel-Chrom-Silizium / Nickel-Silizium (1 von 3)	39
Tabelle A.9 – Typ C: Wolfram – 5 % Rhenium / Wolfram – 26 % Rhenium (1 von 5)	42
Tabelle A.10 – Typ A: Wolfram – 5 % Rhenium / Wolfram – 20 % Rhenium (1 von 5)	47

	Seite
Tabelle B.1 – Typ R: Koeffizienten für inverse Funktion	52
Tabelle B.2 – Typ S: Koeffizienten für inverse Funktion.....	53
Tabelle B.3 – Typ B: Koeffizienten für inverse Funktion.....	53
Tabelle B.4 – Typ J: Koeffizienten für inverse Funktion	54
Tabelle B.5 – Typ T: Koeffizienten für inverse Funktion.....	54
Tabelle B.6 – Typ E: Koeffizienten für inverse Funktion.....	54
Tabelle B.7 – Typ K: Koeffizienten für inverse Funktion.....	55
Tabelle B.8 – Typ N: Koeffizienten für inverse Funktion	55
Tabelle B.9 – Typ C: Koeffizienten für inverse Funktion	55
Tabelle B.10 – Typ A: Koeffizienten für inverse Funktion.....	56
Tabelle C.1 – Empfohlene obere Einsatztemperatur für Thermoelemente $t_{\max}/^{\circ}\text{C}$	58
Tabelle C.2 – Umgebungsbedingte Empfehlungen und Einschränkungen für Thermoelemente	59
Tabelle C.3 – Auswirkungen von Neutronenstrahlung	60

Einleitung

Diese Internationale Norm stellt den Zusammenhang zwischen der erzeugten Thermospannung (nachfolgend als EMF - en: electromotive force - abgekürzt) und der Temperatur bei designierten Thermoelementtypen her, basierend auf der „International Temperature Scale of 1990“ (ITS-90).

Die Referenzpolynome für die Typen R, S, B, J, T, E, K und N sind mit denen in der vorherigen Ausgabe dieser Norm, IEC 60584-1:1995¹⁾, identisch. Sie wurden ursprünglich vom „National Institute of Standards and Technology“ (NIST) vorgeschlagen und im NIST Monograph 175:1993 veröffentlicht.

Die wesentliche Änderung in dieser neuen Ausgabe der Norm ist die Normierung zweier Typen von Wolfram-Rhenium Thermoelementen mit den Kennbuchstaben A und C. Beide werden schon längere Zeit industriell eingesetzt. Die angegebenen Beziehungen zwischen der EMF und der Temperatur für diese Typen entsprechen den in den nationalen Normen GOST R 8.585-2001 (Typ A) und ASTM E 230-M12 (Typ C) aufgeführten Werten.

Durch die vorliegende Neufassung werden zwei Teile der ursprünglichen Normenreihe IEC 60584 zusammengefasst und nach Erscheinen der Norm ersetzt: IEC 60584-1:1995 (Teil 1 „Grundwerte der Thermospannungen“) und IEC 60584-2:1982 (Teil 2 „Grenzabweichungen der Thermospannungen“). IEC 60584-3:2007 (Teil 3 „Thermoleitungen und Ausgleichsleitungen – Grenzabweichungen und Kennzeichnungssystem“) ist von dieser Überarbeitung nicht betroffen.

¹⁾ Siehe Literaturhinweise.

1 Anwendungsbereich

Der hier vorliegende Teil 1 der Internationalen Normenreihe IEC 60584 spezifiziert die Referenzfunktionen und Grenzabweichungen für Thermoelemente mit Kennbuchstaben (Typen R, S, B, J, T, E, K, N, C und A). Die entsprechenden Temperaturen sind in Grad Celsius ($^{\circ}\text{C}$) angegeben, basierend auf der „International Temperature Scale of 1990“, ITS-90 (Symbol t_{90}), die Thermospannung ist in Mikrovolt (Symbol E) angegeben.

Die Referenzfunktionen sind Polynome höherer Ordnung, die die EMF in $E/\mu\text{V}$ als Funktion der Temperatur $t_{90}/^{\circ}\text{C}$ mit einer Vergleichsstellentemperatur von 0°C angeben. Die Werte der EMF sind in Intervallen von 1 K als Tabellen in Anhang A enthalten.

Zur anwenderfreundlichen Berechnung der Temperaturen werden die inversen Polynome (Temperatur als Funktion der EMF) mit den zugehörigen Unsicherheiten in Anhang B angegeben.

In dieser Internationalen Norm werden die Grenzabweichungen für Thermoelemente spezifiziert, die gemäß dieser Norm hergestellt wurden. Die Werte der Grenzabweichungen sind für Thermoelemente aus Draht angegeben, die üblicherweise mit Durchmessern im Bereich von 0,13 mm bis 3,2 mm hergestellt werden, wie an den Anwender geliefert und ohne Berücksichtigung einer Verschiebung der Kalibrierung während der Anwendung.

Der informative Anhang C enthält Leitlinien für die Auswahl von Thermoelementen in Bezug auf die Gebrauchstemperatur und die Betriebsbedingungen.

