

DIN EN 60115-1

ICS 31.040.10

Einsprüche bis 2020-06-17
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 60115-1:2016-03

Entwurf

**Festwiderstände zur Verwendung in Geräten der Elektronik –
Teil 1: Fachgrundspezifikation
(IEC 40/2662/CDV:2019);
Text Deutsch und Englisch**

Fixed resistors for use in electronic equipment –
Part 1: Generic specification
(IEC 40/2662/CDV:2019);
Text in German and English

Résistances fixes utilisées dans les équipements électroniques –
Partie 1: Spécification générique
(IEC 40/2662/CDV:2019);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-04-17 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 von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe 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/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe 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 oder 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 296 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	7
Einleitung	9
Fachgrundspezifikation	9
Rahmenspezifikation	9
Bauartspezifikation.....	9
Vordruck für Bauartspezifikation.....	9
Entsprechende Spezifikation	10
1 Anwendungsbereich	11
2 Normative Verweisungen	11
3 Begriffe, Produkttechnologien und Produktklassifizierungen	13
3.1 Begriffe	13
3.2 Produkttechnologien.....	21
3.3 Umhüllungen von Widerständen	24
3.4 Produktklassifikation.....	25
4 Allgemeine Anforderungen	27
4.1 Einheiten und Symbole.....	27
4.2 Vorzugswerte.....	27
4.3 Kodierung	27
4.4 Kennzeichnung der Widerstände	27
4.5 Kennzeichnung der Verpackung	28
4.6 Bestellangabe	28
4.7 Zulässiger Ersatz.....	28
4.8 Verpackung	29
4.9 Lagerung	30
4.10 Transport	30
5 Allgemeine Bestimmungen für Mess- und Prüfverfahren.....	31
5.1 Allgemeines	31
5.2 Normalklima.....	32
5.3 Grenزابweichungen der Prüfschärfen.....	33
5.4 Trocknung.....	34
5.5 Befestigung der Prüflinge	34
5.6 Messungen des Widerstandswertes	36
6 Elektrische Messungen und Prüfungen.....	39
6.1 Widerstandswert.....	39
6.2 Temperaturkoeffizient des Widerstandswertes	40
6.3 Induktivität	43
6.4 Spannungskoeffizient des Widerstandswertes	45

	Seite
6.5 Nichtlinearität	46
6.6 Stromrauschen	47
6.7 Temperaturanstieg	48
7 Dauerprüfungen	49
7.1 Dauerprüfung bei der Nenntemperatur 70 °C	49
7.2 Dauerprüfung bei Raumtemperatur	51
7.3 Dauerprüfung bei maximaler Temperatur	56
8 Elektrische Überlastprüfung	60
8.1 Kurzzeitige Überlast	60
8.2 Hochspannungsüberlast-Prüfung mit Einzelimpulsen	62
8.3 Hochspannungsüberlast-Prüfung mit periodischen Impulsen	67
8.4 Überlastprüfung mit periodischen Impulsen	69
8.5 Elektrostatische Entladung	71
9 Mechanische Messungen und Prüfungen	72
9.1 Sichtprüfung	72
9.2 Maße (Lehrenmaße)	74
9.3 Maße (Einzelmaße)	75
9.4 Festigkeit des Widerstandskörpers	75
9.5 Widerstandsfähigkeit der Anschlüsse	77
9.6 Widerstandsfähigkeit von Gewindebolzen- oder Schraubanschlüssen	79
9.7 Scherprüfung	80
9.8 Trägerbiegeprüfung	82
9.9 Dauerschocken	84
9.10 Stöße	85
9.11 Schwingen	86
10 Umgebungs- und Klimaprüfungen	88
10.1 Rascher Temperaturwechsel	88
10.2 Betrieb bei niedriger Temperatur	89
10.3 Klimafolge	90
10.4 Feuchte Wärme, konstant	92
10.5 Feuchte Wärme, konstant, beschleunigte Prüfung	96
10.6 Korrosion	99
10.7 Prüfung auf Whiskerwachstum	100
10.8 Prüfung mit Hydrogensulfid	101
11 Prüfungen bezüglich der Bauelementmontage	102
11.1 Lötbarkeit	102
11.2 Wärmebeständigkeit beim Lötvorgang	106
11.3 Lösemittelbeständigkeit	108
12 Sicherheitsbezogene Prüfungen	110

	Seite
12.1 Isolationswiderstand	110
12.2 Spannungsfestigkeit	115
12.3 Gefährdende Überlast	116
12.4 Flammbarkeit	121
13 Qualitätsbewertungsverfahren	123
Anhang A (normativ) Symbole und Abkürzungen	124
A.1 Symbole	124
A.1 A.2 Abkürzungen	127
Anhang B (normativ) Regeln für die Erstellung von Bauartspezifikationen für Widerstände und Kondensatoren für Geräte der Elektronik zur Verwendung im IECQ-System	130
Anhang C (informativ) Beispiele für einen zertifizierten Prüfbericht	131
Anhang Q (informativ) Qualitätsbewertungsverfahren	133
Q.1 Allgemeines	133
Q.2 Verfahren für IECQ Approved Component (IECQ AC)	137
Q.3 Verfahren der IECQ-Bauartanerkennung (QA)	138
Q.4 Verfahren für IECQ Approved Component – Capability Certification (IECQ AC)	139
Q.5 Verfahren für IECQ Approved Component – Technology Certification (IECQ AC-TC)	141
Anhang R (informativ) Bewertung, Bestimmung und Anerkennung der Ausfallrate	144
R.1 Allgemeines	144
R.2 Zertifizierung und Bestimmung der Ausfallrate	145
R.3 Nichtkonformitäten	147
R.4 Erweiterung einer Bestätigung auf eine höhere Ausfallrate	147
R.5 Aufrechterhaltung einer Ausfallrate	147
R.6 Auslieferungen	148
R.7 Bestimmung der Bauelement-Ausfallrate	149
Anhang X (informativ) Querverweisung auf Verweisungen auf die frühere Ausgabe dieser Norm	152
Literaturhinweise	157

Bilder

Bild 1 – Spannung und Belastbarkeit bei einem Widerstand unter und über dessen kritischem Widerstandswert	14
Bild 2 – Standardmäßige Messpunkte an einem Widerstand mit Drahtanschluss	37
Bild 3 – Standardmäßige Messpunkte an einem SMD-Widerstand	38
Bild 4 – Messpunkte an einem montierten SMD-Widerstand	38
Bild 5 – Zulässiger Bereich des Widerstandswertes aufgrund der Grenzabweichung	39
Bild 6 – Zulässiger Bereich des Widerstandswertes aufgrund der Grenzabweichung und des TCR	40
Bild 7 – Temperaturabhängigkeit des Widerstandswertes (Beispiel)	41
Bild 8 – Prüfschaltung zur Messung der Induktivität	44
Bild 9 – Exponentieller Spannungsanstieg aufgrund der Induktivität	45
Bild 11 – Lastminderungskurve mit Festlegung einer geeigneten Prüfbelastung	54
Bild 12 – Lastminderungskurve ohne Festlegung einer geeigneten Prüfbelastung	54

	Seite
Bild 13 – Lastminderungskurve $UCT \geq MET$	58
Bild 14 – Lastminderungskurve für $UCT < MET$	58
Bild 15 – Parameter einer Leerlauf-Blitzstoßspannung	63
Bild 16 – Schaltung zur Erzeugung von 1,2/50-Impulsen	64
Bild 17 – Schaltung zur Erzeugung von 10/700-Impulsen	65
Bild 19 – Scherprüfung für SMD-Widerstände	81
Bild 20 – Träger-Biegeprüfung für SMD-Widerstände	83
Bild 22 – Auf einen Widerstandsprüfling angewendetes Folienverfahren	112
Bild 23 – Auf einen Widerstandsprüfling angewendetes Befestigungsverfahren	112
Bild 24 – Parallelklemmenvorrichtung für rechteckige SMD-Widerstände	113
Bild 25 – V-Klemmen-Prüfvorrichtung für zylindrische SMD-Widerstände	115
Bild 26 – Prüfaufnahme mit Mullzylinder für axiale zylindrische Prüflinge	118
Bild 27 – Maße der Prüfaufnahme mit Mullzylinder für zylindrische Prüflinge	119
Bild 28 – Maße der Prüfaufnahme mit Mullzylinder für nicht-zylindrische Prüflinge	120
Tabellen	
Tabelle 1 – Normalklima	32
Tabelle 2 – Schiedsbedingungen	32
Tabelle 3 – Normalklima für Prüfungen	32
Tabelle 4 – Überwachte Klimabedingungen für die Nachbehandlung	33
Tabelle 5 – Standardmäßige Grenzabweichungen für Temperaturangaben	33
Tabelle 7 – Standardmäßige Grenzabweichungen für Spannungsangaben	34
Tabelle 8 – Trocknungsverfahren für Prüflinge	34
Tabelle 9 – Spannungen für die Widerstandsmessung	37
Tabelle 10 – Temperatur- und Messreihenfolgen	41
Tabelle 11 – Schärfegrade für die Hochspannungsüberlast-Prüfung mit Einzelimpulsen	66
Tabelle 12 – Schärfegrade für die Hochspannungsüberlast-Prüfung mit periodischen Impulsen	69
Tabelle 13 – Zugversuchskraft für Drahtanschlüsse	77
Tabelle 15 – Empfohlene Parameter für die Träger-Biegeprüfung	82
Tabelle 19 – Empfohlene Parameter für die rasche Temperaturwechselprüfung	88
Tabelle 20 – Anzahl der zusätzlichen Zyklen „Feuchte Wärme“	92
Tabelle 22 – Belastungsspannung für die Prüfung „Feuchte Wärme, konstant“	95
Tabelle 23 – Prüfschärpen für die Prüfung „Feuchte Wärme, konstant, beschleunigt“	97
Tabelle 24 – Gruppierte DC-Belastungsspannungen für eine Abweichung von $< 25\%$	98
Tabelle 25 – Empfohlene Parameter für die Korrosionsprüfung	99
Tabelle 26 – Prüfverfahren und Parameter für die Prüfung auf Whiskerwachstum	101
Tabelle 27 – Auswahl von Verfahren zur beschleunigten Alterung nach IEC 60068-2-20	102
Tabelle 29 – Parameter für die Lötbarkeitsprüfung für SMD-Widerstände	104
Tabelle 30 – Parameter für die Lötbarkeitsprüfung von Widerständen mit Drahtanschlüssen oder Lötflächen	105

	Seite
Tabelle 31 – Parameter für die Prüfung der Lötwärmebeständigkeit von SMD-Widerständen.....	107
Tabelle 32 – RHS-Prüfparameter für Widerstände mit Drahtanschlüssen oder Lötflächen	108
Tabelle 35 – Empfohlene Parameter für die Prüfung „Gefährdende Überlast“	121
Tabelle R.1 – Anforderungen für die Qualifizierung einer Ausfallrate	146
Tabelle R.2 – Anforderungen für die Qualifizierung einer Ausfallrate	148
Tabelle R.3 – Umweltfaktor π_E zur Bestimmung der Bauelement-Ausfallrate	151
Tabelle R.4 – Qualitätsfaktor π_Q zur Bestimmung der Bauelement-Ausfallrate	151
Tabelle X.1 – Verweisungsliste zu den Abschnitten.....	153
Tabelle X.2 – Verweisungsliste zu den Bildern	155
Tabelle X.3 – Verweisungsliste zu den Tabellen.....	156

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 40/2662/CDV:2019 „Fixed resistors for use in electronic equipment – Part 1: Generic specification“ (CDV, en: Committee Draft for Vote) 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 CDV 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 TC 40 „Capacitors and resistors for electronic equipment“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme und Abstimmung vorgelegt. Es wird jedoch nicht zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage gestellt. Derzeit ist also nicht vorgesehen, dieses Dokument als Europäische Norm zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS (en: Final Draft International Standard) nur 6 Wochen 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 CDV als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit noch vor der Abstimmung berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium GK 613 „Widerstände“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die zukünftige DIN EN 60115-1 ist vorgesehen als eine Common Modifikation der IEC 60115-1.

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.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten 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.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. IEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60115-1:2016-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) diese 5. Ausgabe verwendet eine neue Dokumentenstruktur, in der die Prüfungen des vorherigen Abschnitts 4 nun in den Abschnitten 6 bis 12 aufgeführt sind, wobei ein informativer Anhang X eine Liste mit Querverweisen auf die frühere Version dieser Norm bereitstellt;
- b) die Begriffe wurden überarbeitet und geändert, ergänzt durch einen neuen Abschnitt über Widerstandstechnologien und einen neuen Abschnitt über Produktklassifizierungsstufen;
- c) es wurde ein neuer Abschnitt 4.7 über Empfehlungen für zulässigen Ersatz eingefügt;
- d) die Bestimmungen für Verpackung, Lagerung und Transport in den Abschnitten 4.8, 4.9 und 4.10 wurden vollständig überarbeitet;
- e) es wurde ein neuer Abschnitt 5.3 über die standardmäßigen Grenzwerte für die gängigsten Prüfparameter hinzugefügt;

- f) das generische Verfahren zur Widerstandsmessung, jetzt Abschnitt 5.6, wurde von der Prüfung auf Einhaltung eines festgelegten Widerstandswertes in Abschnitt 6.1 als Überarbeitung des vorherigen Abschnitts 4.5 getrennt;
- g) die Prüfung auf den Temperaturkoeffizienten des Widerstandswertes aus Abschnitt 6.2 ist eine Überarbeitung der vorherigen Prüfung 4.8, Temperaturabhängigkeit des Widerstandswertes, wobei auf die besonderen Zugeständnisse für Widerstände unter 10 verzichtet wurde;
- h) die Prüfverfahren für die Dauerprüfung aus den Abschnitten 7.1 bis 7.3 (zuvor 4.25.1 bis 4.25.3) wurden vollständig überarbeitet;
- i) die Hochspannungsüberlast-Prüfung mit Einzelimpulsen aus Abschnitt 8.2 (zuvor 4.27) wurde komplett überarbeitet und bietet nun einstellbare Schärfegrade für die Impulsformen 1,2/50 und 10/700, wodurch Bauartspezifikation mit verbesserter Aussagekraft ermöglicht werden;
- j) die Hochspannungsüberlast-Prüfung mit periodischen Impulsen aus Abschnitt 8.3 (zuvor 4.28) wurde überarbeitet und es wurde eine korrigierte Tabelle mit Schärfegraden bereitgestellt;
- k) die Überlastprüfung mit periodischen Impulsen aus Abschnitt 8.4 (zuvor 4.39) wurde abgelehnt und vereinfacht und umfasst jetzt den früher in untergeordneten Spezifikationen angewendeten Schärfegrad;
- l) die Abschnitte 9.1 über die Sichtprüfung, 9.2 über Lehrenmaße und 9.3 über die Bewertung von Einzelmaßen (zuvor alle Teile von 4.4) wurde vollständig überarbeitet;
- m) die Prüfungen der mechanischen Widerstandsfähigkeit der Anschlüsse (zuvor 4.16) wurden überarbeitet und in Prüfungen für die Widerstandsfähigkeit von lötbaren Anschlüssen, Abschnitt 9.5, und Prüfungen für die Widerstandsfähigkeit von Stift- oder Schraubanschlüssen, Abschnitt 9.6, aufgeteilt;
- n) die Dauerschockprüfung aus Abschnitt 9.9 (zuvor 4.20) und die Schockprüfung aus Abschnitt 9.10 (zuvor 4.21) wurden überarbeitet, um die zusammengeführte entsprechende Prüfnorm IEC 60068-2-29 wiederzugeben wird;
- o) die Prüfungen „Trockene Wärme“ und „Kälte“ der Klimafolge aus Abschnitt 10.3 (zuvor 4.23) wurden überarbeitet, um die Änderungen der entsprechenden Prüfnormen IEC 60068-2-2 und IEC 60068-2-1 wiederzugeben;
- p) die beschleunigte Prüfung „Feuchte Wärme, konstant“ aus Abschnitt 10.5 (zuvor 4.37) wurde durch eine Option für eine reduzierte Anzahl von Belastungsspannungen ergänzt;
- q) die Korrosionsprüfung aus Abschnitt-10.6 wurde vollständig überarbeitet, um das besser geeignete Prüfverfahren nach IEC 60068-2-52 anstelle der bisher verwendeten IEC 60068-2-11 anzuwenden;
- r) die Prüfung auf Whiskerwachstum aus Abschnitt-10.7 wurde überarbeitet, um die Änderungen der neuen Version der Prüfverfahren von IEC 60068-2-82 wiederzugeben;
- s) die Prüfverfahren für die Lötbarkeit aus Abschnitt 11.1 (zuvor 4.17) und für die Wärmebeständigkeit beim Lötvorgang aus Abschnitt 11.2 (zuvor 4.18) wurden vollständig überarbeitet, um die notwendige Option für die Auswahl von bleihaltigen Lötlegierungen und bleifreien Lotlegierungen sowie die entsprechenden Prozessbedingungen aufzunehmen;
- t) die Lösemittelbeständigkeitsprüfung aus Abschnitt 11.3 kombiniert die früheren Prüfungen 4.29, Lösemittelbeständigkeit des Bauelementes, und 4.30, Lösemittelbeständigkeit der Kennzeichnung, in einer Prüfung;
- u) die Prüfung „Gefährdende Überlast“ aus Abschnitt 12.3 (zuvor 4.26) wurde vollständig überarbeitet;
- v) Anhang Q über Qualitätsbewertungsverfahren wurde vollständig überarbeitet;
- w) es wurde ein neuer Anhang R über die Beurteilung, Bestimmung und Qualifikation der Ausfallrate hinzugefügt;
- x) des Weiteren ersetzt diese fünfte Ausgabe die im Jahr 2008 veröffentlichte vierte Ausgabe und enthält zudem eine geringfügige Überarbeitung der Tabellen und Bilder;
- y) die deutsche Übersetzung wurde in den Abschnitten 2 und 3 an den aktuellen Standardtext angepasst.