2 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

2.1 thermoelektrischer Effekt, Seebeck Effekt

Erzeugung einer Thermospannung (EMF) auf Grund eines Temperaturgradienten entlang eines metallischen Leiters

2.2 Seebeck Koeffizient eines Thermoelements

spezifische Änderung der EMF eines Thermoelements je Änderung um eine Temperatureinheit, die die erste Ableitung der EMF in Bezug zur Temperatur ist –, in ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Seebeck Koeffizient dE/dt_{90} wird ausgedrückt in $\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.

2.3 Thermoelement

Paar metallischer Leiter aus unterschiedlichem Material, die an einem Ende verbunden und somit Teil einer Anordnung sind, die auf Grund des thermoelektrischen Effekts zur Temperaturmessung geeignet sind

2.4 Messstelle

Verbindungsstelle eines Thermoelements, die der zu messenden Temperatur ausgesetzt ist

2.5 Vergleichsstelle

Verbindungsstelle eines Thermoelements bei einer bekannten (Referenz-)Temperatur

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die in diesem Dokument angegebenen EMF-Werte ist die Vergleichs-(Referenz-)stellentemperatur 0°C .

2.6

Grenzabweichung

höchste erlaubte Abweichung der thermischen EMF von der in dieser Norm angegebenen Grundwertreihe

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird als das Temperaturäquivalent in °C angegeben.

3 Zuordnung der Thermoelemente

Wird ein Thermoelement durch die Angabe seiner Leitermaterialien identifiziert, ist der positive Leiter zuerst anzugeben, also in der Form: positiver Leiter / negativer Leiter.

Der positive Schenkel ist der Leiter, der ein positives elektrisches Potential gegenüber dem anderen Leiter aufweist, wenn die leitfähige Verbindungsstelle (Messstelle) sich auf einer höheren Temperatur befindet als die Vergleichsstelle.

Tabelle 1 gibt diejenigen Thermoelementtypen an, für die EMFs in dieser Norm spezifiziert sind. Jedem Kennbuchstaben in der Tabelle ist eine EMF-zu-Temperatur Referenzfunktion gemäß den Tabellen 2 bis 11 zugeordnet. Der Kennbuchstabe gilt für jedes Thermoelement, das der entsprechenden Funktion innerhalb der angegebenen Grenzabweichungen gemäß Abschnitt 5 entspricht, unabhängig von der genauen chemischen Zusammensetzung.

Die Übereinstimmung der Zusammensetzung der Legierung mit den hier angegebenen Spezifikationen garantiert nicht die Übereinstimmung mit der EMF-Temperatur Beziehung in dieser Norm.

Tabelle 1 – Thermoelementtypen

Kennbuchstabe	Thermoelement und nominelle Zusammensetzung in Gewichtsprozent	
	Positiver Leiter	Negativer Leiter
R	Platin – 13 % Rhodium (Pt13Rh)	Platin (Pt)
S	Platin – 10 % Rhodium (Pt10Rh)	Platin (Pt)
B	Platin – 30 % Rhodium (Pt30Rh)	Platin – 6 % Rhodium (Pt6Rh)
J	Eisen (Fe)	Kupfer-Nickel (CuNi)
T	Kupfer (Cu)	Kupfer-Nickel (CuNi)
E	Nickel-Chrom (NiCr)	Kupfer-Nickel (CuNi)
K	Nickel-Chrom (NiCr)	Nickel (Ni)
N	Nickel-Chrom-Silizium (NiCrSi)	Nickel-Silizium (NiSi)
C	Wolfram – 5 % Rhenium (W5Re)	Wolfram – 26 % Rhenium (W26Re)
A	Wolfram – 5 % Rhenium (W5Re)	Wolfram – 20 % Rhenium (W20Re)

ANMERKUNGEN

- Es werden keine Legierungszusammensetzungen für die Nicht-Edelmetall Thermoelemente außer für den Typ N eingeführt. Es soll daher angemerkt werden, dass die Feinzusammensetzung der Legierungen nicht so kritisch ist wie die Zuordnung der positiven und negativen Einzeleiter zum Thermoelement. Insbesondere ist der negative Schenkel eines Typ J Thermoelements nicht mit dem des Typs T austauschbar. Entsprechend sind die positiven Leiter der Typen A und C nicht notwendigerweise austauschbar.
- Für Typ N Thermoelemente werden die folgenden Legierungen (in Gewichtsprozent) empfohlen, um die vorgeschriebenen Spezifikationen sowie eine gute Stabilität und Oxidationsbeständigkeit zu gewährleisten.

Der positive Leiter (NiCrSi genannt) besteht aus: 13,7 % bis 14,7 % Cr, 1,2 % bis 1,6 % Si, < 0,15 % Fe, < 0,05 % C und < 0,2 % Mg, der Rest ist Ni.

Der negative Leiter (NiSi genannt) besteht aus weniger als 0,02 % Cr, 4,2 % bis 4,6 % Si, weniger als 0,15 % Fe, weniger als 0,05 % C 0,05 % bis 0,2 % Mg, der Rest ist Ni.

4 Referenzfunktion EMF – Temperatur

Das Verhältnis der Temperatur zur Thermospannung in dieser Norm wird durch eine Referenzfunktion mit der EMF, $E/\mu\text{V}$, als Funktion der Temperatur, $t_{90}/^\circ\text{C}$, beschrieben mit einer Vergleichsstellentemperatur von 0°C .