Einleitung

Das Spezifikationssystem für Festwiderstände zur Verwendung in Geräten der Elektronik weist eine hierarchische Struktur auf und umfasst die folgenden Spezifikationsarten.

Fachgrundspezifikation

Die Fachgrundspezifikation behandelt alle Themen, die im Wesentlichen für die gesamte Familie der Festwiderstände zur Verwendung in Geräten der Elektronik gelten, z. B. die Terminologie, die Mess- und Prüfverfahren. Wenn die Einzelthemen die Festlegung von Bedingungen oder Parametern erfordern, die speziell die bestimmte Unterfamilie oder Bauart von Festwiderständen betreffen, müssen diese Festlegungen in einer der untergeordneten Spezifikationen angegeben werden.

Für Festwiderstände ist IEC 60115-1 die Bezugsnummer der Fachgrundspezifikation.

Rahmenspezifikation

Rahmenspezifikationen behandeln alle Themen, die die Angaben in der Fachgrundspezifikation ergänzen und speziell für eine definierte Untergruppe von Festwiderständen gelten. Bei diesen Themen handelt es sich üblicherweise um Vorzugswerte für Maße und Eigenschaften, zusätzliche Prüfverfahren und entsprechende Festlegungen zu den in der Fachgrundspezifikation angegebenen Prüfverfahren, Festlegungen für die Stichprobenentnahme und die Vorbereitung der Prüflinge, empfohlene Prüfschärfen und bevorzugte Annahmekriterien. Die Rahmenspezifikation beschreibt auch den Aufbau und den Umfang der Prüfpläne, die in allen untergeordneten Bauartspezifikationen zu verwenden sind.

Für Festwiderstände reichen die Bezugsnummern der Rahmenspezifikationen von IEC 60115-2 niedrigbelastbare Schicht-Festwiderstände mit Drahtanschlüssen bis hin zu derzeit IEC 60115-9 oberflächenmontierbare Widerstandsnetzwerke mit einzeln messbaren Widerständen. Die Vielfalt der Rahmenspezifikationen kann an die verschiedenartigen Technologien für Festwiderstände angepasst werden.

Bauartspezifikation

Bauartspezifikationen führen unmittelbar oder unter Verweisung auf andere Dokumente alle Angaben auf, die zur vollständigen Beschreibung einer bestimmten Bauart und eines angegebenen Bereichs von Festwiderständen erforderlich sind, einschließlich der Festlegung aller Werte für Maße und Eigenschaften. Sie enthalten auch alle Angaben, die für die Qualitätsbewertung der jeweiligen Bauart und des jeweiligen Bereichs der Festwiderständen im Rahmen eines geeigneten Qualitätsbewertungssystems erforderlich sind, einschließlich der Festlegung aller anzuwendenden Prüfschärfen und Annahmekriterien, sowie die fertigen Prüfpläne.

Bauartspezifikationen können Spezifikationen im Rahmen des IEC-Systems, eines anderen mit dem IEC-System verbundenen Spezifikationssystems oder vom Hersteller oder Anwender festgelegte Spezifikationen sein. Für Festwiderstände lautet die Bezugsnummer der Bauartspezifikation z. B. IEC 60115-2-101, wenn IEC 60115-2 die zugehörige Rahmenspezifikation ist, und des ergänzenden Vordrucks für Bauartspezifikation IEC 60115-2-1.

Vordruck für Bauartspezifikation

Das hierarchisch strukturierte Spezifikationssystem wird durch einen oder mehrere Vordrucke für Bauartspezifikation zu einer Rahmenspezifikation ergänzt, die verwendet werden, um eine einheitliche Darstellung der Bauartspezifikationen sicherzustellen. Mit dem Vordruck für Bauartspezifikation wird dem Spezifikationsverfasser eine Vorlage zur anzuwendenden Gestaltung und zu den aufzuführenden Angaben sowie ein Leitfaden zur Erarbeitung von Bauartspezifikationen entsprechend den Anforderungen der übergeordneten Fachgrund- oder Rahmenspezifikation zur Verfügung gestellt. Vordrucke für Bauartspezifikation sind keine „entsprechenden Spezifikationen“, da sie selbst kein bestimmtes Bauelement beschreiben.

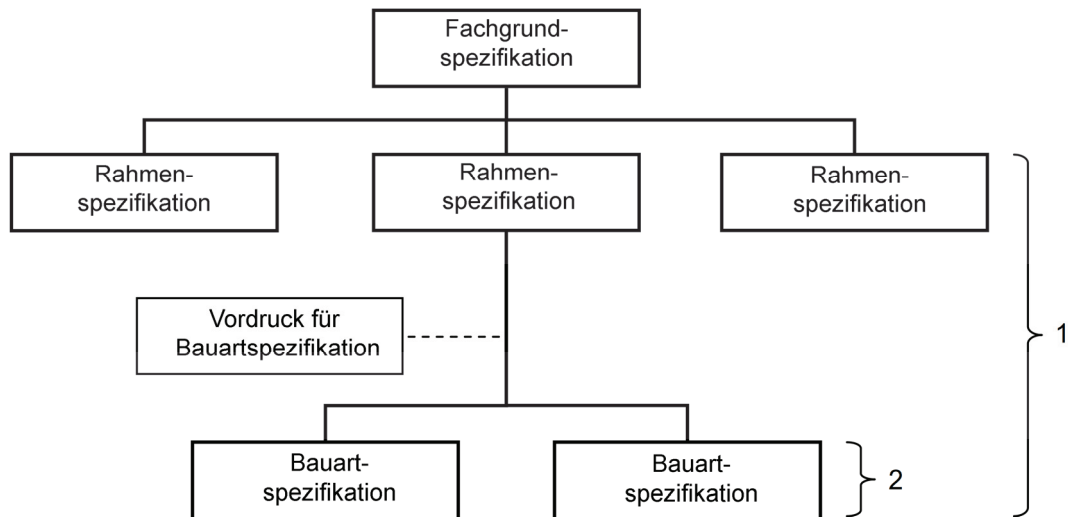
Ein festgelegtes hierarchisches Spezifikationssystem mit Vordrucken für Bauartspezifikation ermöglicht die Erarbeitung von Bauartspezifikationen selbst außerhalb des zuständigen Technischen Komitees der IEC.

Für Festwiderstände lautet die Bezugsnummer des Vordrucks für Bauartspezifikation z. B. IEC 60115-2-1, wenn IEC 60115-2 die zugehörige Rahmenspezifikation ist.

Entsprechende Spezifikation

Im Rahmen dieses Systems bezeichnet der Begriff „entsprechende Spezifikation“ untergeordnete Spezifikationen, die, sofern zutreffend, spezielle Anforderungen enthalten.

Jede Fachgrund- oder Rahmenspezifikation kann unter Verwendung des Ausdrucks „entsprechende Spezifikation“ abstrakte und allgemeine Verweisungen auf untergeordnete Spezifikationen einer der hierarchischen Ebenen vornehmen.



Legende

- 1 Bezeichnet den Bereich der „Entsprechenden Spezifikationen“ zur übergeordneten Fachgrundspezifikation, sofern zutreffend.
- 2 Bezeichnet den Bereich der „Entsprechenden Spezifikationen“ zur übergeordneten Rahmenspezifikation, sofern zutreffend.

Festwiderstände zur Verwendung in Geräten der Elektronik – Teil 1: Fachgrundspezifikation

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von EN 60115 ist eine Fachgrundspezifikation und gilt für Festwiderstände zur Verwendung in Geräten der Elektronik.

Er führt Normbegriffe, Kontroll- und Prüfverfahren für den Gebrauch in Rahmen- und Bauartspezifikationen für Bauelemente der Elektronik zur Qualitätsbewertung oder für andere Zwecke ein.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 60027 (alle Teile), *Letter symbols to be used in electrical technology*

IEC 60050 (alle Teile), *International Electrotechnical Vocabulary*

IEC 60062, *Marking codes for resistors and capacitors*

IEC 60063, *Preferred number series for resistors and capacitors*

IEC 60068-1:2013, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60068-2-1, *Environmental testing – Part 2-1: Tests – Tests A: Cold*

IEC 60068-2-2, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Tests B: Dry heat*

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

IEC 60068-2-13, *Environmental testing – Part 2-13: Tests – Test M: Low air pressure*

IEC 60068-2-14, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-20:2008, *Environmental testing – Part 2-20: Tests – Test T: Test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads*

IEC 60068-2-21:2006, *Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices*

IEC 60068-2-27:2008, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60068-2-30, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)*

IEC 60068-2-45:1980, *Environmental testing – Part 2-45: Tests – Test XA and guidance: Immersion in cleaning solvents*
Corrigendum 1(1981)
Amendment 1(1993)

IEC 60068-2-47, *Environmental testing – Part 2-47: Test – Mounting of specimens for vibration, impact and similar dynamic tests*

IEC 60068-2-52, *Environmental testing – Part 2-52: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)*

IEC 60068-2-58, *Environmental testing – Part 2-58: Tests – Test Td: Test methods for solderability, resistance to dissolution of metallization and to soldering heat of surface mounting devices (SMD)*

IEC 60068-2-67, *Environmental testing – Part 2-67: Tests – Test Cy: Damp heat, steady state, accelerated test primarily intended for components*

IEC 60068-2-69, *Environmental testing – Part 2-69: Tests – Test Te: Solderability testing of electronic components for surface mounting devices (SMD) by the wetting balance method*

IEC 60068-2-78, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

IEC 60068-2-82:201X¹, *Environmental testing – Part 2-82: Tests – Test XW1: Whisker test methods for electronic and electric components*

IEC 60068-3-5, *Environmental testing – Part 3-5: Supporting documentation and guidance – Confirmation of the performance of temperature chambers*

IEC 60195:2016, *Method of measurement of current noise generated in fixed resistors*

IEC 60286 (alle Teile), *Packaging of components for automatic handling*

IEC 60294, *Measurement of the dimensions of a cylindrical component with axial terminations*

IEC 60440:2012, *Method of measurement of non-linearity in resistors*

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams*

IEC 60695-11-5, *Fire hazard testing – Part 11-5: Test flames – Needle-flame test method – Apparatus, confirmatory test arrangement and guidance*

IEC 61192 (alle Teile), *Workmanship requirements for soldered electronic assemblies*

IEC 61193-2, *Quality assessment systems – Part 2: Selection and use of sampling plans for inspection of electronic components and packages*

IEC 61249-2-7, *Materials for printed boards and other interconnecting structures – Part 2-7: Reinforced base materials clad and unclad – Epoxide woven E-glass laminated sheet of defined flammability (vertical burning test), copper-clad*

IEC 61249-2-22, *Materials for printed boards and other interconnecting structures – Part 2-22: Reinforced base materials clad and unclad – Modified non-halogenated epoxide woven E-glass laminated sheets of defined flammability (vertical burning test), copper-clad*

IEC 61249-2-35, *Materials for printed boards and other interconnecting structures – Part 2-35: Reinforced base materials clad and unclad – Modified epoxide woven E-glass laminated sheets of defined flammability (vertical burning test), copper-clad for lead-free assembly*

IEC 61340-3-1, *Electrostatics – Part 3-1: Methods for simulation of electrostatic effects – Human body model (HBM) electrostatic discharge test waveforms*

IEC 61760-1, *Surface mounting technology – Part 1: Standard method for the specification of surface mounting components (SMDs)*

IEC 61760-2, *Surface mounting technology – Part 2: Transportation and storage conditions of surface mounting devices (SMD) – Application guide*

¹ IEC 60068-2-82:2007 (erste Ausgabe) wird aktuell überarbeitet und der Entwurf der zweiten Ausgabe hat FDIS-Status erreicht. Die in diesem Abschnitt verwendeten Verweisungen basieren auf dem Entwurf der zweiten Ausgabe.

IEC 62090, *Product package labels for electronic components using bar code and two-dimensional symbolologies*

IEC 62812, *Low resistance measurements – Methods and guidance*

IEC 80000 (alle Teile), *Quantities and units*

IECQ 03-1:2018, *Rules of procedure – Part 1: General Requirements for all IECQ Schemes*

ISO 80000 (alle Teile), *Quantities and units*

3 Begriffe, Produkttechnologien und Produktklassifizierungen

ANMERKUNG Eine Liste der verwendeten Symbole und Abkürzungen ist in Anhang A enthalten.

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ANMERKUNG Die Nummerierung der Begriffe ist kein geeignetes Mittel zum Verweisen auf Begriffe und deren Definitionen, da die Nummerierung sich ändern kann, wenn ein Begriff gelöscht oder ein neuer Begriff in der alphabetischen Reihenfolge eingefügt wird.

3.1.1

Kategoriebelastbarkeit

der in der entsprechenden Bauartspezifikation genau angegebene Teil der Bemessungsbelastbarkeit, der bei der oberen Kategorietemperatur unter Berücksichtigung der in der relevanten Spezifikation festgelegten Lastminderungskurve anwendbar ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei Widerständen ist die Kategoriebelastbarkeit gleich null, wenn die obere Kategorietemperatur der höchsten Temperatur des Widerstandselementes entspricht.

Anmerkung 2 zum Begriff Zugehörige Begriffe: Bemessungsbelastbarkeit, obere Kategorietemperatur, Lastminderungskurve.

3.1.2

Kategorietemperaturbereich

Bereich der Umgebungstemperaturen, in dem der Widerstand für Dauerbetrieb ausgelegt ist; der Bereich ist definiert durch die untere und obere Kategorietemperatur

Anmerkung 1 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: untere Kategorietemperatur, obere Kategorietemperatur.

3.1.3

kritischer Widerstandswert

R_{crit}

Widerstandswert, bei dem der Prüfling gleichzeitig mit der höchsten zulässigen Dauerspannung U_{max} und der Bemessungsbelastbarkeit P_r belastet wird, und der anhand der folgenden Gleichung bestimmt wird:

$$R_{\text{crit}} = \frac{U_{\text{max}}^2}{P_r}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Prüflinge mit einem Widerstandswert $R < R_{\text{crit}}$ und belastet mit einer Bemessungsbelastbarkeit P_r werden einer Spannung $U < U_{\text{max}}$ ausgesetzt, während Prüflinge mit einem Widerstand $R > R_{\text{crit}}$ und unter Einwirkung einer Höchste zulässige Dauerspannung U_{max} einer Belastbarkeit $P < P_r$ belastet werden, siehe Bild 1.

Zur Berücksichtigung der Bemessungsbelastbarkeit sind die Umgebungstemperatur und die Lastminderungskurve zu berücksichtigen.

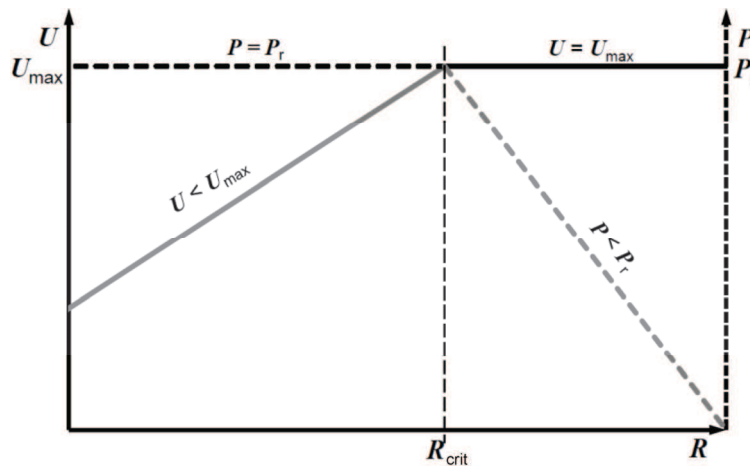


Bild 1 – Spannung und Belastbarkeit bei einem Widerstand unter und über dessen kritischem Widerstandswert

Anmerkung 2 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Bemessungsspannung, höchste zulässige Dauerspannung.

3.1.4

Lastminderungskurve

Kurve, die die maximal zulässige Belastung bei Umgebungstemperaturen zwischen der oberen und unteren Kategorietemperatur zeigt

Anmerkung 1 zum Begriff: In dem Bereich zwischen der unteren Kategorietemperatur und der Bemessungstemperatur zeigt die Kurve die Bemessungsbelastbarkeit, und zwischen der Bemessungstemperatur und der höchsten Temperatur des Widerstandselementes zeigt sie einen linearen Verlauf bis zu einer Belastbarkeit von null bei der höchsten Temperatur des Widerstandselementes. Der Verlauf hängt von den thermischen Eigenschaften des Widerstands ab, d. h. von seiner Fähigkeit, Wärme an die Umgebung abzuführen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Bemessungsbelastbarkeit, Bemessungstemperatur, höchste Temperatur des Widerstandselementes.

3.1.5

Ausfallrate

nachgewiesene minimale Zuverlässigkeit, die für ein statistisches Vertrauensniveau auf Grundlage zusammengefasster nichtkonformer Einheiten aus Dauerprüfungen unter spezifizierten Betriebsbedingungen festgelegt wurde

Anmerkung 1 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Nichtkonformität, nichtkonforme Einheit.

3.1.6

Kühlkörper-Widerstand

Widerstandsbauart, die für die Befestigung auf einem separaten Kühlkörper vorgesehen ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Bemessungsbelastbarkeit.

3.1.7

isolierter Widerstand

Widerstand, der durch die entsprechende Spezifikation als isoliert eingestuft ist, der zur Unterstützung eine vorgegebene Isolationsspannung und einen vorgegebenen Isolationswiderstand aufweist und der für diese Eigenschaften mit den entsprechenden Prüfungen dieser Spezifikation bewertet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Das bloße Vorhandensein eines Schutzes des Widerstandselements, z. B. durch eine Lackschicht, stellt keine Isolierung dar, es sei denn, die isolierenden Eigenschaften wurden ordnungsgemäß bewertet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Typische Prüfungen zur Beurteilung der Isolationseigenschaften sind Dauerprüfung, Klimafolge und Feuchte Wärme, konstant.

Anmerkung 3 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Isolationswiderstand, Isolationsspannung.

3.1.8

Isolationswiderstand

R_{ins}

Widerstand der Umhüllung eines isolierten Widerstandes, gemessen zwischen den miteinander verbundenen Anschlüssen des Widerstandes und einer leitenden Befestigungsfläche

Anmerkung 1 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: isolierter Widerstand, Isolationsspannung.

3.1.9

Isolationsspannung

U_{ins}

höchster Scheitelwert der Gleich- oder Wechselspannung, die unter Bedingungen des Dauerbetriebs zwischen den Anschlüssen des Widerstandes und einer leitenden Befestigungsfläche anliegen darf

Anmerkung 1 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Isolationswiderstand, isolierter Widerstand.

3.1.10

Labortemperatur

tatsächliche Raumtemperatur des Labors, in dem die jeweilige Prüfung oder Messung durchgeführt wird, die im Normklimabereich für Prüfungen liegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Normklima für Prüfungen ist in IEC 60068-1 festgelegt und ist zur Vereinfachung für den Leser in Abschnitt 5.2.3 dieser Internationalen Norm enthalten. Die Festlegung enthält einen zulässigen Temperaturbereich von 15 °C bis 35 °C.

3.1.11

höchste zulässige Dauerspannung

U_{max}

höchste Gleichspannung oder effektive Wechselspannung, die ständig zwischen den Anschlüssen eines Widerstandes anliegen darf (im Allgemeinen von der Größe und dem Herstellungsverfahren des Widerstandes abhängig)

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn in dieser Norm der Begriff „effektive Wechselspannung“ verwendet wird, sollte der Scheitelwert der Spannung das 1,42-Fache des Effektivwertes nicht überschreiten.

Anmerkung 2 zum Begriff: Diese Spannung kann an einen Widerstand nur dann angelegt werden, wenn dessen Widerstandswert mindestens gleich dem kritischen Widerstandswert oder höher ist.

Anmerkung 3 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Bemessungsspannung, kritischer Widerstandswert.

3.1.12

untere Kategorietemperatur

LCT

niedrigste Umgebungstemperatur, für die ein Widerstand für Dauerbetrieb ausgelegt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: obere Kategorietemperatur, Kategorietemperaturbereich.

3.1.13

niedrig belastbarer Widerstand

Widerstand, der unter Belastung mit seiner Bemessungsbelastbarkeit bei Nenntemperatur ohne Zubehör, das die Belastbarkeit unterstützt und nur einer natürlichen Konvektion ausgesetzt ist, eine höchste Temperatur des Widerstandselementes von 200 °C oder weniger aufrechterhält

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Bemessungsbelastbarkeit von niedrig belastbaren Widerständen beträgt üblicherweise nicht mehr als 3 W.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Begrenzung des anwendbaren Temperaturbereichs ermöglicht es, dass die obere Kategorietemperatur im Allgemeinen nahe der höchsten Temperatur des Widerstandselementes ($MET \approx UCT$) liegt, wodurch Umweltprüfungen den gesamten anwendbaren Temperaturbereich abdecken können.

Anmerkung 3 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Leistungswiderstand, Kühlkörper-Widerstand.

3.1.14

niederohmiger Widerstand

Widerstand, für den der vorhersagbare Fehler bei der Messung mit einem herkömmlichen Zweidrahtverfahren verglichen mit der geforderten Genauigkeit oder der angegebenen Grenzabweichung wesentlich ist

[QUELLE: IEC 62812:2018]

Anmerkung 1 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Präzisionswiderstand

3.1.15

höchste Temperatur des Widerstandselementes

MET

höchste zulässige Temperatur an irgendeinem Punkt auf oder in dem Widerstand in jedem erlaubten Betriebszustand

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Summe aus Bemessungstemperatur und Temperaturerhöhung durch die Bemessungsbelastbarkeit überschreitet üblicherweise nicht die höchste Temperatur des Widerstandselementes. Bei jeder Umgebungstemperatur über der Bemessungstemperatur überschreitet die Summe aus Bemessungstemperatur und Temperaturerhöhung, die durch die zulässige Belastung entsprechend der Lastminderungskurve erzeugt wird, üblicherweise nicht die höchste Temperatur des Widerstandselementes.

Anmerkung 2 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: höchste Oberflächentemperatur.

3.1.16

höchste Oberflächentemperatur

höchste Temperatur, die an der Oberfläche eines Widerstandes einer bestimmten Bauart auftreten darf, wenn er bei einer Umgebungstemperatur von 70 °C dauerhaft mit einer der Bemessungsbelastbarkeit entsprechenden Belastung betrieben wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die höchste Oberflächentemperatur ist auch als Hotspot-Temperatur bekannt spiegelt die typischerweise begrenzte Ausdehnung des betroffenen Bereichs wider.

Anmerkung 2 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: höchste Temperatur des Widerstandselementes.

3.1.17

Nennwert

R_n

Kapazitätswert für den der Widerstand ausgelegt ist und der üblicherweise auf ihm angegeben ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Vorzugswerte für den Nennwert des Widerstands werden üblicherweise einer geeigneten E-Reihe nach IEC 60063 entnommen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Bemessungswert des Widerstands, Grenzabweichung.

3.1.18

Nichtkonformität

Kennwert oder Eigenschaft eines Produktes, der bzw. die nicht den festgelegten Anforderungen entspricht

Anmerkung 1 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: nichtkonforme Einheit, Ausfallrate.

3.1.19

nichtkonforme Einheit

Erzeugniseinheit, die eine oder mehrere Nichtkonformitäten aufweist

Anmerkung 1 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Nichtkonformität, Ausfallrate.

3.1.20

Leistungswiderstand

Widerstand, der unter Belastung mit seiner Bemessungsbelastbarkeit bei Nenntemperatur ohne Zubehör, das die Belastbarkeit unterstützt und nur einer natürlichen Konvektion ausgesetzt ist, eine höchste Temperatur des Widerstandselementes von über 200 °C aufrechterhält

Anmerkung 1 zum Begriff: Die übliche Bemessungsbelastbarkeit von Leistungswiderständen bewegt sich im Bereich von 1 W bis 1 000 W.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Verwendung einer anwendbaren Temperatur über 200 °C führt aus praktischen Gründen zu einer notwendigen Begrenzung der oberen Kategorietemperatur auf 200 °C, was zu MET > UCT führt.

Anmerkung 3 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: niedrig belastbarer Widerstand, Kühlkörper-Widerstand.

3.1.21

Präzisionswiderstand

Widerstand, der mit einer engeren Grenzabweichung für seinen Nennwert und/oder einem niedrigeren Temperaturkoeffizienten des Widerstandes im Vergleich zu einer typischen Standard-Grenzabweichung und einem Temperaturkoeffizienten von Widerständen mit derselben Produkttechnologie angegeben ist und der bei der vorgeschriebenen Prüfung strengere Stabilitätsanforderungen erfüllt, als jene, die typischerweise von Widerständen mit derselben Produkttechnologie erfüllt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Klassifizierung eines Widerstandes als Präzisionswiderstand hängt von der Produktart und -technologie und selbst von einem allgemeinen Trend über längere Zeit ab. Aktuelle Beispiele für Präzisionswiderstände sind drahtgewickelte Leistungswiderstände mit einer Grenzabweichung von 1 % oder niedrig belastbare Schichtwiderstände mit einem Temperaturkoeffizienten von $25 \times 10^{-6}/K$ und einer Grenzabweichung von 0,1 % oder ein Metallfolienwiderstand mit einem Widerstandswert unter 10 mΩ, einem Temperaturkoeffizienten von $50 \times 10^{-6}/K$ und einer Grenzabweichung von 1 %.

Anmerkung 2 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: niederohmig, Stabilitätsklasse, Temperaturkoeffizient des Widerstandswertes, Grenzabweichung vom Bemessungswert des Widerstands.

3.1.22

Bemessungsbelastbarkeit

P_r

<allgemein> höchste zulässige Belastung bei einer Bemessungstemperatur unter den Bedingungen einer Dauerprüfung und der jeweiligen Abnahmekriterien

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn die Bemessungsbelastbarkeit von bestimmten Mitteln, die den Fluss von Wärmelasten an die Umgebung unterstützen, abhängt, z. B. speziellem Leiterplattenwerkstoff, bestimmten Leiterabmessungen, Kühlkörpern, sind diese Mittel bei jeder Erwähnung der Bemessungsbelastbarkeit anzugeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Bemessungstemperatur, Bemessungsspannung.

3.1.23

Bemessungsbelastbarkeit bei 70 °C

P_{70}

<allgemein> höchste bei einer Umgebungstemperatur von 70 °C und unter den Bedingungen der Prüfung „Dauerprüfung bei der Bemessungstemperatur von 70 °C“ und der entsprechenden Annahmekriterien zulässige Belastung

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn die Bemessungsbelastbarkeit von bestimmten Mitteln, die den Fluss von Wärmelasten an die Umgebung unterstützen, abhängt, z. B. speziellem Leiterplattenwerkstoff, bestimmten Leiterabmessungen, Kühlkörpern, sind diese Mittel bei jeder Erwähnung der Bemessungsbelastbarkeit anzugeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Bemessungstemperatur, Bemessungsspannung.

3.1.24**Bemessungsbelastbarkeit bei 25 °C** P_{25}

<Kühlkörper-Widerstände> höchste zulässige Belastung bei einer Umgebungstemperatur von 25 °C, wobei der Prüfling auf einem Bezugskühlkörper angebracht ist, und unter den Bedingungen der Prüfung „Dauerprüfung bei Raumtemperatur“ und der entsprechenden Annahmekriterien

Anmerkung 1 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Kühlkörper-Widerstand, Bemessungstemperatur, Bemessungsspannung.

3.2.25**Bemessungsbelastbarkeit bei 25 °C** P_{25}

<Leistungswiderstände> höchste bei einer Umgebungstemperatur von 25 °C und unter den Bedingungen der Prüfung „Dauerprüfung bei Raumtemperatur“ und der entsprechenden Annahmekriterien zulässige Belastung

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn die Bemessungsbelastbarkeit von bestimmten Mitteln, die den Fluss von Wärmelasten an die Umgebung unterstützen, abhängt, z. B. speziellem Leiterplattenwerkstoff, bestimmten Leiterabmessungen oder Kühlkörpern, müssen diese Mittel bei jeder Erwähnung der Bemessungsbelastbarkeit angegeben werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Leistungswiderstand, Bemessungstemperatur, Bemessungsspannung.

3.1.26**Bemessungswert des Widerstands** R_r

Widerstandswert, für den der Widerstand konstruiert ist und der im Allgemeinen zur näheren Bezeichnung des Widerstands verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Definition des Bemessungswerts des Widerstands R_r ist identisch mit der oben aufgeführten Definition des Nennwerts R_n . Der Nennwert R_n kann daher in allen Fällen angewendet werden, in denen der Bemessungswert des Widerstands R_r erforderlich ist, z. B. in einem Qualitätssicherungssystem.

Anmerkung 2 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Nennwert, Grenzabweichung.

3.1.27**Bemessungstemperatur**

(en: rated temperature)

 ϑ_r

höchste Umgebungstemperatur, bei der die Bemessungsbelastung unter den für diese Temperatur in der Dauerprüfung vorgeschriebenen Bedingungen angelegt werden darf. Soweit in der entsprechenden Rahmenspezifikation nicht anders angegeben, gilt dafür ein Wert von 70 °C

Anmerkung 1 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Bemessungsbelastbarkeit.

3.1.28**Bemessungsspannung** U_r

Gleichspannung oder effektive Wechselspannung, bestimmt durch die Bemessungsbelaubarkeit P_r und den Nennwert R_n unter Verwendung folgender Gleichung:

$$U_r = \sqrt{P_r \times R_n}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei hohen Widerstandswerten kommt es vor, dass die Bemessungsspannung aufgrund der Größe oder des Aufbaus des Widerstandes nicht angelegt werden darf (siehe 2.2.11).

Anmerkung 2 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Bemessungsbelaubarkeit, höchste zulässige Dauerspannung.

3.1.29**Widerstandsarray**

Konfiguration einer Anzahl von Widerständen auf dem gleichen Träger oder in der gleichen Verpackung oder Umhüllung, wobei die einzelnen Widerstände nicht elektrisch verbunden sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Netzwerk aus Widerständen.

3.1.30**Netzwerk aus Widerständen**

Konfiguration einer Anzahl von Widerständen auf dem gleichen Träger oder in der gleichen Verpackung oder Umhüllung, wobei die einzelnen Widerstände elektrisch verbunden sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Widerstandsarray.

3.1.31**Stabilitätsklasse**

eine festgelegte Gruppe von Stabilitätsanforderungen, d. h. einzelnen Prüfungen zugeordnete spezielle Grenzwerte der zulässigen Änderung des Widerstandswertes

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff „Stabilitätsklasse“ wird nur in Kombination mit einer einfachen Zahl verwendet, die die typischen Stabilitätsanforderungen für Langzeitprüfungen bezeichnet, zum Beispiel Dauerprüfung bei oberer Kategorietemperatur oder 1 000-h-Dauerprüfung bei 70 °C. Stabilitätsanforderungen für Kurzzeitprüfungen werden üblicherweise geringer ausfallen, als durch die Zahl der Stabilitätsklasse angegeben.

3.1.32**Bauform**

Untergruppe einer Bauart, Unterscheidungsmerkmal sind im Allgemeinen die Maße; eine Bauform kann mehrere Ausführungsformen umfassen, die sich im Allgemeinen durch mechanische Einzelheiten unterscheiden

Anmerkung 1 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Bauart.

3.1.33**oberflächenmontierbarer Widerstand**

Festwiderstand, dessen kleine Abmessungen und dessen Art oder Gestalt der Anschlüsse ihn für die Oberflächenmontage in Hybridschaltungen und auf Leiterplatten einsetzbar machen

Anmerkung 1 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Bauart, Bauform.

3.1.34**Temperaturkoeffizient des Widerstandswertes****TCR** α

reversible relative Änderung des Widerstandswertes zwischen zwei gegebenen Temperaturen dividiert durch die sie erzeugende Temperaturdifferenz

Anmerkung 1 zum Begriff: Es sollte darauf geachtet werden, dass der Begriff eine höchste relative Änderung des Widerstandswertes innerhalb eines bestimmten Temperaturbereichs ausdrückt, weshalb er keine Aussage über die Linearität dieser Funktion enthält und eine derartige Annahme auch nicht zulässt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Temperaturkoeffizient des Widerstandswertes wird üblicherweise zwischen der Bezugstemperatur und den Kategorientemperaturen LCT (untere Kategorietemperatur) bzw. UCT (obere Kategorietemperatur) bestimmt, wobei der größere der beiden bestimmten Koeffizienten als das Ergebnis ausgedrückt wird.

Anmerkung 3 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Temperaturabhängigkeit des Widerstandswertes.

3.1.35

Temperaturerhöhung

$\Delta\vartheta$

durch die Anwendung einer Belastung hervorgerufene Erhöhung der Temperatur auf oder in einem Widerstand, die von den thermischen Eigenschaften des Widerstands abhängt, d. h. von seiner Fähigkeit, Wärmelasten an die Umgebung abzuführen

3.1.36

Grenzabweichung

Grenzabweichung des Nennwerts

ΔR_n

zulässige relative Abweichung des tatsächlichen Widerstandswertes R bei 20 °C von dem Nennwert R_n bei 20 °C zum Zeitpunkt der Lieferung durch den Hersteller

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Grenzabweichung des Nennwerts berücksichtigt keine Veränderung des Widerstandswertes nach der Lieferung durch den Hersteller und beschreibt insbesondere keinen finanziellen Rahmen für Änderungen, der für den Widerstand naturgemäß unter dem Einfluss von elektrischen, umweltbedingten und anderen Belastungen bei seiner Anwendung erforderlich ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Nennwert.

3.1.37

Bauart

Gruppe von Bauelementen mit gleichen Konstruktionsmerkmalen, die aufgrund ähnlicher Herstellungstechniken für die Bauartanerkennung oder für die Qualitäts-Konformitätsprüfung zusammengefasst werden können. Sie werden im Allgemeinen von einer gemeinsamen Bauartspezifikation erfasst

Anmerkung 1 zum Begriff: Bauelemente nach verschiedenen Bauartspezifikationen können manchmal als zur gleichen Bauart gehörig betrachtet und aus diesem Grund zur Qualitätsbewertung zusammengefasst werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Befestigungsmittel werden nicht berücksichtigt, vorausgesetzt, sie haben keinen wesentlichen Einfluss auf die Ergebnisse der Prüfungen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Bauform.

3.1.38

obere Kategorietemperatur

UCT

höchste Umgebungstemperatur, für die ein Widerstand für Dauerbetrieb ausgelegt ist, wenn er mit dem Teil der Bemessungsbelastbarkeit belastet ist, der als Kategoriebelastbarkeit bezeichnet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei Widerständen mit einer linearen Lastminderung bis zu einer Kategoriebelastbarkeit von null ist die obere Kategorietemperatur gleich der höchsten Temperatur des Widerstandselementes.

Anmerkung 2 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: untere Kategorietemperatur, Kategorietemperaturbereich.