Die Referenzfunktion hat für jeden Thermoelementtyp eine polynomiale Form, außer für Typ K im Bereich 0°C bis $1\,300^\circ\text{C}$, und ist in ihrer mathematischen Form wie folgt gegeben:

$$E = \sum_{i=0}^n a_i \cdot (t_{90})^i \quad (1)$$

Dabei ist

- E die Thermospannung (EMF) in Mikrovolt (μV);
- t_{90} die Temperatur gemäß der ITS-90 Skala, in Grad Celsius ($^\circ\text{C}$);
- a_i der i -te Koeffizient des Polynoms;
- n die Ordnung des Polynoms.

Die Werte von a_i und n hängen vom Thermoelementtyp und Temperaturbereich ab. Diese sind für jeden Thermoelementtyp in den Tabellen 2 bis 11 angegeben.

Für den Thermoelementtyp K im Temperaturbereich 0°C bis $1\,300^\circ\text{C}$ ist die Referenzfunktion durch folgende Gleichung definiert:

$$E = \sum_{i=0}^n a_i \times (t_{90})^i + c_0 \times \exp\left[c_1(t_{90} - 126,968\,6)^2\right] \quad (2)$$

Dabei ist

- E die Thermospannung (EMF) in Mikrovolt (μV);
- t_{90} die Temperatur gemäß ITS-90 Skala, in Grad Celsius ($^\circ\text{C}$);
- a_i der i -te Koeffizient des Polynoms;
- n die Ordnung des Polynoms;
- c_0, c_1 die jeweilige Konstante gemäß Tabelle 8 dieser Norm.

Die Werte der EMF sind als Tabellen mit einer Schrittweite von 1 K im normativen Anhang A enthalten.

Der informative Anhang B enthält die inversen Funktionen (Temperatur zu EMF) innerhalb der angegebenen Unsicherheiten.

ANMERKUNG 1 In Abhängigkeit von der verfügbaren Rechenleistung können Rundungsfehler bei der Berechnung dieser Polynome auftreten. Dieses kann durch Anwendung der Methode der „verschachtelten Multiplikation“ weitgehend vermieden werden. Diese Methode hat folgende mathematische Form:

$$E = ((\dots((a_n \cdot t_{90} + a_{(n-1)}) \cdot t_{90} + a_{(n-2)}) \cdot t_{90} + \dots + a_1) \cdot t_{90} + a_0$$

Tabelle 2 – Typ R Referenzfunktion

Polynom Koeffizient	Temperaturbereich		
	–50 °C bis 1 064,18 °C (<i>n</i> = 9)	1 064,18 °C bis 1 664,5 °C (<i>n</i> = 5)	1 664,5 °C bis 1 768,1 °C (<i>n</i> = 4)
a_0	$0,000\,000\,000\,00 \times 10^0$	$2,951\,579\,253\,16 \times 10^3$	$1,522\,321\,182\,09 \times 10^5$
a_1	$5,289\,617\,297\,65 \times 10^0$	$-2,520\,612\,513\,32 \times 10^0$	$-2,688\,198\,885\,45 \times 10^2$
a_2	$1,391\,665\,897\,82 \times 10^{-2}$	$1,595\,645\,018\,65 \times 10^{-6}$	$1,712\,802\,804\,71 \times 10^{-1}$
a_3	$-2,388\,556\,930\,17 \times 10^{-5}$	$-7,640\,859\,475\,76 \times 10^{-6}$	$-3,458\,957\,064\,53 \times 10^{-5}$
a_4	$3,569\,160\,010\,63 \times 10^{-8}$	$2,053\,052\,910\,24 \times 10^{-9}$	$-9,346\,339\,710\,46 \times 10^{-12}$
a_5	$-4,623\,476\,662\,98 \times 10^{-11}$	$-2,933\,596\,681\,73 \times 10^{-13}$	–
a_6	$5,007\,774\,410\,34 \times 10^{-14}$	–	–
a_7	$-3,731\,058\,861\,91 \times 10^{-17}$	–	–
a_8	$1,577\,164\,823\,67 \times 10^{-20}$	–	–
a_9	$-2,810\,386\,252\,51 \times 10^{-24}$	–	–

Tabelle 3 – Typ S Referenzfunktion

Polynom Koeffizient	Temperaturbereich		
	–50 °C bis 1 064,18 °C (<i>n</i> = 8)	1 064,18 °C bis 1 664,5 °C (<i>n</i> = 4)	1 664,5 °C bis 1 768,1 °C (<i>n</i> = 4)
a_0	$0,000\,000\,000\,00 \times 10^0$	$1,329\,004\,440\,85 \times 10^3$	$1,466\,282\,326\,36 \times 10^5$
a_1	$5,403\,133\,086\,31 \times 10^0$	$3,345\,093\,113\,44 \times 10^0$	$-2,584\,305\,167\,52 \times 10^2$
a_2	$1,259\,342\,897\,40 \times 10^{-2}$	$6,548\,051\,928\,18 \times 10^{-3}$	$1,636\,935\,746\,41 \times 10^{-1}$
a_3	$-2,324\,779\,686\,89 \times 10^{-5}$	$-1,648\,562\,592\,09 \times 10^{-6}$	$-3,304\,390\,469\,87 \times 10^{-5}$
a_4	$3,220\,288\,230\,36 \times 10^{-8}$	$1,299\,896\,051\,74 \times 10^{-11}$	$-9,432\,236\,906\,12 \times 10^{-12}$
a_5	$-3,314\,651\,963\,89 \times 10^{-11}$	–	–
a_6	$2,557\,442\,517\,86 \times 10^{-14}$	–	–
a_7	$-1,250\,688\,713\,93 \times 10^{-17}$	–	–
a_8	$2,714\,431\,761\,45 \times 10^{-21}$	–	–