3.1.39

Temperaturabhängigkeit des Widerstandswertes

Reversible, infolge der Temperaturabweichung von den Bezugsbedingungen auftretende Änderung des Widerstandswertes, die üblicherweise mit dem Temperaturkoeffizienten des Widerstandswertes beschrieben wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Zugehörige Begriffe: Temperaturkoeffizient des Leitungswiderstandes.

3.1.40

sichtbare Schäden

bei geeigneter Vergrößerung erkennbarer Schaden, der die Verwendbarkeit des Bauelements für seinen vorgesehenen Zweck beeinträchtigen kann

3.1.41

Spannungskoeffizient des Widerstandswertes

VCR

reversible relative Änderung des Widerstandswertes zwischen zwei anliegenden Spannungen dividiert durch die sie erzeugenden Spannungen

3.2 Produkttechnologien

3.2.1 Allgemeine Bemerkungen zu Widerstandstechnologien

Die Definitionen in diesem Abschnitt dienen informativen Zwecken und sollten nicht normativ verwendet werden. Die Details dieser Definitionen werden nach heutigem Kenntnisstand angegeben, jedoch ohne Anspruch auf Vollständigkeit.

Die Definitionen sollen dem Leser einen Leitfaden über die Vielzahl der Technologien zur Herstellung von Widerständen geben und deren Identifizierung erleichtern. Die entsprechenden Spezifikationen können diese Definitionen durch weitere Einzelheiten ergänzen und gegebenenfalls auch die Verwendung von Kennbuchstaben vorschreiben.

Die entsprechende Spezifikation muss die Widerstände der jeweiligen Technologie in geeigneter Weise beschreiben, um die zugehörigen Eigenschaften zu identifizieren und Informationen über die geeigneten Anwendungen bereitzustellen.

3.2.2 Metallschichttechnologie

Das Widerstandselement eines Metallschichtwiderstands ist eine dünne und homogene Schicht aus einer Metalllegierung, die sich auf einem keramischen Kern oder Substrat befindet. Typische Beispiele für solche Metalllegierungen sind Nickel-Chrom in verschiedenen Zusammensetzungen und Komplexitäten oder Tantal-Nitrid, das üblicherweise durch Aufstäuben oder Verdampfen abgeschieden wird. Ein weiteres Beispiel ist die chemische Abscheidung einer Schicht, z. B. chemischer Nickel. Die typische Dicke einer aufgestäubten Metallschicht liegt im Bereich von 50 nm bis 4 µm, während die typische Dicke einer chemisch abgeschiedenen Schicht im Bereich von 2 µm bis 10 µm liegt.

Die Metallschichttechnologie ermöglicht es, durch die Werkstoffwahl und Änderung des Verarbeitungsprozesses ein bestimmtes Maß an Temperaturgleichgewicht zu erreichen.

Metallschichtwiderstände können für Präzision und Stabilität oder für eine hohe Verlustleistung konstruiert und hergestellt werden.

Wenn eine Kennzeichnung der Widerstandstechnologie erforderlich ist, z. B. durch eine entsprechende Spezifikation, sollte vorzugsweise der Buchstabe „M“ zur Identifizierung der Metallschichttechnologie verwendet werden.

ANMERKUNG Eine gebräuchliche alternative Bezeichnung für Metallschichten ist die Dünnschicht, die hauptsächlich dann eingesetzt wird, wenn diese Technologie für oberflächenmontierbare Widerstände verwendet wird.

3.2.3 Metallglasurtechnologie

Das Widerstandselement eines Metallglasurwiderstands ist eine dicke und heterogene Glasurschicht, die sich auf einem keramischen Kern oder Substrat befindet. Die Glasur wird üblicherweise mit Rutheniumoxid (Edelmetall) oder mit Tantalnitrid (Nichtedelmetall) gefüllt und durch Beschichtung eines zylindrischen Kerns oder durch Druck auf ein flaches Substrat abgelagert. Die übliche Dicke der Metallglasur liegt im Bereich 3 µm bis 20 µm.

Die Metallglasurtechnologie ermöglicht es, mehrere spezifische Temperaturgleichgewichtsstufen zu erreichen, vor allem durch die Wahl des Werkstoffes.

Metallglasurwiderstände können für allgemeine Zwecke oder spezielle Anwendungen konstruiert und hergestellt werden. Wenn sie für eine hohe Verlustleistung konstruiert werden, können spezielle keramische oder metallische Substrate verwendet werden.

Wenn eine Kennzeichnung der Widerstandstechnologie erforderlich ist, z. B. durch eine entsprechende Spezifikation, sollte vorzugsweise der Buchstabe „G“ zur Identifizierung der Metallglasurtechnologie verwendet werden.

ANMERKUNG Eine gebräuchliche alternative Bezeichnung für Metallglasur ist die Dickfilm, die hauptsächlich dann eingesetzt wird, wenn diese Technologie für oberflächenmontierbare Widerstände verwendet wird.

3.2.4 Metalloxidtechnologie

Das Widerstandselement eines Metalloxidwiderstands ist für gewöhnlich eine Schicht aus Zinnoxid mit einer Zugabe von Antimon, die möglicherweise in einer Glasur stabilisiert ist.

Die Metalloxidtechnologie ermöglicht ein Erreichen mehrerer spezifischer Stufen begrenzten Temperaturgleichgewichts.

Wenn eine Kennzeichnung der Widerstandstechnologie erforderlich ist, z. B. durch eine entsprechende Spezifikation, sollte vorzugsweise der Buchstabe „X“ zur Identifizierung der Metallglasurtechnologie verwendet werden.

3.2.5 Kohlenstoffschichttechnologie

Das Widerstandselement eines Kohlenstoffschichtwiderstands ist eine homogene Kohlenstoffschicht, die durch pyrolytische Fraktionierung auf einem keramischen Kern oder Substrat abgelagert wird.

Das Temperaturgleichgewicht von Kohlenstoffschichtwiderständen zeigt typischerweise eine Abnahme des Widerstandswertes mit steigender Temperatur, deren Geschwindigkeit typischerweise vom tatsächlichen Widerstandswert abhängt.

Wenn eine Kennzeichnung der Widerstandstechnologie erforderlich ist, z. B. durch eine entsprechende Spezifikation, sollte vorzugsweise der Buchstabe „C“ zur Identifizierung der Metallschichttechnologie verwendet werden.

3.2.6 Kohlemassewiderstände

Das Widerstandselement eines Kohlemassewiderstands ist ein fester Stab, der aus einer Mischung aus Kohlenstoffpartikeln mit einem nichtleitenden Bestandteil (z. B. Keramikstaub) und einem Bindemittel (z. B. Harz) besteht. Der Widerstand eines solchen Stabs wird durch die Mischung der Zusammensetzung kontrolliert. Die Anschlussdrähte werden entweder axial eingeführt oder mit Metallkappen an beiden Enden des Stabs angebracht.

ANMERKUNG 1 Kohlemassewiderstände hatten ihre Blütezeit in den Anfängen der Elektroindustrie und sind seit der Einführung der Oberflächenmontagetechnik merklich vom Markt verschwunden. Derzeit führen nur wenige Hersteller noch ein kleines Produktsortiment.

Das Temperaturgleichgewicht von Kohlemassewiderständen zeigt üblicherweise eine signifikante Abnahme des Widerstandswertes mit zunehmender Temperatur. Der größte Vorteil von Kohlemassewiderständen liegt in der hervorragenden Widerstandsfähigkeit gegenüber Spannungsschößen.

ANMERKUNG 2 Es gibt eine weitere Art von Widerständen, die auch als Kohlemassewiderstände bezeichnet werden und die durch Auftragen einer dicken Schicht aus einer Kohlenstoffzusammensetzung auf die Außenfläche eines Glasfaserrohres hergestellt werden. Natürlich wäre ein solcher Schichtwiderstand nicht in der Lage gewesen, das gleiche Maß an Widerstandsfähigkeit gegenüber Spannungsschößen zu erreichen, das ein echter Kohlemassewiderstand aufwies.

Wenn eine Kennzeichnung der Widerstandstechnologie erforderlich ist, z. B. durch eine entsprechende Spezifikation, sollte vorzugsweise der Buchstabe „B“ zur Identifizierung der Kohlemasstechnologie verwendet werden.

3.2.7 Keramiktechnologien

Das Widerstandselement eines Keramikwiderstands ist ein massiver Stab aus halbleitender Keramik.

Das Temperaturgleichgewicht von Keramikwiderständen zeigt üblicherweise eine signifikante Abnahme des Widerstandswertes mit zunehmender Temperatur. Der größte Vorteil von Keramikwiderständen liegt in der hervorragenden Widerstandsfähigkeit gegenüber Spannungsschößen.

Wenn eine Kennzeichnung der Widerstandstechnologie erforderlich ist, z. B. durch eine entsprechende Spezifikation, sollte vorzugsweise der Buchstabe „K“ zur Identifizierung der Keramiktechnologie verwendet werden.

3.2.8 Drahtwiderstände

Das Widerstandselement eines Drahtwiderstands ist ein Draht oder Flachband aus einer ausgewählten Widerstandslegierung, das um einen zylindrischen Kern, z. B. einen Keramikstab, ein Keramikrohr, oder einen Glasfaserstrang gewickelt ist. Die Wicklung wird fixiert und mit Zement oder Glasemaille beschichtet.

Das Temperaturgleichgewicht von Drahtwiderständen wird durch die Legierung des verwendeten Drahtes oder Bandes bestimmt. Bei niederohmigen Drahtwiderständen mit Anschlussdrähten kann es erforderlich sein, den zusätzlichen Widerstand und das Temperaturgleichgewicht dieser Drähte zu berücksichtigen.

Spezielle Arten von Drahtwiderständen, die für eine hohe Verlustleistung ausgelegt sind, werden in ein Keramikgehäuse eingesetzt oder in ein Metallgehäuse eingebaut, das zur Montage auf einem Kühlkörper vorgesehen ist.

Wenn eine Kennzeichnung der Widerstandstechnologie erforderlich ist, z. B. durch eine entsprechende Spezifikation, sollte vorzugsweise der Buchstabe „W“ zur Identifizierung der Drahttechnologie verwendet werden.

3.2.9 Metallfolientechnologie

Das Widerstandselement eines Metallfolienwiderstands ist eine strukturierte dünne Folie aus einer ausgewählten Metalllegierung, die fest mit einem Substrat aus Keramik oder einem Hochtemperaturpolymer verbunden ist. Das Widerstandselement und sein Substrat werden typischerweise mit einer Formmasse abgedeckt.

Das Temperaturgleichgewicht von Metallfolienwiderständen wird durch die Legierung der verwendeten Folie und durch die thermische Ausdehnung der Folie auf ihrem Substrat bestimmt. Bei niederohmigen Metallfolienwiderständen kann es erforderlich sein, den zusätzlichen Widerstand und das Temperaturgleichgewicht des Anschlussdrahtes oder Anschlussmaterials zu berücksichtigen.

Wenn eine Kennzeichnung der Widerstandstechnologie erforderlich ist, z. B. durch eine entsprechende Spezifikation, sollte vorzugsweise der Buchstabe „F“ zur Identifizierung der Metallfolientechnologie verwendet werden.

3.2.10 Metallbandtechnologie

Das Widerstandselement von Metallbandwiderständen ist eine Stange oder ein Band aus einer ausgewählten Metalllegierung, die üblicherweise mit Anschlussdrähten, Stangen oder Bändern aus hochleitfähigem Metall, z. B. Kupfer, verschweißt ist und als Abschluss dient. Das gesamte Widerstandselement wird, je nach vorgesehener Verlustleistung, üblicherweise entweder unverkleidet verwendet oder in einem Keramikgehäuse untergebracht.

Metallbandwiderstände werden überwiegend mit sehr geringem Widerstandswert verwendet, weshalb ihr Temperaturgleichgewicht durch die Kombination der verwendeten Legierung und des gegebenenfalls vorhandenen Anschlussmaterials bestimmt wird.

Wenn eine Kennzeichnung der Widerstandstechnologie erforderlich ist, z. B. durch eine entsprechende Spezifikation, sollte vorzugsweise der Buchstabe „S“ zur Identifizierung der Metallbandtechnologie verwendet werden.

3.3 Umhüllungen von Widerständen

3.3.1 Allgemeines

Widerstände werden mit einer Vielzahl von Umhüllungen und Einhausungen hergestellt, deren Hauptfunktion der geeignete Schutz vor mechanischen, elektrischen und klimatischen Einflüssen ist.

Einige davon entsprechen überwiegend der eigentlichen Form des Widerstandes und werden daher üblicherweise als Schutzbeschichtung bezeichnet.

Das bloße Vorhandensein einer Umhüllung oder Beschichtung gilt jedoch nicht als zulässiger Schutz vor möglichen Einflüssen, da ein Schutz vor schädlichen Einflüssen eine Qualifikation für jedes berücksichtigte Risiko mit Hilfe von geeigneten Prüfungen und Anforderungen erfordert. Die Wahl der geeigneten Prüfungen und der Prüfschärfen kann von der Umhüllung oder der Einhausung abhängen, das für die Herstellung spezifischer Widerstände verwendet wird, weshalb die folgenden Beschreibungen als geeignetes Mittel zur Kennzeichnung und Verweisung dienen können.

Einige Umhüllungsarten für Widerstände können mit speziellen Schnittstellen zur Befestigung an einer Auflagefläche oder mit speziellen Konstruktionsmerkmalen zur Verwendung von Montagezubehör ausgestattet werden. Diese besonderen Merkmale müssen in der jeweiligen Spezifikation angemessen beschrieben werden.

3.3.2 Pulverschutzbeschichtung

Eine weitere Bezeichnung für eine auf dem Markt verwendete Pulverschutzbeschichtung ist die Pulverschichtung, Wirbelbett-Pulverschichtung oder die Epoxidbeschichtung.

Die Pulverschichtung eines Widerstands wird durch Auftragen und Verschmelzen einer Schicht aus einem thermoplastischen oder duroplastischen Polymerpulver hergestellt, üblicherweise ohne Verwendung von Lösemitteln.

3.3.3 Lackschutzbeschichtung

Andere auf dem Markt verwendete Bezeichnungen für Lackschutzbeschichtungen sind Schutzbeschichtung, Silikonschutzbeschichtung oder Epoxidschutzbeschichtung.

Eine Lackschutzbeschichtung eines Widerstandes wird durch Auftragen einer oder mehrerer Lackschichten und deren ordnungsgemäße Aushärtung bei hohen Temperaturen hergestellt, damit die bei diesem Prozess möglicherweise verwendeten Lösemittel verdampfen können. Diese Lackschicht entspricht überwiegend der ursprünglichen Form des Widerstandes.

3.3.4 Silikonschutzbeschichtung

Andere auf dem Markt verwendete Bezeichnungen für Silikonzement-Beschichtungen sind Zementbeschichtung oder Hochtemperatur-Zementbeschichtung.

Eine Silikonzement-Beschichtung eines Widerstandes wird durch Auftragen einer oder mehrerer Schichten Silikonzement und dessen ordnungsgemäßer Aushärtung hergestellt und entspricht nahezu der ursprünglichen Form des Widerstandes.

Die Silikonzement-Beschichtung hält üblicherweise höheren Temperaturen stand als eine standardmäßige Lackbeschichtung. Die Bestimmung, ob eine Silikonbeschichtung brennbar oder nicht brennbar ist, hängt von der Art des verwendeten Silikonzements ab, was sich möglicherweise auch auf andere Eigenschaften des beschichteten Widerstands auswirkt.

3.3.5 Glasemaillebeschichtung

Andere auf dem Markt verwendete Bezeichnungen für Silikonzement-Beschichtungen sind Zementbeschichtung oder Hochtemperatur-Zementbeschichtung.

Eine Glasemaillebeschichtung ist eine glasartige Umhüllung eines Widerstandes, die durch Auftragen und Verglasen mehrerer Schichten wässriger Fritte hergestellt wird und die nahezu der eigentlichen Form des Widerstandes entspricht.

Diese Beschichtung wird eingesetzt, wenn sehr hohe Oberflächentemperaturen auftreten können oder wenn eine sehr spezielle Umgebung erforderlich ist, die gegen Lösemittel oder Feuchtigkeit beständig ist.

Widerstände mit Glasemaillebeschichtung sind bauartbedingt nicht brennbar.

Mit Glasemaille beschichtete Widerstände können höheren Temperaturen widerstehen als mit Silikon beschichtete.

3.3.6 Formkörper

Ein Formkörper ist eine Umhüllung eines Widerstandes in einer konstruierten Form, die durch Einspritzen der Bestandteile eines thermoplastischen oder duroplastischen Polymers in eine Form um den Widerstand hergestellt und ordnungsgemäß ausgehärtet wird.

Das Formteil wird eingesetzt, wenn besonders stabile Abmessungen oder eine besondere Robustheit gegenüber Umwelteinflüssen gefordert sind, z. B. Lösemittel- oder Feuchtigkeitsbeständigkeit.

3.3.7 Keramikgehäusewiderstand

Ein Keramikgehäusewiderstand ist ein Widerstand, der in ein feuerfestes Keramikgehäuse mit Hilfe einer anorganischen Verbindung wie einem wässrigen viskosen Zement eingegossen oder durch Sand oder Aluminiumoxid mit Silikon verbunden ist.

Das Keramikgehäuse widersteht sehr hohen Temperaturen, die über den Grenzwerten für Silikonbeschichtungen liegen, und ist bauartbedingt nicht brennbar.

3.3.8 Metallgehäusewiderstand

Ein Metallgehäusewiderstand ist ein Widerstand der bauartbedingt durch Glimmer befestigt oder in ein feuerfestes Keramikgehäuse mit Hilfe einer anorganischen Verbindung wie einem hochviskosen Zement eingegossen oder durch Sand oder Aluminiumoxid mit Silikon verbunden ist. Auch die Befestigung durch hochtemperaturbeständige Formen ist eine Möglichkeit für Kühlkörperwiderstände.