Tabelle 4 – Typ B Referenzfunktion

Polynom Koeffizient	Temperaturbereich	
	0 °C bis 630,615 °C ($n = 6$)	630,615 °C bis 1 820 °C ($n = 8$)
a_0	$0,000\ 000\ 000\ 00 \times 10^0$	$-3,893\ 816\ 862\ 1 \times 10^3$
a_1	$-2,465\ 081\ 834\ 6 \times 10^{-1}$	$2,857\ 174\ 747\ 0 \times 10^1$
a_2	$5,904\ 042\ 117\ 1 \times 10^{-3}$	$-8,488\ 510\ 478\ 5 \times 10^{-2}$
a_3	$-1,325\ 793\ 163\ 6 \times 10^{-6}$	$1,578\ 528\ 016\ 4 \times 10^{-4}$
a_4	$1,566\ 829\ 190\ 1 \times 10^{-9}$	$-1,683\ 534\ 486\ 4 \times 10^{-7}$
a_5	$-1,694\ 452\ 924\ 0 \times 10^{-12}$	$1,110\ 979\ 401\ 3 \times 10^{-10}$
a_6	$6,299\ 034\ 709\ 4 \times 10^{-16}$	$-4,451\ 543\ 103\ 3 \times 10^{-14}$
a_7	–	$9,897\ 564\ 082\ 1 \times 10^{-18}$
a_8	–	$-9,379\ 133\ 028\ 9 \times 10^{-22}$

Tabelle 5 – Typ J Referenzfunktion

Polynom Koeffizient	Temperaturbereich	
	-210 °C bis 760 °C ($n = 8$)	760 °C bis 1 200 °C ($n = 5$)
a_0	$0,000\ 000\ 000\ 0 \times 10^0$	$2,964\ 562\ 568\ 1 \times 10^5$
a_1	$5,038\ 118\ 781\ 5 \times 10^{-1}$	$-1,497\ 612\ 778\ 6 \times 10^3$
a_2	$3,047\ 583\ 693\ 0 \times 10^{-2}$	$3,178\ 710\ 392\ 4 \times 10^0$
a_3	$-8,568\ 106\ 572\ 0 \times 10^{-5}$	$-3,184\ 768\ 670\ 1 \times 10^{-3}$
a_4	$1,322\ 819\ 529\ 5 \times 10^{-7}$	$1,572\ 081\ 900\ 4 \times 10^{-6}$
a_5	$-1,705\ 295\ 833\ 7 \times 10^{-10}$	$-3,069\ 136\ 905\ 6 \times 10^{-10}$
a_6	$2,094\ 809\ 069\ 7 \times 10^{-13}$	–
a_7	$-1,253\ 839\ 533\ 6 \times 10^{-16}$	–
a_8	$1,563\ 172\ 569\ 7 \times 10^{-20}$	–

Die Spezifikation für Typ J (Tabelle 5) reicht im Temperaturbereich bis 1 200 °C. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass, wenn ein Typ J Thermoelement bei Temperaturen über 760 °C im Gebrauch war, seine Werte unterhalb 760 °C außerhalb der spezifizierten Grenzabweichungen liegen können.

Tabelle 6 – Typ T Referenzfunktion

Polynom Koeffizient	Temperaturbereich	
	–270 °C bis 0 °C ($n = 14$)	0 °C bis 400 °C ($n = 8$)
a_0	$0,000\,000\,000\,0 \times 10^0$	$0,000\,000\,000\,0 \times 10^0$
a_1	$3,874\,810\,636\,4 \times 10^1$	$3,874\,810\,636\,4 \times 10^1$
a_2	$4,419\,443\,434\,7 \times 10^{-2}$	$3,329\,222\,788\,0 \times 10^{-2}$
a_3	$1,184\,432\,310\,5 \times 10^{-4}$	$2,061\,824\,340\,4 \times 10^{-4}$
a_4	$2,003\,297\,355\,4 \times 10^{-5}$	$-2,188\,225\,684\,6 \times 10^{-6}$
a_5	$9,013\,801\,955\,9 \times 10^{-7}$	$1,099\,688\,092\,8 \times 10^{-8}$
a_6	$2,265\,115\,659\,3 \times 10^{-8}$	$-3,081\,575\,877\,2 \times 10^{-11}$
a_7	$3,607\,115\,420\,5 \times 10^{-10}$	$4,547\,913\,529\,0 \times 10^{-14}$
a_8	$3,849\,393\,988\,3 \times 10^{-12}$	$-2,751\,290\,167\,3 \times 10^{-17}$
a_9	$2,821\,352\,192\,5 \times 10^{-14}$	–
a_{10}	$1,425\,159\,477\,9 \times 10^{-16}$	–
a_{11}	$4,876\,866\,228\,6 \times 10^{-19}$	–
a_{12}	$1,079\,553\,927\,0 \times 10^{-21}$	–
a_{13}	$1,394\,502\,706\,2 \times 10^{-24}$	–
a_{14}	$7,979\,515\,392\,7 \times 10^{-28}$	–

Tabelle 7 – Typ E Referenzfunktion

Polynom Koeffizient	Temperaturbereich	
	–270 °C bis 0 °C ($n = 13$)	0 °C bis 1 000 °C ($n = 10$)
a_0	$0,000\,000\,000\,0 \times 10^0$	$0,000\,000\,000\,0 \times 10^0$
a_1	$5,866\,550\,870\,8 \times 10^1$	$5,866\,550\,871\,0 \times 10^1$
a_2	$4,541\,097\,712\,4 \times 10^{-2}$	$4,503\,227\,558\,2 \times 10^{-2}$
a_3	$-7,799\,804\,868\,6 \times 10^{-4}$	$2,890\,840\,721\,2 \times 10^{-5}$
a_4	$-2,580\,016\,084\,3 \times 10^{-5}$	$-3,305\,689\,665\,2 \times 10^{-7}$
a_5	$-5,945\,258\,305\,7 \times 10^{-7}$	$6,502\,440\,327\,0 \times 10^{-10}$
a_6	$-9,321\,405\,866\,7 \times 10^{-9}$	$-1,919\,749\,550\,4 \times 10^{-13}$
a_7	$-1,028\,760\,553\,4 \times 10^{-10}$	$-1,253\,660\,049\,7 \times 10^{-15}$
a_8	$-8,037\,012\,362\,1 \times 10^{-13}$	$2,148\,921\,756\,9 \times 10^{-18}$
a_9	$-4,397\,949\,739\,1 \times 10^{-15}$	$-1,438\,804\,178\,2 \times 10^{-21}$
a_{10}	$-1,641\,477\,635\,5 \times 10^{-17}$	$3,596\,089\,948\,1 \times 10^{-25}$
a_{11}	$-3,967\,361\,951\,6 \times 10^{-20}$	–
a_{12}	$-5,582\,732\,872\,1 \times 10^{-23}$	–
a_{13}	$-3,465\,784\,201\,3 \times 10^{-26}$	–

Tabelle 8 – Typ K Referenzfunktion

Polynom Koeffizient	Temperaturbereich	
	–270 °C bis 0 °C ($n = 10$)	0 °C bis 1 300 °C ($n = 9$, siehe Anmerkung)
a_0	$0,000\,000\,000\,0 \times 10^0$	$-1,760\,041\,368\,6 \times 10^1$
a_1	$3,945\,012\,802\,5 \times 10^1$	$3,892\,120\,497\,5 \times 10^1$
a_2	$2,362\,237\,359\,8 \times 10^{-2}$	$1,855\,877\,003\,2 \times 10^{-2}$
a_3	$-3,285\,890\,678\,4 \times 10^{-4}$	$-9,945\,759\,287\,4 \times 10^{-5}$
a_4	$-4,990\,482\,877\,7 \times 10^{-6}$	$3,184\,094\,571\,9 \times 10^{-7}$
a_5	$-6,750\,905\,917\,3 \times 10^{-8}$	$-5,607\,284\,488\,9 \times 10^{-10}$
a_6	$-5,741\,032\,742\,8 \times 10^{-10}$	$5,607\,505\,905\,9 \times 10^{-13}$
a_7	$-3,108\,887\,289\,4 \times 10^{-12}$	$-3,202\,072\,000\,3 \times 10^{-16}$
a_8	$-1,045\,160\,936\,5 \times 10^{-14}$	$9,715\,114\,715\,2 \times 10^{-20}$
a_9	$-1,988\,926\,687\,8 \times 10^{-17}$	$-1,210\,472\,127\,5 \times 10^{-23}$
a_{10}	$-1,632\,269\,748\,6 \times 10^{-20}$	–
c_0	–	$1,185\,976 \times 10^2$
c_1	–	$-1,183\,432 \times 10^{-4}$

Im Temperaturbereich von 0 °C bis 1 300 °C ist für Typ K (Tabelle 8) Gleichung (2) anzuwenden, mit den Konstanten Koeffizienten c_0 und c_1 gemäß obiger Tabelle.