Metallgehäusewiderstände können extrem hohen Temperaturen widerstehen und sind bauartbedingt nicht brennbar

3.4 Produktklassifikation

Die Einführung einer Produktklassifizierung ermöglicht es dem Anwender, die Anforderungen an das Betriebsverhalten der erforderlichen Widerstände entsprechend den Bedingungen der vorgesehenen Endanwendung auszuwählen.

Es wurden drei allgemeine Endproduktstufen festgelegt, um charakteristische Unterschiede in den Anforderungen an Funktion, Leistung und Zuverlässigkeit widerzuspiegeln und die Verwendung geeigneter Inspektions- und Prüfpläne zu ermöglichen. Es sollte beachtet werden, dass bei einigen Anwendungen Überschneidungen zwischen den Stufen auftreten können.

Produktklassifikationsstufe G	Allgemeine elektronische Geräte, die typischerweise unter vorteilhaften oder moderaten Umgebungsbedingungen betrieben werden, bei denen die Hauptanforderung ihre Funktionsfähigkeit ist. Beispiele für die Produktklassifikationsstufe G sind Verbraucherprodukte und Telekommunikationsendgeräte.
Produktklassifikationsstufe P	<p>Leistungsstarke elektronische Geräte, bei denen eines oder mehrere der folgenden Kriterien zutreffen:</p> <ul style="list-style-type: none">– ununterbrochener Betrieb ist gewünscht oder verpflichtend;– Betrieb unter rauen Umgebungsbedingungen;– hohe Lebensdauer. <p>Beispiele für die Produktklassifikationsstufe P sind gewerbliche Geräte, Telekommunikationsübertragungssysteme, industrielle Steuerungs- und Messsysteme und die meisten Automobilanwendungen, die außerhalb des Passagierraums betrieben werden.</p>
Produktionsklassifikationsstufe R	<p>Hochleistungsfähige und hochzuverlässige elektronische Geräte, bei denen zusätzlich zu den Kriterien der Stufe P Anforderungen an die nachgewiesene Zuverlässigkeit und an eine zugelassene Ausfallrate gelten.</p> <p>Beispiele für Stufe R sind Militär- und Verteidigungsausrüstung, Luftfahrt-elektronik und Luft- und Raumfahrtanwendungen.</p> <p>Widerstände, die in der Produktklassifikationsstufe R eingestuft sind, werden mit einer bewerteten Ausfallrate versehen, siehe Anhang R dieser Spezifikation.</p>

Jede Stufe muss in den einzelnen Bauartspezifikationen verwendet werden, mit Ausnahme von Stufe P und Stufe R, die in zusammengefassten Bauartspezifikationen verwendet werden dürfen.

ANMERKUNG Die hier eingeführte Produktklassifikation soll eine Veränderung der in Prüfplänen enthaltenen Prüfungen entsprechend den jeweiligen Anwendungsanforderungen ermöglichen.

Sie ist nicht zu verwechseln mit der früher verwendeten Abänderung der Bewertungsstufen, die überwiegend Rückschlüsse auf den zulässigen Anteil von Prüflingen ermöglichte, die die Anforderungen der vorgeschriebenen Prüfungen nicht erfüllten. Eine solche allgemeine Zulassung von Fehlern wird nicht mehr als akzeptabel angesehen, weshalb bei allen Prüfplänen nur noch die Einzelbewertungsstufe EZ angewendet wird, die bei keiner vorgeschriebenen Prüfung Fehler zulässt.

4 Allgemeine Anforderungen

4.1 Einheiten und Symbole

Einheiten, Schaltzeichen und Formelzeichen müssen, so weit wie möglich, den folgenden Veröffentlichungen entnommen werden:

- IEC 60027 (alle Teile), Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC 60050 (alle Teile), International Electrotechnical Vocabulary;
- IEC 60617, Graphical symbols for diagrams;
- IEC 80000 (alle Teile), Quantities and units;
- ISO 80000 (alle Teile), Quantities and units.

Falls weitere Angaben benötigt werden, müssen diese nach den Grundsätzen der oben genannten Veröffentlichungen gebildet werden.

4.2 Vorzugswerte

4.2.1 Allgemeines

Jede Rahmenspezifikation muss die Vorzugswerte, die für die von ihr erfasste Produktgruppe geeignet sind, festlegen.

4.2.2 Bevorzugte Nennwerte des Widerstands

Die Vorzugswerte für den Nennwert des Widerstands müssen einer geeigneten, in IEC 60063 spezifizierte E-Reihe entnommen werden.

4.3 Kodierung

Wird für den Widerstandswert, die Grenzabweichung, den Temperaturkoeffizienten oder das Herstellungsdatum eine Kurzform verwendet, so muss ein Verfahren nach EN 60062 gewählt werden.

Die Kurzform wird üblicherweise bei der Kennzeichnung von Widerständen angewendet, kann aber auch für die Kennzeichnung von Verpackungen und für die Erstellung von Produktbezeichnungen sein, die beispielsweise im Bestellprozess oder für Datenbankeinträge verwendet werden.

4.4 Kennzeichnung der Widerstände

Widerstände sollten, soweit möglich, mit den folgenden Angaben gekennzeichnet werden:

- a) Nennwert;
- b) Grenzabweichung des Nennwerts;

Darüber hinaus sollten so viele mögliche der nachfolgenden Angaben, die in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit aufgeführt sind, in der Kennzeichnung enthalten sein:

- c) Temperaturkoeffizient (falls zutreffend);
- d) Jahr und Monat (oder Woche) der Herstellung;
- e) Nummer der Bauartspezifikation und Bauform;
- f) Name oder Firmenzeichen des Herstellers.
- g) Chargen- oder Losnummer.

Jede Angabe sollte in der Kennzeichnung auf dem Widerstand nur einmal enthalten sein.

Die Kennzeichnung von oberflächenmontierbaren Widerständen wird aufgrund ihrer geringen Abmessungen grundsätzlich nicht auf dem Widerstandskörper angebracht. Wenn jedoch eine Kennzeichnung auf dem Widerstandskörper vorgenommen wird, muss die Kennzeichnung mindestens den Nennwert enthalten.

Besondere Anforderungen müssen in der entsprechenden Spezifikation angegeben werden.

4.5 Kennzeichnung der Verpackung

Die Verpackung, die den Einzelwiderstand oder eine bestimmte Anzahl von Widerständen enthält, muss deutlich gekennzeichnet werden, vorzugsweise mit den folgenden Angaben:

- a) Bestellangabe, siehe 4.6;
- b) Stückzahl;
- c) Name des Herstellers oder Firmenzeichen;
- d) Herstellungsdatum, z. B. Jahr und Monate oder Woche;
- e) Herstellungscharge oder Losnummer sowie Produktionsstandort;
- f) Ursprungsland.

Jede zusätzliche Kennzeichnung muss so angebracht werden, dass keine Unklarheiten auftreten können.

Zusätzlich zu den alphanumerischen Klarschriftangaben dürfen maschinenlesbare grafische Symbole verwendet werden, z. B. lineare Barcodes oder 2D-Matrixcodes. Die grafischen Symbole müssten vorzugsweise IEC 62090 entsprechen. Die alphanumerischen Angaben müssen in einer ausreichend großen Schriftgröße aufgedruckt sein, damit sie mit dem bloßen Auge erkannt werden.

4.6 Bestellangabe

Die entsprechende Spezifikation muss ein Schema zur Erstellung von Bestellangaben für Widerstände entsprechend dieser Spezifikation enthalten. Ein solches Schema muss folgende Angaben umfassen:

- a) entsprechende Spezifikation;
- b) Bauform;
- c) Temperaturkoeffizient (falls zutreffend);
- d) Nennwert;
- e) Grenزابweichung des Nennwerts;
- f) Ausfallrate (sofern anwendbar);
- g) besondere Ausführung (falls zutreffend).

Die Verpackung ist nicht Teil der formalen Bestellangabe, da sie den jeweiligen Widerstand nicht identifiziert. Daher muss jede Verpackung zusammen mit der Bestellangabe aufgeführt werden und kann anschließend im Rahmen des Beschaffungsprozesses geändert werden, ohne die Auswahl des vorgesehenen Widerstands zu beeinträchtigen.

Die Bestellangabe muss für die Verarbeitung mit IT-Systemen geeignet sein. Daher müssen Überlegungen zur Verwendung einer festen Länge für alle Angaben, zu einer geeigneten Kodierung von Angaben (z. B. nach IEC 60062), zur Vermeidung unnötiger Zeichen (z. B. Leerzeichen) und zu einer akzeptablen Gesamtlänge der Bezeichnung berücksichtigt werden.

Besondere Anforderungen müssen in der entsprechenden Spezifikation angegeben werden.

4.7 Zulässiger Ersatz

4.7.1 Allgemeines

Die Angabe bestimmter Spezifikationsparameter stellt keine Anforderung an den exakt einzuhaltenden Wert dar. Stattdessen legt sie Parameter-Obergrenzen fest, die vom bestellten Produkt nicht überschritten werden dürfen.

Ein kleinerer Grenzwert für einen solchen Parameter verschärft das Akzeptanzfenster und stellt damit sicher, dass die Produkte auch den ursprünglichen, größeren Grenzwert einhalten. Daher kann ein bestimmter Wert für einen der von den folgenden Absätzen abgedeckten Parameter durch einen niedrigeren Wert ersetzt werden, es sei denn, er wird durch eine entsprechende Spezifikation formal ausgeschlossen.

Dieser Ersatz ist nur zulässig, wenn es sich bei dem Ersatzprodukt und dem ursprünglich bezeichneten Produkt um Varianten derselben Produktfamilie handelt, die sich in ihrer Konstruktion, Technologie, Leistung und Zuverlässigkeit nicht unterscheiden.

Die Verwendung eines Ersatzes ist zulässig, wenn sie zwischen dem Lieferanten und dem Benutzer des Bauteils vereinbart wurde.

4.7.2 Ersatz einer erforderlichen Grenzabweichung des Nennwerts

Die Angabe einer bestimmten Grenzabweichung eines Nennwerts stellt keine zu erfüllende Anforderung an eine exakte Abweichung dar. Daher kann nach den Bestimmungen von Abschnitt 4.7.1 eine bestimmte Grenzabweichung durch eine höhere Grenzabweichung ersetzt werden, die durch einen niedrigeren Wert für die Grenzabweichung ausgedrückt wird.

Beispiel Für Widerstände mit einer erforderlichen Grenzabweichung von $\pm 1\%$ des Nennwerts stellen Widerstände mit einer Grenzabweichung von $\pm 0,5\%$, $\pm 0,25\%$ oder $\pm 0,1\%$ optimal geeignete Alternativen dar.

4.7.3 Ersatz eines erforderlichen Temperaturkoeffizienten des Widerstandswertes

Die Angabe eines bestimmten Temperaturkoeffizienten des Widerstandswertes, TCR, stellt keine zu erfüllende Anforderung an eine exakte lineare Temperaturabhängigkeit des Widerstandswertes dar. Daher kann nach den Bestimmungen von Abschnitt 4.7.1 ein bestimmter TCR durch einen höheren TCR ersetzt werden, der durch einen niedrigeren TCR-Wert ausgedrückt wird.

Beispiel Für Widerstände mit einem erforderlichen Temperaturkoeffizienten des Widerstandswertes $\pm 50 \times 10^{-6}/K$ stellen Widerstände mit einem TCR von $\pm 25 \times 10^{-6}/K$ oder $\pm 15 \times 10^{-6}/K$ optimal geeignete Alternativen dar.

4.7.4 Ersatz einer erforderlichen Ausfallrate

Die Angabe einer bestimmten Ausfallrate für Widerstände mit ermittelter Zuverlässigkeit, die nach einer bestimmten Bauartspezifikation zugelassen sind, stellt keine zu erfüllende Anforderung für eine exakte Ausfallrate dar. Daher kann nach den Bestimmungen von Abschnitt 4.7.1 eine bestimmte Ausfallrate durch eine höhere Ausfallrate ersetzt werden, die durch einen niedrigeren Wert für die Ausfallrate ausgedrückt wird.

Beispiel Für Widerstände mit einer erforderlichen Ausfallrate von $10^{-5}/h$ (auch ausgedrückt als $1\%/1000\text{ h}$, oder als E5), stellen Widerstände mit einer Ausfallrate von $10^{-6}/h$ (auch ausgedrückt als $0,1\%/1000\text{ h}$, oder als E6) oder $10^{-7}/h$ (auch ausgedrückt als $0,01\%/1000\text{ h}$, oder als E7) optimal geeignete Alternativen dar.

4.8 Verpackung

Die Verpackung von Bauelementen wird üblicherweise in einer Vielzahl von Funktionsschichten mit individuell festgelegten Zwecken realisiert:

Die Primärverpackung ist das Material, das in direktem Kontakt mit den Bauteilen steht. Für viele Bauelementarten erleichtert die Primärverpackung das Laden der Bauteile in korrekt ausgerichteter sequenzieller Reihenfolge in ein automatisiertes Handhabungssystem, z. B. Bestückungseinrichtungen. In diesem Fall muss ein geeignetes, in der Normengruppe IEC 60286 beschriebenes Verpackungsverfahren angewendet werden. Beispiele für Primärverpackungen sind unter anderem:

- SMD-Bauelemente, die in gleichmäßigen Abständen in den Hohlräumen gestanzter Gurte oder Blistergurte platziert werden;
- Bauelemente mit axialen Anschlussdrähten, bei denen die Drahtenden in gleichen Abständen an einem Paar Gurtbänder befestigt sind;
- Bauelemente mit radialen Anschlussdrähten, bei denen die Drahtenden in gleichen Abständen an einem einzelnen Gurtband befestigt sind;

- größere Bauelemente oder Bauelemente mit ungewöhnlicher Form, die auf einem spezifischen Magazin angeordnet sind.

Die umhüllende Verpackung ist ein Material, das nicht in direktem Kontakt mit den Bauelementen steht, aber die Primärverpackung berührt. Ihr Zweck ist die Unterstützung des Handhabungsvorgangs einer bestimmten Menge an Bauelementen. Die Vorschriften der relevanten Norm IEC 60286 müssen auf der umhüllenden Verpackung angebracht werden, wenn sie mit dem automatisierten Handhabungssystem in Kontakt kommt. Beispiele für umhüllende Verpackungen sind unter anderem:

- SMD-Bauelemente in gestanzten Gurten oder in Blistergurten, die auf einer Gurtrolle aufgewickelt sind;
- Rollen mit gegurteten Bauelementen dürfen einzeln verpackt oder in einem Karten zusammengefasst werden;
- gegurtete Bauelemente mit axialen oder radialen Anschlussdrähten, die mit Zickzackgurt in einer Faltschachtel (auch als „Ammovepackung“ bezeichnet) verpackt oder auf eine Gurtrolle aufgewickelt werden;
- Magazine, die Bauteile in einer geometrischen Anordnung aufnehmen und in einer Faltschachtel gestapelt sind.

Primärverpackungen zusammen mit den entsprechenden umhüllenden Verpackungen bieten in der Regel keinen umfassenden Schutz vor erhöhten klimatischen, umweltbedingten oder mechanischen Einflüssen.

Als Sekundärverpackung werden alle Materialien bezeichnet, die verwendet werden, um die Außenseite der in ihr enthaltenen umhüllenden Verpackung(en) zusätzlich physisch zu schützen, z. B. für den Versand.

Die entsprechende Spezifikation muss Angaben zu den geeigneten Primärverpackungen und umhüllenden Verpackungen für die damit verpackte Produktserie enthalten. Diese Verpackungsarten müssen einen ausreichenden Schutz vor Beschädigungen und Beeinträchtigungen der Widerstände in einer standardmäßigen Umgebung für die Herstellung von elektronischen Bauelementen bieten.

4.9 Lagerung

Die Lagerung der Bauelemente in der ursprünglichen Primär- und umhüllenden Verpackung muss an einem geschlossenen Ort erfolgen, wobei die nachfolgenden Lagerbedingungen eingehalten werden müssen, sofern nichts anderes vorgeschrieben ist:

- Temperatur: 10 °C bis 45 °C
- Relative Luftfeuchte: $\geq 10 \%$;
jährlicher Mittelwert $\leq 75 \%$;
zeitweiser Höchstwert $\leq 90 \%$ für eine jährliche Gesamtanzahl von ≤ 30 Tagen.
- Kein Niederschlag oder Kondensation von Feuchtigkeit
- Keine Einwirkung von direkter Sonneneinstrahlung
- Nicht korrosive Atmosphäre
- Keine Exposition von biologischen Gefahren oder chemisch oder mechanisch aktiven Substanzen

In der entsprechenden Spezifikation muss die maximale Lagerdauer angegeben sein.

Die entsprechende Spezifikation sollte die Auswirkungen einer langfristigen Lagerung auf die hier abgedeckten Produkte beschreiben, z. B. Verschlechterung der Lötbarkeit oder Änderung des Widerstandswertes. Sie sollte außerdem die empfohlenen Lagerzeiten und geeigneten Prüfverfahren für die Wiederqualifizierung der Produkte nach der Lagerung über den entsprechenden Zeitraum enthalten.

4.10 Transport

Der Transport ist die Phase des Lebenszyklus eines Bauelements nach dem Versand vom Fertigungsstandort zum Produktionsstandort der elektronischen Baugruppe, während die Bauelemente unter nicht vorteilhaften Bedingungen (siehe Beschreibung in 4.9) in einem Lager des Vertreibers gelagert werden.