Tabelle 9 – Typ N Referenzfunktion

Polynom Koeffizient	Temperaturbereich	
	–270 °C to 0 °C ($n = 8$)	0 °C to 1 300 °C ($n = 10$)
a_0	$0,000\,000\,000\,0 \times 10^0$	$0,000\,000\,000\,0 \times 10^0$
a_1	$2,615\,910\,596\,2 \times 10^1$	$2,592\,939\,460\,1 \times 10^1$
a_2	$1,095\,748\,422\,8 \times 10^{-2}$	$1,571\,014\,188\,0 \times 10^{-2}$
a_3	$-9,384\,111\,155\,4 \times 10^{-5}$	$4,382\,562\,723\,7 \times 10^{-5}$
a_4	$-4,641\,203\,975\,9 \times 10^{-8}$	$-2,526\,116\,979\,4 \times 10^{-7}$
a_5	$-2,630\,335\,771\,6 \times 10^{-9}$	$6,431\,181\,933\,9 \times 10^{-10}$
a_6	$-2,265\,343\,800\,3 \times 10^{-11}$	$-1,006\,347\,151\,9 \times 10^{-12}$
a_7	$-7,608\,930\,079\,1 \times 10^{-14}$	$9,974\,533\,899\,2 \times 10^{-16}$
a_8	$-9,341\,966\,783\,5 \times 10^{-17}$	$-6,086\,324\,560\,7 \times 10^{-19}$
a_9	–	$2,084\,922\,933\,9 \times 10^{-22}$
a_{10}	–	$-3,068\,219\,615\,1 \times 10^{-26}$

Tabelle 10 – Typ C Referenzfunktion

Polynom Koeffizient	Temperaturbereich	
	0 °C bis 630,615 °C ($n = 6$)	630,615 °C bis 2 315 °C ($n = 6$)
a_0	$0,000\,000\,0 \times 10^0$	$4,052\,882\,3 \times 10^2$
a_1	$1,340\,603\,2 \times 10^1$	$1,150\,935\,5 \times 10^1$
a_2	$1,192\,499\,2 \times 10^{-2}$	$1,569\,645\,3 \times 10^{-2}$
a_3	$-7,980\,635\,4 \times 10^{-6}$	$-1,370\,441\,2 \times 10^{-5}$
a_4	$-5,078\,751\,5 \times 10^{-9}$	$5,229\,087\,3 \times 10^{-9}$
a_5	$1,316\,419\,7 \times 10^{-11}$	$-9,208\,275\,8 \times 10^{-13}$
a_6	$-7,919\,733\,2 \times 10^{-15}$	$4,524\,511\,2 \times 10^{-17}$

Neuaufgabe, mit Genehmigung, von ASTM E230/E230M-12, *Standard Specification and Temperature-Electromotive Force (emf) Tables for Standardized Thermocouples*, copyright ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.

Tabelle 11 – Typ A Referenzfunktion

Polynom Koeffizient	Temperaturbereich
	0 °C bis 2 500 °C ($n = 8$)
a_0	$0,000\,000\,0 \times 10^0$
a_1	$1,195\,190\,5 \times 10^1$
a_2	$1,667\,262\,5 \times 10^{-2}$
a_3	$-2,828\,780\,7 \times 10^{-5}$
a_4	$2,839\,783\,9 \times 10^{-8}$
a_5	$-1,850\,500\,7 \times 10^{-11}$
a_6	$7,363\,212\,3 \times 10^{-15}$
a_7	$-1,614\,887\,8 \times 10^{-18}$
a_8	$1,490\,167\,9 \times 10^{-22}$

ANMERKUNG 2 Der Koeffizient a_0 ist hier im Gegensatz zur GOST-Spezifikation R 8.585, 2001 zu Null (0) gesetzt.

5 Grenzabweichungen der Thermoelemente

Die Grenzabweichungen der Thermoelemente sind Tabelle 12 zu entnehmen. Der Anwender wird darauf hingewiesen, dass die in Tabelle 12 angegebenen Werte ausschließlich für neuen Draht gültig sind und keinen Zuschlag für EMF-Änderungen enthalten, die während des Gebrauchs auftreten können.

Die angegebenen Temperaturbereiche gemäß Tabelle 12 sind nicht notwendigerweise die Grenzwerte der Arbeitstemperaturbereiche. Hinweise für den Gebrauchstemperaturbereich sind im Anhang C enthalten.

Im Falle von Prüfungen muss das gesamte Thermoelement von der Mess- bis zur Vergleichsstelle aus dem gleichen Material bestehen.

Tabelle 12 – Grenzabweichungen der Thermoelemente

Thermoelementtyp	Zulässige Grenzabweichungen ¹⁾ (±°C) und Gültigkeitsgrenzen für die Temperatur		
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3 ²⁾
	0,5 °C oder $0,004 \times t $	1 °C oder $0,0075 \times t $	1 °C oder $0,015 \times t $
Typ T ³⁾	–40 °C bis 350 °C	–40 °C bis 350 °C	–200 °C bis 40 °C
	1,5 °C oder $0,004 \times t $	2,5 °C oder $0,0075 \times t $	2,5 °C oder $0,015 \times t $
Typ E	–40 °C bis 800 °C	–40 °C bis 900 °C	–200 °C bis 40 °C
Typ J	–40 °C bis 750 °C	–40 °C bis 750 °C	–
Typ K	–40 °C bis 1 000 °C	–40 °C bis 1 200 °C	–200 °C bis 40 °C
Typ N	–40 °C bis 1 000 °C	–40 °C bis 1 200 °C	–200 °C bis 40 °C
	1 °C für $t < 1\,100\,^{\circ}\text{C}$, [1 + 0,003 × (t – 1 100)] für $t > 1\,100\,^{\circ}\text{C}$	1,5 °C oder $0,0025 \times t $	4 °C oder $0,005 \times t $
Typ R oder S	0 °C bis 1 600 °C	0 °C bis 1 600 °C	–
Typ B	–	600 °C bis 1 700 °C	600 °C bis 1 700 °C
	–	$0,01 \times t $	–
Typ C	–	426 °C bis 2 315 °C	–
	–	$0,01 \times t $	–
Typ A	–	1 000 °C bis 2 500 °C	–

1) Außer für Typ C und Typ A ist der Wert der Grenzabweichung angegeben als entweder eine Abweichung in °Celsius oder als eine Funktion der Temperatur (°Celsius von ITS-90) wie in obiger Tabelle. Der jeweils größere Wert gilt.

2) Das normalerweise verfügbare Thermoelement Material hält die Grenzabweichungen gemäß obiger Tabelle für Temperaturen oberhalb –40 °C ein. Diese Materialien entsprechen bei tiefen Temperaturen nicht notwendigerweise den Grenzabweichungen der Klasse 3. Werden Thermoelemente der Typen T, E, K und N gefordert, die sowohl die Grenzabweichungen der Klasse 3 als auch die der Klasse 1 oder Klasse 2 einhalten, muss das vom Anwender ausdrücklich spezifiziert werden, da gewöhnlich eine spezielle Selektion des verfügbaren Materials notwendig ist.

3) Bei Typ-T-Thermoelementen ist es unwahrscheinlich, dass ein bestimmtes Material die Anforderungen beider Toleranzklassen der Klasse 2 und der Klasse 3 über ihren gesamten Temperaturtoleranzbereich erfüllen. In diesem Fall wird voraussichtlich eine Verkleinerung der Gültigkeitsbereiche notwendig sein.

Grenzabweichungen und Gültigkeitsbereiche abweichend von den Angaben in Tabelle 12 sind zwischen Hersteller und Anwender jeweils zu vereinbaren.

6 Thermische EMF an den definierten Fixpunkten der ITS-90 Skala

Tabelle 13 gibt den Wert für die EMF, E in μV , an der Fixpunkt Temperatur, t_{90} in $^{\circ}\text{C}$, an. Ebenso enthalten sind die Werte des Seebeck Koeffizienten, S , der Thermoelemente, in $\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.

Tabelle 13 – EMF und Seebeck Koeffizienten der Thermoelemente an den Fixpunkten der ITS-90 Skala (EMF: obere Zeile; Seebeck Koeffizient: untere Zeile)

Fixpunkt- Temperatur	Thermoelementtyp									
	R	S	B	J	T	E	K	N	C	A
Argon TP –189,344 2 $^{\circ}\text{C}$	–	–	–	–7 642,9	–5 427,4	–8 542,8	–5 718,5	–3 877,1	–	–
	–	–	–	24,6	17,2	27,7	17,2	11,3	–	–
Quecksilber TP –38,834 4 $^{\circ}\text{C}$	–182,9	–189,4	–	–1 905,2	–1 434,2	–2 191,9	–1 484,2	–993,8	–	–
	4,1	4,3	–	47,6	35,0	54,0	36,8	24,9	–	–
Wasser TP 0,01 $^{\circ}\text{C}$	0,0	0,0	–	0,5	0,4	0,6	0,4	0,3	0,1	0,8
	5,3	5,4	–	50,4	38,7	58,7	39,5	25,9	13,4	12,0
Gallium MP 29,764 6 $^{\circ}\text{C}$	169,2	171,4	–2,1	1 524,4	1 186,8	1 786,6	1 193,7	786,7	409,4	370,5
	6,1	6,1	0,1	52,0	41,1	61,4	40,7	27,0	14,1	12,9
Indium FP 156,598 5 $^{\circ}\text{C}$	1 095,7	1 082,3	101,9	8 374,2	7 036,4	10 259,7	6 403,7	4 510,0	2 359,2	2 188,0
	8,3	8,0	1,5	55,2	50,6	71,6	40,2	31,7	16,5	15,5
Zin FP 231,928 $^{\circ}\text{C}$	1 756,2	1 715,0	247,4	1 2551,7	11 013,2	15 809,2	9 420,5	6 980,9	3 644,0	3 387,5
	9,2	8,7	2,3	55,5	54,9	75,5	40,4	33,9	17,6	16,3
Zink FP 419,527 $^{\circ}\text{C}$	3 611,3	3 446,9	867,8	22 925,4	–	30 511,9	17 223,1	13 701,2	7 104,3	6 536,4
	10,5	9,6	4,3	55,2	–	80,3	42,3	37,4	19,1	17,0
Aluminum FP 660,323 $^{\circ}\text{C}$	6 277,1	5 860,1	2 167,0	36 695,0	–	49 943,1	27 460,7	22 970,5	11 785,8	10 621,2
	11,6	10,4	6,5	60,7	–	80,1	42,2	39,2	19,5	16,8
Silber FP 961,78 $^{\circ}\text{C}$	10 003,4	9 148,4	4 490,7	55 669,0	–	73 494,3	39 778,1	34 776,1	17 554,3	15 529,5
	13,1	11,4	8,9	60,3	–	75,6	39,4	38,8	18,6	15,7
Gold FP 1 064,18 $^{\circ}\text{C}$	11 363,7	10 334,2	5 433,5	–	–	–	43 755,2	38 721,7	19 428,5	17 117,7
	13,5	11,7	9,5	–	–	–	38,3	38,2	18,0	15,3
Kupfer FP 1 084,62 $^{\circ}\text{C}$	11 640,4	10 574,80	5 630,0	–	–	–	44 535,1	39 501,6	19 795,9	17 429,2
	13,6	11,8	9,7	–	–	–	38,0	38,1	17,9	15,2
Palladium FP 1554,8 $^{\circ}\text{C}$	18 219,2	16 239,0	10 735,3	–	–	–	–	–	27 566,1	24 020,1
	14,0	11,9	11,7	–	–	–	–	–	15,1	12,8
Platin FP 1 768,1 $^{\circ}\text{C}$	21 102,7	18 693,5	13 223,9	–	–	–	–	–	30 649,8	26 628,3
	12,3	10,3	11,6	–	–	–	–	–	13,8	11,7
ANMERKUNG TP (en: triple point), MP (en: melting point) und FP (en: freezing point) stehen jeweils als Kurzform für Tripelpunkt, Schmelzpunkt und Erstarrungspunkt.										