Während des Transports sind die klimatischen, umweltbedingten und mechanischen Bedingungen in der Regel weniger vorhersehbar und kontrollierbar als es für die Lagerung erforderlich ist. Jede Transportart beinhaltet eine Reihe von entsprechenden Vorgängen, während derer die beförderten Einheiten ganz unterschiedlichen Bedingungen ausgesetzt sein können; z. B. sind die Produkte beim Lufttransport in einem unter Druck stehenden Frachtraum weniger extremen Einflüssen ausgesetzt als während der Aufbewahrungs- und Ladephase an einem Flughafen.

Die Gesamtdauer des Transports und damit das Risiko der Exposition gegenüber extremen Bedingungen muss so kurz wie möglich sein, vorzugsweise weniger als 10 Tage.

Während des Transports müssen die Bauelemente und ihre Original-Primärverpackung und umhüllende Verpackung vor extremen Temperaturen, Feuchtigkeit und mechanischen Einflüssen geschützt sein. Es müssen die allgemeinen Transportbedingungen von IEC 61760-2 eingehalten werden. Dies umfasst die folgenden Grenzwerte:

- Temperatur: –25 °C bis 60 °C
- Relative Luftfeuchte: üblicherweise $\leq 85\%$

Die Sekundärverpackung muss einen ausreichenden Schutz bieten, um den Einfluss von biologischen Gefahren, korrosiven Atmosphären und chemisch oder mechanisch aktiven Substanzen aus den verpackten Bauelementen auszuschließen. Darüber hinaus muss sie den verpackten Inhalt vor Niederschlag, Kondensation von Feuchtigkeit oder anderem Wassereintritt schützen.

Im Allgemeinen sollten die beförderten Bauelemente nicht dauerhaften und/oder intensiven Stößen oder Erschütterungen ausgesetzt werden, wie dies beim Bodentransport in Kraftfahrzeugen ohne effiziente Federung und/oder auf schlechten Straßen, oder auch beim Lufttransport in Propellerflugzeugen oder Hubschraubern, zu erwarten ist.

Für Produkte, die empfindlicher auf besondere Umgebungsbedingungen oder mechanische Einflüsse reagieren, die während des Transports auftreten können, können in der entsprechenden Spezifikation spezifische Transportbedingungen festgelegt werden, vorzugsweise auf Grundlage der Bestimmungen in IEC 61760-2.

5 Allgemeine Bestimmungen für Mess- und Prüfverfahren

5.1 Allgemeines

Die relevante Spezifikation muss Angaben darüber enthalten, welche Prüfung durchzuführen ist, welche Messungen vor und nach jeder Prüfung oder Untergruppe von Prüfungen vorzunehmen sind und in welcher Reihenfolge sie auszuführen sind. Die Schritte jeder einzelnen Prüfung müssen in der angegebenen Reihenfolge ausgeführt werden. Die Messbedingungen für Anfangs- und Endmessungen müssen gleich sein.

In der Regel müssen die Prüflinge gekennzeichnet oder in einer eindeutigen Anordnung platziert werden, um die korrekte Zuordnung der Messungen zu jedem einzelnen Prüfling sicherzustellen.

Wenn relevante Spezifikationen andere Verfahren als die in dieser Fachgrundspezifikation beschriebenen verwenden, müssen diese Verfahren darin vollständig beschrieben werden.

Die von jeder entsprechenden Spezifikation vorgeschriebenen Leistungsanforderungen sind absolute Grenzwerte. Es muss die Richtlinie bezüglich der Messunsicherheit und Grenzwerte, wie in IECQ 03-1:2018, Anhang C, enthalten, angewendet werden.

Das Standardergebnis einer vorgeschriebenen Prüfung ist demzufolge die digitale Information über die Einhaltung der vorgegebenen Anforderungen, d. h. eine bestandene oder nicht bestandene Prüfung. Alle zusätzlichen Daten aus einer Prüfung sollten in individuellen Vereinbarungen zwischen dem Lieferanten und dem Anwender des Bauelements abgestimmt werden.

5.2 Normalklima

5.2.1 Referenzbedingungen

Als Bezugsklima gilt das Bezugs-Normalklima nach EN 60068-1:2013, 4.1. Diese Bedingungen sind in Tabelle 1 angegeben:

Tabelle 1 – Normalklima

Temperatur °C	Relative Luftfeuchte %	Luftdruck kPa
20	Nicht festgelegt	101,3

5.2.2 Schiedsbedingungen

Für Schiedsmessungen und -prüfungen muss eine der in IEC 60068-1:2013, 4.2, enthaltenen und darin für enge Grenzübergänge der Temperatur sowie enge Luftfeuchtbereiche festgelegten Normalklimabedingungen gewählt werden. Diese Bedingungen sind in Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2 – Schiedsbedingungen

Temperatur °C	Relative Feuchte %	Luftdruck kPa
20 ± 1	63 bis 67	86 bis 106
23 ± 1	48 bis 52	86 bis 106
25 ± 1	48 bis 52	86 bis 106
27 ± 1	63 bis 67	86 bis 106

5.2.3 Normklima für Prüfungen

Wenn nicht anders festgelegt, müssen alle Prüfungen und Messungen bei Normalklima für Prüfungen nach IEC 60068-1:2013, 4.3, durchgeführt werden. Diese Bedingungen sind in Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 3 – Normalklima für Prüfungen

Temperatur °C	Relative Feuchte %	Luftdruck kPa
15 bis 35	25 bis 75	86 bis 106

Bevor die Messungen durchgeführt werden, muss der Widerstand so lange der Labortemperatur ausgesetzt werden, bis der gesamte Widerstand diese Temperatur erreicht hat. Für diesen Zweck ist die Dauer, wie sie für die Nachbehandlung des Prüflings am Ende einer Prüfung vorgeschrieben ist, üblicherweise ausreichend.

Falls Messungen bei einer anderen als der festgelegten Temperatur durchgeführt werden, müssen die Ergebnisse gegebenenfalls auf die festgelegte Temperatur korrigiert werden. Die während der Messungen herrschende Umgebungstemperatur muss im Prüfbericht angegeben werden. Bei Unstimmigkeiten müssen diese Messungen bei einer der Temperaturen für Schiedsmessungen (nach 4.2.3) und unter den gegebenenfalls in dieser Spezifikation genannten weiteren Bedingungen wiederholt werden.

Schwankungen der Labortemperatur müssen innerhalb einer Spanne von ± 1 K gehalten werden, und Schwankungen der Luftfeuchte sollten während einer Reihe von Messungen, die im Rahmen einer einzelnen Prüfung durchgeführt werden, auf ein Minimum beschränkt werden.

Während der Messungen muss der Widerstand vor Luftzug, direkter Sonneneinstrahlung und anderen Ein-

flüssen, die Fehler verursachen könnten, geschützt werden.

5.2.4 Bedingungen für die Nachbehandlung

Falls nicht anders festgelegt, muss die Nachbehandlung bei Normalklima für Prüfungen erfolgen, siehe 5.2.3 und Tabelle 3.

Falls die Nachbehandlung unter streng kontrollierten Bedingungen erforderlich und dies entsprechend in der entsprechenden Spezifikation festgelegt ist, müssen die Bedingungen nach IEC 60068-1:2013, 4.4.2, angewendet werden. Diese Bedingungen sind in Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4 – Überwachte Klimabedingungen für die Nachbehandlung

Temperatur °C	Relative Feuchte %	Luftdruck kPa	Dauer h
Im Bereich 15 bis 35: Tatsächliche Labortemperatur ± 1 °C	73 bis 77	86 bis 106	Wie vom Prüfverfahren oder der entsprechenden Spezifikation festgelegt

5.3 Grenzabweichungen der Prüfschärfen

5.3.1 Allgemeines

Im Allgemeinen ist bei jeder für einen bestimmten Parameter festgelegten Grenzabweichung vorgesehen, dass absolute Fehler bei der Messung, langsame Änderungen des Parameters innerhalb der Prüfdauer und Schwankungen des Parameters über den gesamten Arbeitsraum berücksichtigt werden. Die angegebenen Grenzabweichungen dürfen nicht verwendet werden, um bewusst von einer vorgeschriebenen Prüfschärfe abzuweichen.

Für diese Prüfungen gelten die folgenden Bestimmungen zu den Grenzabweichungen, wenn für den jeweiligen Prüfparameter keine Grenzabweichung angegeben ist.

5.3.2 Grenzabweichungen für Temperaturangaben

Sofern nicht anders vorgeschrieben, muss die in Tabelle 5 angegebene Grenzabweichung für die Angabe einer Prüf- oder Lagertemperatur angewendet werden.

Tabelle 5 – Standardmäßige Grenzabweichungen für Temperaturangaben

Temperatur ϑ	Absolute Grenzabweichung
$\vartheta \leq -25$ °C	± 3 °C
-25 °C $< \vartheta \leq 100$ °C	± 2 °C
100 °C $< \vartheta \leq 200$ °C	± 3 °C
200 °C $< \vartheta$	± 5 °C

Es sollte jedoch beachtet werden, dass eine Temperaturänderung, z. B. innerhalb einer Prüfkammer, wahrscheinlich auch die relative Luftfeuchte beeinflusst. Daher kann jede Anforderung zur Aufrechterhaltung der relativen Luftfeuchte innerhalb bestimmter Grenzwerte eine implizierte Anforderung für das Temperaturgleichgewicht darstellen, die enger sein kann als die für die Prüftemperatur festgelegte Grenzabweichung.

5.3.3 Grenzabweichungen für Spannungsangaben

Sofern nicht anders vorgeschrieben, muss die in Tabelle 6 angegebene Grenzabweichung für die Angabe einer Prüf- oder Belastungsspannung angewendet werden.

Tabelle 6 – Standardmäßige Grenzabweichungen für Spannungsangaben

Spannung U	Relative Grenzabweichung
$U \leq 1 \text{ V}$	$\pm 5 \%$
$1 \text{ V} < U \leq 100 \text{ V}$	$\pm 1 \%$
$100 \text{ V} < U$	$\pm 2 \%$

5.3.4 Grenzabweichungen für die Angabe der Dauer

Sofern nicht anders vorgeschrieben, muss die in Tabelle 7 angegebene Grenzabweichung für die Angabe einer Prüfdauer angewendet werden.

Tabelle 7 – Standardmäßige Grenzabweichungen für Spannungsangaben

Dauer t	Relative Grenzabweichung	Absolute Grenzabweichung
$t \leq 100 \text{ h}$	0 / +5 %	–
$100 \text{ h} < t \leq 500 \text{ h}$	–	0 / +8 h
$500 \text{ h} < t \leq 2\,000 \text{ h}$	–	0 / +24 h
$2\,000 \text{ h} < t$	–	0 / +48 h

5.4 Trocknung

Ist eine zusätzliche Trocknung vor Beginn einer Prüfung oder Messung erforderlich, muss eines der in Tabelle 8 aufgeführten Verfahren angewendet werden. Sofern in der entsprechenden Spezifikation nicht anders festgelegt, muss Verfahren 1 angewendet werden.

Der Widerstand ist anschließend in einem Exsikkator unter Verwendung eines geeigneten Trockenmittels wie aktiviertes Aluminiumoxid oder Silicagel abkühlen zu lassen, und er muss darin von der Entnahme aus dem Trockenschrank bis zum Beginn der erforderlichen Prüfungen verbleiben.

Tabelle 8 – Trocknungsverfahren für Prüflinge

Verfahren	Temperatur °C	Relative Feuchte %	Dauer h
1	55 ± 2	≤ 20	24 ± 4
2	100 ± 5	Trockene Wärme	96 ± 4

ANMERKUNG 1 Verfahren 1 basiert auf der Angabe des Normalklimas für eine zusätzliche Trocknung aus IEC 60068-1:2013, 4.5.

ANMERKUNG 2 Die Bedingungen für trockene Wärme nach IEC 60068-2-2 müssen für Verfahren 2 angewendet werden.

5.5 Befestigung der Prüflinge

5.5.1 Allgemeines

Die entsprechende Spezifikation muss die Befestigung der Prüflinge für die von diesem Dokument abgedeckten Produkte festlegen. Diese Festlegung muss, sofern möglich, auf realistischen Anwendungsbedingungen der entsprechenden Produkte bei der Verwendung in einer elektronischen Ausrüstung basieren. Die Festlegung muss alle Einflüsse der Montage ausschließen, die in der Lage sind, den vorgesehenen Schärfe-grad der entsprechenden Prüfungen zu verringern.

Die Montage erleichtert im Allgemeinen die elektrischen Verbindungen mit den Prüflingen bei allen Prüfungen, bei denen eine elektrische Anregung angewendet wird (z. B. Dauerprüfung mit Wärmeabstrahlung, Feuchteprüfung mit Belastungsspannung), sowie für alle Prüfungen, bei der eine In-situ-Widerstandsmes-

sung angewendet wird. Daher müssen die Verbindungen so hergestellt werden, dass die elektrische Anregung in jedem Prüfling innerhalb der vorgegebenen Grenzwerte die festgelegte Bedingung erfüllt und dass die Messung an jedem Prüfling die erforderliche Genauigkeit erreicht.

5.5.2 Befestigung auf Trägern

Oberflächenmontierbare Widerstände und andere Widerstände, die für Leiterplatten vorgesehen und üblicherweise auf Leiterplatten montiert sind, z. B. Widerstände für die Durchsteck-Montage, müssen für die Prüfung vorzugsweise auf geeigneten Trägern montiert werden.

Der Träger muss üblicherweise aus einer kupferkaschierten, mit E-Glasgewebe verstärkten Epoxidharz-Leiterplatte bestehen, und die wesentlichen Details müssen in der entsprechenden Spezifikation festgelegt sein:

- Dicke der Leiterplatte;
- Anzahl und Dicke der Kupferschicht(en);
- Abmessungen der Anschlussflächen für die entsprechenden WiderstandsbaufORMen;
- Abstände der Prüflinge auf einer Leiterplatte (falls mehr als einer);
- räumliche Ausrichtung der Prüfleiterplatte;
- Anordnung und Abmessungen von Leitern für den Anschluss der Prüflinge;
- Anordnung und Abmessung von anderen Leiterbildern neben den Prüflingen;
- minimale Größe der Leiterplatte.

Anstelle einer eindeutigen Definition einer kupferkaschierten, mit E-Glasgewebe verstärkten Epoxidharz-Leiterplatte gelten die durch einige verfügbare Normen wie IEC 61249-2-7, IEC 61249-2-22 oder IEC 61249-2-35 definierten Werkstoffe als ausreichend gleichartig und sollten daher als Träger für die Prüfung von Widerständen geeignet sein.

Die Festlegung eines Lötverfahrens muss auf den in IEC 61760-1 beschriebenen Verfahren beruhen, wobei die Einzelheiten entsprechend den Bedingungen der Lötprüfnormen IEC 60068-2-20 und IEC 60068-2-58, soweit anwendbar, vorgeschrieben sind.

Die Montagevorschriften müssen die anwendbaren Verarbeitungsanforderungen für gelötete elektronische Baugruppen nach IEC 61192 (alle Teile) berücksichtigen.

Die Montagevorschriften müssen die Empfehlungen von IEC 60068-2-47 berücksichtigen, wenn die Montage von Prüflingen zum Zwecke einer dynamischen Prüfung, wie z. B. einer Dauerschock-, Schock- oder Schwingprüfung, durchgeführt wird.

5.5.3 Montage auf Prüfgeräten

Widerstände, die nicht für die Montage auf Leiterplatten vorgesehen sind, müssen auf geeigneten Prüfgeräten montiert werden. Dieses Verfahren gilt auch für Widerstände mit Anschlussdrähten, die zum Lötén auf Leiterplatten bestimmt sind, z. B. Widerstände für die Durchsteck-Montage.

Ein solches Gerüst besteht üblicherweise aus Stäben aus leitfähigem Material, die geeignete Klemmen für den Anschluss der Prüflinge bereitstellen, einschließlich der wesentlichen Details, die in der entsprechenden Spezifikation festgelegt sind:

- Abstände der Prüflinge auf einem Gerüst;
- Abstände zwischen den Stäben eines Gerüsts;
- räumliche Ausrichtung des Gerüsts;
- Stapelung von Gerüsten, falls zulässig;
- Führung und Abmessungen von Leitern für den Anschluss der Prüflinge.

Die Montagevorschriften müssen die anwendbaren Verarbeitungsanforderungen für elektrische Baugruppen berücksichtigen, z. B. ausgewählt aus den in IEC 61192 (alle Teile) angegebenen.

Die Montagevorschriften müssen die Empfehlungen von IEC 60068-2-47 berücksichtigen, wenn die Montage von Prüflingen zum Zwecke einer dynamischen Prüfung, wie z. B. einer Dauerschock-, Schock- oder Schwingprüfung, durchgeführt wird.

5.5.4 Montage auf Kühlkörpern

Widerstände, die für die Montage auf Kühlkörpern vorgesehen sind, müssen auf einem geeigneten Kühlkörper für die Prüfung unter Berücksichtigung der wesentlichen Details montiert werden, die in der entsprechenden Spezifikation festgelegt sind:

- Werkstoff, Auslegung und Abmessungen des Kühlkörpers;
- ein die Abstrahlung unterstützendes Medium:
 - Luft, unter Verwendung natürlicher Konvektion oder erzwungener Konvektion;
 - flüssiges Kühlmittel: Zusammensetzung der Flüssigkeit;
- Temperatur und Durchflussmenge des die Abstrahlung unterstützenden Mediums, wie zutreffend;
- Montageposition des Prüflings;
- Fixierung des Prüflings auf dem Kühlkörper;
- Wärmeschnittstelle zwischen Prüfling und Kühlkörper, wie zutreffend:
 - Oberfläche des Kühlkörpers: Ebenheit, Rauigkeit, Beschichtung;
 - Wärmeleitmaterial: Werkstoff, Dicke, Wärmeleitfähigkeit;
- Wärmewiderstand des Kühlkörpers mit aktiver Abstrahlungsunterstützung.

Die Montagevorschriften müssen die Empfehlungen von IEC 60068-2-47 berücksichtigen, wenn die Montage von Prüflingen zum Zwecke einer dynamischen Prüfung, wie z. B. einer Dauerschock-, Schock- oder Schwingprüfung, durchgeführt wird.

5.6 Messungen des Widerstandswertes

Der Widerstandswert muss mit einer niedrigen Gleichspannung gemessen werden, die so kurz wie möglich angelegt wird, damit sichergestellt ist, dass die Temperatur des Widerstandselementes während der Messung nicht merklich ansteigt.

Falls Prüfungen in einer vorgegebenen Reihenfolge durchgeführt werden, dürfen die Endmessungen einer Prüfung als Anfangsmessungen für die nachfolgende Prüfung verwendet werden.

Bei widersprüchlichen Messergebnissen, die auf die Messspannung zurückgeführt werden können, müssen die in Tabelle 9 angegebenen Spannungen für Schiedsmessungen verwendet werden.

Tabelle 9 – Spannungen für die Widerstandsmessung

Nennwert des Prüflings R	Empfohlene Messspannung U_{meas}
$R < 10 \, \Omega$	0,1 V
$10 \, \Omega \leq R < 100 \, \Omega$	0,3 V
$100 \, \Omega \leq R < 1 \, \text{k}\Omega$	1 V
$1 \, \text{k}\Omega \leq R < 10 \, \text{k}\Omega$	3 V
$10 \, \text{k}\Omega \leq R < 100 \, \text{k}\Omega$	10 V
$100 \, \text{k}\Omega \leq R < 1 \, \text{M}\Omega$	25 V
$1 \, \text{M}\Omega \leq R$	50 V

ANMERKUNG 1 Eine relative Grenzabweichung $\frac{0}{-10}$ % gilt für die empfohlene Messspannung U_{meas} .

ANMERKUNG 2 Die angewendete Messspannung muss so ausgewählt werden, dass der Widerstand mit weniger als 10 % seiner Bemessungsbelastbarkeit $U_{\text{meas}} < \sqrt{0,1 \cdot P_r \cdot R}$ belastet wird.

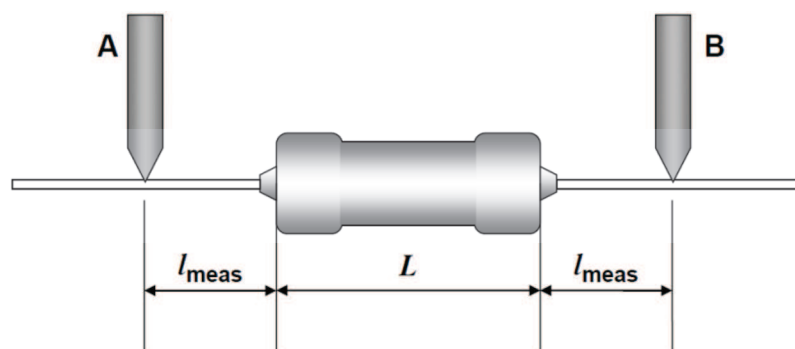
ANMERKUNG 3 Die angewendete Messspannung darf nicht die höchste zulässige Dauerspannung des Prüflings $U_{\text{meas}} \leq U_{\text{max}}$ überschreiten.

Die erforderliche Genauigkeit des Messverfahrens, einschließlich der Messgeräte, hängt von der Anwendung ab:

- Wird die Messung zur Beurteilung des absoluten Widerstandswerts innerhalb eines vorgegebenen Grenzabweichungsbereichs wie in 6.1 verwendet, darf die Gesamtabweichung 10 % dieser Grenzabweichung nicht überschreiten.
- Bei Messungen, die zu einer Prüffolge gehören, muss es möglich sein, Änderungen des Widerstandswertes mit einer Messunsicherheit von höchstens 10 % der größten in dieser Prüffolge zugelassenen Änderung zu erfassen.

Die Position der Widerstandsmesssonden (z. B. Kraftsonden, Messsonden) an den Anschlüssen der Prüflinge muss ordnungsgemäß angeordnet und reproduzierbar sein, um die Vergleichbarkeit der nachfolgenden Messungen zu ermöglichen.

Sofern nicht anders in der entsprechenden Spezifikation festgelegt müssen die Messpunkte an Festwiderständen auf den Anschlussdrähten in einem Abstand von $l_{\text{meas}} = (6 \pm 1) \text{ mm}$ vom Widerstandskörper liegen, siehe Bild 2.

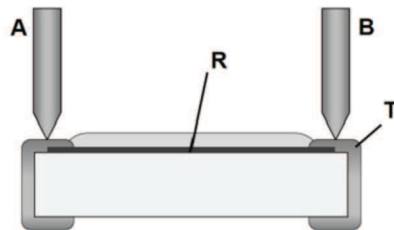


Legende

- A, B Messpunkte
 L Körperlänge, gemessen nach IEC 60294
 l_{meas} Abstand des Messpunktes vom Widerstandskörper.

Bild 2 – Standardmäßige Messpunkte an einem Widerstand mit Drahtanschluss

Sofern in der entsprechenden Spezifikation nicht anders festgelegt, müssen die Messpunkte bei oberflächenmontierbaren Widerständen (SMD-Widerständen) auf den Anschlüssen auf der Seite des Widerstandselements liegen, siehe Bild 3.



Legende

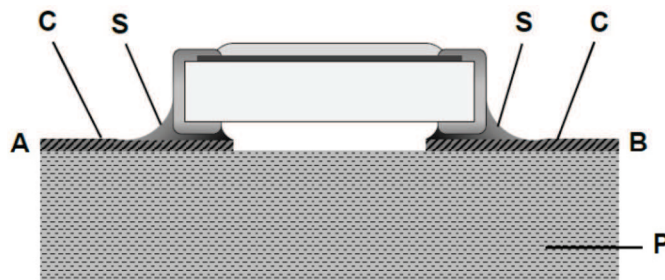
- A, B Messpunkte
- R Widerstandselement
- T Anschluss

Bild 3 – Standardmäßige Messpunkte an einem SMD-Widerstand

Wenn die entsprechende Spezifikation festlegt, dass die oberflächenmontierbaren Widerstände für spezifische Prüfungen auf einer Prüfleiterplatte montiert werden müssen, befinden sich die Messpunkte üblicherweise auf dieser Leiterplatte, siehe Bild 4. Beim Aufbau einer solchen Prüfleiterplatte sollten getrennte Kraft- und Spannungsmessleiter berücksichtigt werden.

Für Spezialwiderstände, z. B. für SMD-Widerstände mit sehr geringem Widerstandswert oder für SMD-Präzisionswiderstände mit sehr geringem Widerstandswert, kann die entsprechende Spezifikation eine andere, geeignetere Stelle für die Messpunkte festlegen, z. B. an der Seite des Widerstandselements, wie in Bild 3 dargestellt. Eine Anleitung zur Messung von geringen Widerstandswerten kann IEC 62812 entnommen werden.

Bei montierten oberflächenmontierbaren Widerständen ist es nicht zu vermeiden, dass der Serienwiderstand der Seitenanschlüsse des Produkts und der Lötverbindungen in den gemessenen Widerstandswert einbezogen wird.



Legende

- A, B Messpunkte
- C Leiter, z. B. Kupferspur
- P Träger, z. B. Leiterplatte
- S Lötverbindung

ANMERKUNG 1 Die tatsächliche Stelle der Messpunkte hängt von der Gestaltung des Leiterbilds ab, z. B. Bereitstellung von separaten Spuren für eine Vierdraht-Messung, sowie von der Messschaltung.

ANMERKUNG 2 Das Vorhandensein oder Fehlen einer isolierenden Schicht auf den nicht verwendeten Teilen des Leiters, z. B. eine Lötmaske, ist grundsätzlich nicht entscheidend für die Messung des Widerstandswertes.

Bild 4 – Messpunkte an einem montierten SMD-Widerstand

Eine genaue Beurteilung dieses zusätzlichen Widerstandswertes ist aufgrund der Variation der Schichtdicken, die für den Aufbau der Seitenanschlüsse verwendet werden, sowie aufgrund der Variation des Lotvolumens und der daraus resultierenden steigenden Höhe des Lotanflusses schwierig zu erreichen. Der zu erwartende sehr geringe zusätzliche Widerstandswert ist jedoch für eine Vielzahl von Widerständen vernachlässigbar.

Wenn dieser zusätzliche Widerstandswert nicht vernachlässigbar ist, z. B. bei sehr niederohmigen Produkten, muss der Hersteller dieses Produkts eine geeignete Schätzung, z. B. basierend auf Entwurfsparametern und/oder Messungen, vorlegen, um die erwartete Größe und Variation des zusätzlichen Widerstandswertes anzuzeigen.

6 Elektrische Messungen und Prüfungen

6.1 Widerstandswert

6.1.1 Zweck dieser Prüfung

Zweck dieser Prüfung ist die Übereinstimmung des tatsächlichen Widerstandswertes mit seinem Nennwert und der vorgegebenen Grenzabweichung zum Zeitpunkt der Auslieferung durch den Hersteller zu überprüfen.

ANMERKUNG Das generische Verfahren zur Messung des Widerstandswerts wurde von dieser Prüfung getrennt und ist in Abschnitt 5.6 aufgeführt.

6.1.2 Vorbereitung der Prüflinge

Wenn die Prüflinge unter verschiedenen Umgebungsbedingungen aufbewahrt wurden, müssen sie bei Normalklima für die Prüfung, siehe 5.2.3, gelagert und mindestens 4 Stunden lang stabilisiert werden.

6.1.3 Prüfverfahren

Der Widerstandswert muss wie in 5.6 festgelegt gemessen werden.

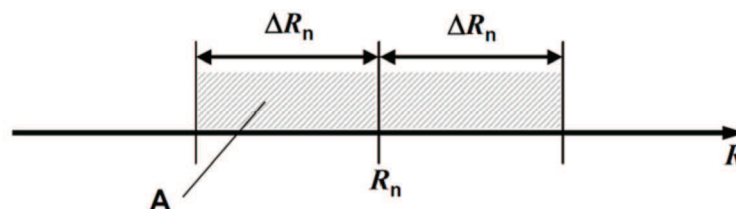
Es wird empfohlen, den zulässigen Temperaturbereich für die Messung des Widerstandswertes auf einen engeren Bereich um die Bezugstemperatur 20 °C zu begrenzen, z. B. auf einen Bereich von 19 °C bis 25 °C.

6.1.4 Anforderungen

Der bei 20 °C messbare Widerstandswert R_{20} muss dem Nennwert R_n unter Berücksichtigung der vorgegebenen Grenzabweichung ΔR_n des Nennwerts entsprechen.

$$R_n - \Delta R_n \leq R_{20} \leq R_n + \Delta R_n$$

Das Akzeptanzfenster, definiert durch den zulässigen Widerstandsbereich, ist für eine symmetrische Grenzabweichung in Bild 5 dargestellt. Für eine asymmetrische Grenzabweichung muss das Akzeptanzfenster entsprechend festgelegt werden.



Legende

R_n Nennwert

ΔR_n Grenzabweichung des Nennwerts

A Zulässiger Bereich für den bei 20 °C messbaren Widerstandswert

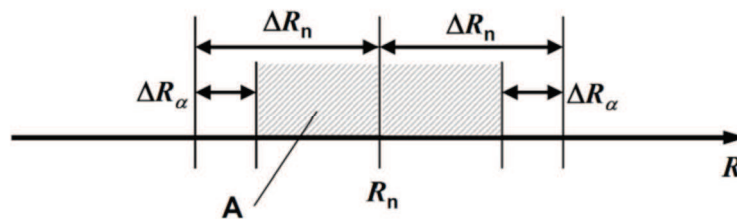
Bild 5 – Zulässiger Bereich des Widerstandswertes aufgrund der Grenzabweichung

Wurde die Messung des Widerstandswertes R_g bei einer anderen Temperatur als 20 °C , ϑ_m , durchgeführt, muss die zulässige Wirkung des für den Prüfling angegebenen Temperaturkoeffizienten des Widerstandswertes (TCR) α berücksichtigt werden, wodurch der zulässige Bereich der Grenzabweichung wirksam reduziert wird.

$$\Delta R_\alpha = |\alpha \times (\vartheta_m - 20\text{ °C})|$$

$$R_n - (\Delta R_n - \Delta R_\alpha) \leq R_g \leq R_n + (\Delta R_n - \Delta R_\alpha)$$

Das Akzeptanzfenster, definiert durch den zulässigen Widerstandsbereich, ist für eine symmetrische Grenzabweichung und einen symmetrischen TCR in Bild 6 dargestellt. Für eine asymmetrische Grenzabweichung und oder einen symmetrischen TCR muss das Akzeptanzfenster entsprechend festgelegt werden.



Legende

R_n Nennwert

ΔR_n Grenzabweichung des Nennwerts

ΔR_α Berücksichtigung der Wirkung des TCR

A Zulässiger Bereich für den bei der Temperatur ϑ_m messbaren Widerstandswert

Bild 6 – Zulässiger Bereich des Widerstandswertes aufgrund der Grenzabweichung und des TCR

6.2 Temperaturkoeffizient des Widerstandswertes

ANMERKUNG Diese Prüfung wurde in früheren Ausgaben dieser Norm als Temperaturabhängigkeit des Widerstandswertes bezeichnet.

6.2.1 Zweck dieser Prüfung

Während die meisten metallischen Leitermaterialien eine signifikante positive Variation ihres Widerstandswertes abhängig von der Temperatur aufweisen, wobei viele von ihnen im Bereich von $3000 \times 10^{-6}/\text{K}$ bis $4000 \times 10^{-6}/\text{K}$ liegen, gilt als allgemeines Ziel, die meisten Festwiderstände praktisch ohne Variation des Widerstands bereitzustellen. Daher ist ein gemeinsamer Sollwert des Temperaturkoeffizienten des Widerstandswertes (TCR) $0 \times 10^{-6}/\text{K}$. Da jedoch, wie in Bild 7 dargestellt, ein solches ideales Verhalten nicht erreichbar ist, werden reale Widerstände mit einer zulässigen Abweichung von diesem Idealziel, ausgedrückt als $(0 \times \alpha_r)$, spezifiziert, die innerhalb des festgelegten Temperaturbereichs zwischen LCT und UCT gilt.

ANMERKUNG Im Allgemeinen wird nur die zulässige Abweichung des Temperaturkoeffizienten des Widerstandswertes als $\pm \alpha_r$ angegeben.

Zweck dieser Prüfung ist es, die Übereinstimmung der Änderung des Widerstandswertes in Abhängigkeit von der Temperatur über den gesamten Bereich von der unteren Kategorientemperatur (LCT) bis zur oberen Kategorientemperatur (UCT) oder einem anderen in der jeweiligen Spezifikation festgelegten Temperaturbereich mit dem angegebenen zulässigen Temperaturkoeffizienten des Widerstandswertes (TCR) $(0 \times \alpha_r)$ zu überprüfen.

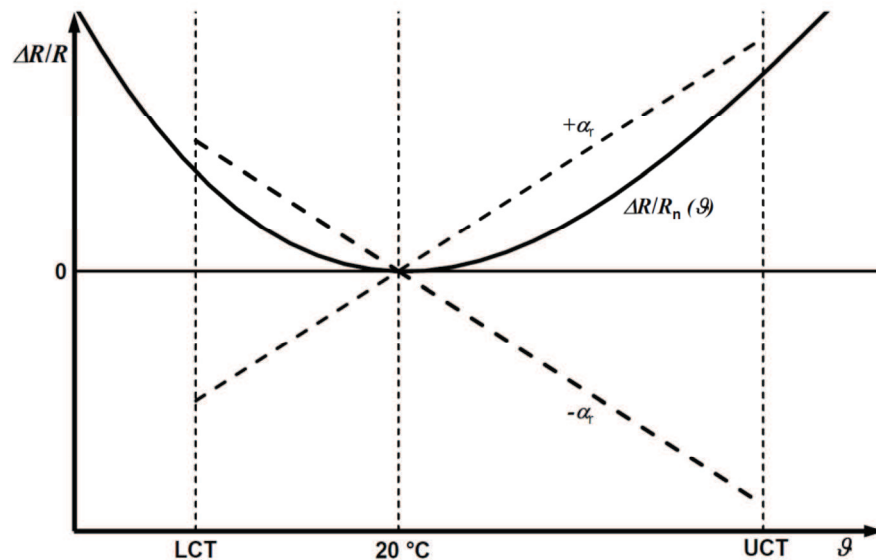


Bild 7 – Temperaturabhängigkeit des Widerstandswertes (Beispiel)

6.2.2 Vorbereitung der Prüflinge

Der Widerstand muss wie in 5.4 beschrieben getrocknet werden.

5.2.3 Prüfausrüstung und Befestigung der Prüflinge

Die Prüfung darf durch die Verwendung aneinandergereihter Kammern, die jeweils auf eine der erforderlichen Temperaturen eingestellt sind, oder durch Verwendung einer Kammer durchgeführt werden, die nacheinander auf jede der erforderlichen Temperaturen eingestellt werden kann. Das Mess- und Regelungssystem der Kammer(n) muss in der Lage sein, die erforderliche Temperatur innerhalb der vorgegebenen Grenzabweichung an jedem Prüfling zu erreichen. IEC 60068-3-5 sollte zur Bestätigung der Leistung der Temperatorkammer(n) berücksichtigt werden.

Die Prüflinge müssen auf einem Prüfgestell oder auf Prüfträgern so montiert werden, dass trotz der angewandten Temperaturänderung eine kontinuierliche Verbindung sichergestellt ist.