Anhang A (informativ)

Tabellen der EMF als Funktion der Temperatur

A.1 Allgemeines

Dieser Anhang enthält in tabellarischer Form die Werte der thermischen EMF, E in μV , in Intervallen von 1°C , für alle Typen von Thermoelementen, für die die in Abschnitt 4 angegebenen Referenzfunktionen gelten. Die Werte des Seebeck Koeffizienten S , in $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$, sind in Intervallen von 10°C angegeben.

A.2 Typ R

Tabelle A.1 – Typ R: Platin – 13 % Rhodium / Platin (1 von 4)

$t_{90}/^\circ\text{C}$	$S/(\mu\text{V}/^\circ\text{C})$	Thermospannung EMF, $E/\mu\text{V}$, Werteintervall 1°C										$t_{90}/^\circ\text{C}$
		0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	
0	5.3	0	-5	-11	-16	-21	-26	-31	-36	-41	-46	0
-10	5.0	-51	-56	-61	-66	-71	-76	-81	-86	-91	-95	-10
-20	4.7	-100	-105	-109	-114	-119	-123	-128	-132	-137	-141	-20
-30	4.4	-145	-150	-154	-158	-163	-167	-171	-175	-180	-184	-30
-40	4.1	-188	-192	-196	-200	-204	-208	-211	-215	-219	-223	-40
-50	3.7	-226										-50
$t_{90}/^\circ\text{C}$	$S/(\mu\text{V}/^\circ\text{C})$	Thermospannung EMF, $E/\mu\text{V}$, Werteintervall 1°C										$t_{90}/^\circ\text{C}$
		0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	
0	5.3	0	5	11	16	21	27	32	38	43	49	0
10	5.6	54	60	65	71	77	82	88	94	100	105	10
20	5.8	111	117	123	129	135	141	147	153	159	165	20
30	6.1	171	177	183	189	195	201	207	214	220	226	30
40	6.3	232	239	245	251	258	264	271	277	284	290	40
50	6.5	296	303	310	316	323	329	336	343	349	356	50
60	6.7	363	369	376	383	390	397	403	410	417	424	60
70	6.9	431	438	445	452	459	466	473	480	487	494	70
80	7.1	501	508	516	523	530	537	544	552	559	566	80
90	7.3	573	581	588	595	603	610	618	625	632	640	90
100	7.5	647	655	662	670	677	685	693	700	708	715	100
110	7.7	723	731	738	746	754	761	769	777	785	792	110
120	7.8	800	808	816	824	832	839	847	855	863	871	120
130	8.0	879	887	895	903	911	919	927	935	943	951	130
140	8.1	959	967	976	984	992	1000	1008	1016	1025	1033	140
150	8.2	1041	1049	1058	1066	1074	1082	1091	1099	1107	1116	150
160	8.4	1124	1132	1141	1149	1158	1166	1175	1183	1191	1200	160
170	8.5	1208	1217	1225	1234	1242	1251	1260	1268	1277	1285	170
180	8.6	1294	1303	1311	1320	1329	1337	1346	1355	1363	1372	180
190	8.7	1381	1389	1398	1407	1416	1425	1433	1442	1451	1460	190
200	8.8	1469	1477	1486	1495	1504	1513	1522	1531	1540	1549	200
210	9.0	1558	1567	1575	1584	1593	1602	1611	1620	1629	1639	210
220	9.1	1648	1657	1666	1675	1684	1693	1702	1711	1720	1729	220
230	9.2	1739	1748	1757	1766	1775	1784	1794	1803	1812	1821	230
240	9.2	1831	1840	1849	1858	1868	1877	1886	1895	1905	1914	240
250	9.3	1923	1933	1942	1951	1961	1970	1980	1989	1998	2008	250
260	9.4	2017	2027	2036	2046	2055	2064	2074	2083	2093	2102	260
270	9.5	2112	2121	2131	2140	2150	2159	2169	2179	2188	2198	270
280	9.6	2207	2217	2226	2236	2246	2255	2265	2275	2284	2294	280
290	9.7	2304	2313	2323	2333	2342	2352	2362	2371	2381	2391	290