6.2.4 Prüfverfahren

Widerstandsmessungen müssen in der in Tabelle 10 aufgeführten Reihenfolge der Schritte bei jeder der erforderlichen Temperaturen durchgeführt werden, nachdem der Widerstand Temperaturgleichgewicht erreicht hat.

Temperaturgleichgewicht gilt als erreicht, wenn zwei Widerstandswerte, die im Abstand von mindestens 5 min gemessen wurden, höchstens um einen Betrag voneinander abweichen, der auf die Messunsicherheit der Messeinrichtung zurückgeführt werden kann.

Tabelle 10 – Temperatur- und Messreihenfolgen

Schritt	Temperatur	Gemessene Temperatur	Gemessener Widerstandswert
1	20 °C	ϑ_1	R_1
2	LCT	ϑ_{LCT}	R_{LCT}
3	20 °C	ϑ_3	R_3
4	UCT	ϑ_{UCT}	R_{UCT}
5	20 °C	ϑ_5	R_5
ANMERKUNG 1	Es gilt eine Grenzabweichung von +5 °C / –1 °C für die Nenntemperatur 20 °C.		
ANMERKUNG 2	Es gilt eine Grenzabweichung von ± 3 °C für die untere Kategorietemperatur (LCT).		
ANMERKUNG 3	Es gilt eine Grenzabweichung von ± 2 °C für die obere Kategorietemperatur (UCT).		
ANMERKUNG 4	In der entsprechenden Spezifikation können andere Werte als LCT oder UCT festgelegt sein.		

Die Temperatur des Widerstandes zum Zeitpunkt der Messung muss aufgezeichnet werden. Die Unsicherheit der Temperaturmessung darf 1 °C nicht überschreiten.

6.2.5 Bewertung der Messungen

Der tatsächliche Temperaturkoeffizient des Widerstandswertes α_m zwischen der Bezugstemperatur 20 °C und einer beliebigen Prüftemperatur wird im Allgemeinen aus den jeweiligen Widerstandswerten mit der folgenden Gleichung berechnet:

$$\alpha_m = \frac{\Delta R}{R_{20} \times \Delta \vartheta}$$

Dabei ist

- ΔR die Differenz der Widerstandswerte zwischen den Messungen bei Prüftemperatur und bei Bezugstemperatur;
- R_{20} der Widerstandswert bei der Bezugstemperatur 20 °C;
- $\Delta \vartheta$ die Differenz zwischen der Prüftemperatur und der Bezugstemperatur;

ANMERKUNG 1 Nach den Vorschriften von IEC 60027-1 und der früheren Norm ISO 1000 sind Temperaturdifferenzen in Kelvin anzugeben.

Die Einheit des Temperaturkoeffizienten des Widerstandswertes α ist 1/K, jedoch empfiehlt sich aufgrund der kleinen Größenordnung, die TCR-Werte eher in ihrem dezimalen Untervielfachen $10^{-6}/K$ auszudrücken.

ANMERKUNG 2 Ein gebräuchlicher Ausdruck für $10^{-6}/K$ „parts per million per Kelvin“, abgekürzt als ppm/K.

Für die Berechnung des unteren TCR (TCR bei niedrigen Temperaturen), α_{LCT} , zwischen der Bezugstemperatur und der LCT muss der Mittelwert der Messungen der Bezugstemperatur und des Widerstandswertes bei dieser Bezugstemperatur vor und nach der Messung bei der LCT verwendet werden.

$$\alpha_{LCT} = \frac{(R_{LCT} - R'_{20})}{R'_{20} \times (\vartheta_{LCT} - \vartheta'_{20})}$$

Dabei ist

$$R'_{20} = \frac{(R_1 + R_3)}{2}$$

der Mittelwert der bei den Schritten 1 und 3 gemessenen Widerstandswerte

$$\vartheta'_{20} = \frac{(\vartheta_1 + \vartheta_3)}{2}$$

der Mittelwert der bei den Schritten 1 und 3 gemessenen Temperaturen

Für die Berechnung des oberen TCR (TCR bei hohen Temperaturen), α_{UCT} , zwischen der Bezugstemperatur und der UCT muss der Mittelwert der Messungen der Bezugstemperatur und des Widerstandswertes bei dieser Bezugstemperatur vor und nach der Messung bei der UCT verwendet werden.

$$\alpha_{UCT} = \frac{(R_{UCT} - R''_{20})}{R''_{20} \times (\vartheta_{UCT} - \vartheta''_{20})}$$

Dabei ist

$$R''_{20} \text{ der Mittelwert der bei den Schritten 3 und 5 gemessenen Widerstandswerte } R''_{20} = \frac{(R_3 + R_5)}{2}$$

$$\vartheta''_{20} \text{ der Mittelwert der bei den Schritten 3 und 5 gemessenen Temperaturen } \vartheta''_{20} = \frac{(\vartheta_3 + \vartheta_5)}{2}$$

Der sich ergebende Gesamt-TCR α ist das Maximum der absoluten Ergebnisse des unteren TCR α_{LCT} und des oberen TCR α_{UCT} .

$$\alpha = \max(|\alpha_{\text{LCT}}|; |\alpha_{\text{UCT}}|)$$

6.2.6 Anforderungen

Der sich ergebende Temperaturkoeffizient des Widerstandwertes α darf die zulässige Abweichung α_r des Temperaturkoeffizienten des Widerstandwertes (TCR), $(0 \pm \alpha_r)$, wie in der jeweiligen Spezifikation für die entsprechende Kategorietemperatur festgelegt, nicht überschreiten:

$$\alpha \leq \alpha_r$$

ANMERKUNG IEC 62812 über Messverfahren für niedrige Widerstände bietet die erforderlichen Mittel, um die technischen Probleme zu überwinden, die dazu geführt haben, dass Widerstände unter 10Ω von der Forderung nach einer echten TCR-Bewertung in früheren Ausgaben dieser Norm ausgenommen wurden.

6.3 Induktivität

ANMERKUNG Diese Prüfung wurde in früheren Ausgaben dieser Norm als Prüfung des Blindwiderstands bezeichnet.

6.3.1 Zweck dieser Prüfung

Die Prüfung der Induktivität ist nur bei Widerständen durchzuführen, bei denen eine geringe Induktivität gefordert und in der entsprechenden Spezifikation festgelegt ist. Die Prüfung ist für den Bereich induktiver Blindwiderstände geeignet, der bei drahtgewickelten Widerständen auftritt.

6.3.2 Vorbereitung der Prüflinge

Wenn die Prüflinge unter verschiedenen Umgebungsbedingungen aufbewahrt wurden, müssen sie bei Normalklima für die Prüfung, siehe 5.2.3, gelagert und mindestens 4 Stunden lang stabilisiert werden.

6.3.3 Prüfschaltung mit Impulsgenerator

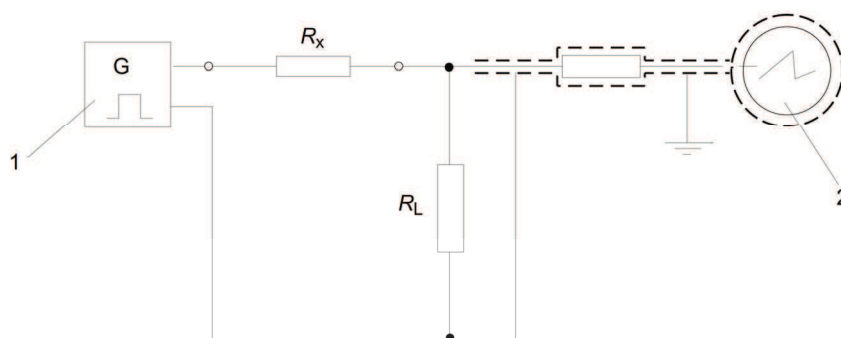
Eine Prüfschaltung mit Impulsgenerator ist in Bild 8 dargestellt. Diese Schaltung kann für Widerstände mit einer induktiven Zeitkonstante τ_L verwendet werden

$$\tau_L = L_x / R_x \geq 20 \text{ ns}$$

Dabei ist

L_x die Induktivität des Widerstandsprüflings;
 R_x der Widerstandswert des Widerstandsprüflings.

Es können Widerstandswerte im Bereich von 100Ω bis $1 \text{ M}\Omega$ geprüft werden.

**Legende**

1 Impulsgenerator

2 Oszilloskop

 R_x zu prüfender Widerstand R_L induktionsfreier Widerstand mit $R_L \approx 0,1 \times R_x$

ANMERKUNG Die Verbindungsleitungen zwischen Generator und Widerstand R_x sollten nicht länger als 50 mm sein.

Bild 8 – Prüfschaltung zur Messung der Induktivität

Der Impulsgenerator muss folgende Kennwerte besitzen:

Impulsdauer:	mindestens das Dreifache der Zeit L/R ;
Anstiegszeit, von 10 % auf 90 %, unter folgender Last:	$< 3 \text{ ns}$;
Impulsfrequenz:	$> 10 \text{ kHz}$ oder ausreichend zur gut ablesbaren Darstellung auf dem Oszilloskop.

Das Oszilloskop muss folgende Kennwerte besitzen:

Anstiegszeit, von 10 % auf 90 %:	$< 3,7 \text{ ns}$;
Frequenzverhalten:	$\geq 100 \text{ MHz}$;
Zeitauflösung:	$\leq 2 \text{ ns/Teilung}$;
Eingangskapazität bei R_L :	$\leq 25 \text{ pF}$;
Verstärkung:	muss bei der verwendeten Impulsspannung für eine gute Ablesung ausreichen

6.3.4 Messung des Spannungsanstiegszeit

Der Strom in der Prüfschaltung steigt aufgrund der Induktivität allmählich an, sobald die Impulsspannung auf ihr oberes Niveau ansteigt. Das Oszilloskop bildet diesen Strom ab, dargestellt durch die Spannung am Serienwiderstand R_L .

Die induktive Zeitkonstante τ_L kann wie in Bild 9 dargestellt bestimmt werden, indem die Zeit abgelesen wird, in der die Spannung auf 63,2 % der Endspannung $U_{\max}$ ansteigen muss.

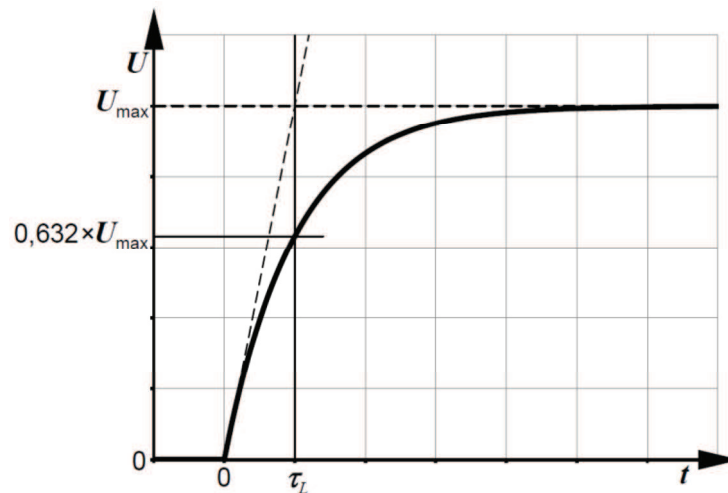


Bild 9 – Exponentieller Spannungsanstieg aufgrund der Induktivität

ANMERKUNG Es ist ausreichend, den Nullspannungspunkt durch Verlängerung der Kurve zu bestimmen, wenn zu Beginn des Spannungsanstiegs Rauschen oder Verzerrungen auftreten.

Die Induktivität des Prüflings wird mit Hilfe folgender Gleichung berechnet:

$$L_x = \tau_L \times (R_x + R_L)$$

6.3.5 Prüfung mit Impedanzmessgerät

Alternativ zu der in Bild 8 dargestellten Prüfschaltung kann ein geeigneter hochfrequenter Impedanzanalysator oder ein gleichwertiges Prüfgerät verwendet werden.

Die Messfrequenz muss in der entsprechenden Spezifikation festgelegt werden.

6.3.6 Anforderungen

Die Induktivität L oder die induktive Zeitkonstante τ_L muss innerhalb der in der jeweiligen Spezifikation festgelegten Grenzen liegen

6.4 Spannungskoeffizient des Widerstandswertes

6.4.1 Zweck dieser Prüfung

Mit dieser Prüfung kann ein signifikanter Spannungskoeffizient des Widerstandswertes (VCR), β , ermittelt werden.

ANMERKUNG Die geringe Wärmekapazität vieler Arten von niedrig belastbaren Schichtwiderständen oder von oberflächenmontierbaren Widerständen führt zu einem erheblichen Temperaturanstieg bei solchen Prüflingen.

Solche Widerstände, die z. B. in der Metallschichttechnologie hergestellt werden, weisen in der Regel einen so niedrigen VCR auf, dass das Ergebnis dieses Prüfverfahrens wahrscheinlich von der Wirkung der Temperaturerhöhung dominiert wird, auch bei Prüflingen mit einem ausgezeichneten Temperaturgleichgewicht.

Solche Widerstände, die z. B. in der Metallglasurtechnologie hergestellt werden, weisen in der Regel einen größeren TCR auf, der zusammen mit dem erwarteten Temperaturanstieg wahrscheinlich über einem erwarteten größeren VCR eines solchen Prüflings dominiert.

6.4.2 Vorbereitung der Prüflinge

Der Widerstand muss wie in 5.4 beschrieben getrocknet werden.

6.4.3 Prüfverfahren

Anschließend muss der Widerstandswert bei 10 % und bei 100 % der Bemessungsspannung oder – wenn niedriger – bei der höchsten zulässigen Dauerspannung gemessen werden. Die 100-%-Spannung darf höchstens 0,5 s innerhalb insgesamt 5 s anliegen; die 10-%-Spannung darf nicht länger als die verbleibenden 4,5 s angelegt werden. Eine Wiederholung dieser Abfolge sollte vermieden werden.

Es muss darauf geachtet werden, dass der Widerstand sich nicht merklich erwärmt.

6.4.4 Bewertung der Messungen

Der Spannungskoeffizient (VCR) β wird mit Hilfe der folgenden Gleichung berechnet:

$$\beta = \frac{\frac{R_2 - R_1}{R_1}}{U_{\text{test } 2} - U_{\text{test } 1}} = \frac{R_2 - R_1}{0,9 \times U_{\text{test } 2} \times R_1}$$

Dabei ist

$U_{\text{test } 1}$ die niedrigste Prüfspannung, $U_{\text{test } 1} = 0,1 \times U_{\text{test } 2}$;

$U_{\text{test } 2}$ die höchste Prüfspannung, $U_{\text{test } 2} = U_r$ oder $U_{\text{test } 2} = U_{\text{max}}$, je nachdem, welcher Wert größer ist;

R_1 der bei $U_{\text{test } 1}$ gemessene Widerstandswert;

R_2 der bei $U_{\text{test } 2}$ gemessene Widerstandswert.

ANMERKUNG Die Einheit des Spannungskoeffizienten des Widerstandwertes β ist $1/V$, jedoch empfiehlt sich aufgrund der kleinen Größenordnung, die VCR-Werte eher in einem geeigneten dezimalen Untervielfachen wie $10^{-3}/V$ oder $10^{-6}/V$ auszudrücken.

6.4.5 Anforderungen

Der Spannungskoeffizient β muss sich innerhalb der in der entsprechenden Spezifikation festgelegten Grenze befinden.

6.5 Nichtlinearität

ANMERKUNG Diese Prüfung ist auch als Prüfung der Oberschwingung 3. Ordnung bekannt.

6.5.1 Zweck dieser Prüfung

Mit dieser Prüfung wird die Größe der nichtlinearen Verzerrung beurteilt, die in einem Widerstand erzeugt wird.

Diese Prüfung ist ein Verfahren zur Beurteilung der Integrität eines Widerstandselements, das als effektives Durchleuchtungsprüfverfahren angewendet werden kann, das geeignet ist, potenzielle Frühausfälle von Widerständen zu erkennen und zu verhindern.

Diese Prüfung ist für Prüflinge mit einem Widerstandswert im Bereich von 1Ω bis zu $22 \text{ M}\Omega$ anwendbar.

6.5.2 Vorbereitung der Prüflinge

Wenn die Prüflinge unter verschiedenen Umgebungsbedingungen aufbewahrt wurden, müssen sie bei Normalklima für die Prüfung, siehe 5.2.3, gelagert und mindestens 4 Stunden lang stabilisiert werden.

6.5.3 Prüfverfahren

Die Widerstände müssen mit der Grundfrequenz $f_1 = 10 \text{ kHz}$ und dementsprechend der dritten Oberschwingungsfrequenz $f_3 = 30 \text{ kHz}$ nach IEC 60440 auf ihre Nichtlinearität gemessen werden.

Die Messung muss bei den in 5.2.3 angegebenen Umgebungsbedingungen durchgeführt werden.

Sofern in der entsprechenden Spezifikation nichts anderes festgelegt ist, muss die anzulegende Spannung entweder der Bemessungsspannung oder der höchsten zulässigen Dauerspannung, je nachdem, welche geringer ist, entsprechen.

6.5.4 Bewertung der Messergebnisse

Die Messergebnisse müssen nach IEC 60440:2012, Abschnitt 6 zur Bestimmung des Oberschwingungsverhältnisses A_3 bewertet werden.

6.5.5 Anforderungen

In der entsprechenden Spezifikation muss ein Mindestwert für das dritte Oberschwingungsverhältnis A_3 festgelegt werden, der üblicherweise in Abhängigkeit vom Widerstandswert des Prüflings angegeben wird. Das dritte Oberschwingungsverhältnis A_3 muss die festgelegte Grenze überschreiten.

Darüber hinaus kann die betreffende Spezifikation, wenn sie auf eine Nichtlinearitätsprüfung angewendet wird, eine höhere Trennschärfe festlegen, indem sie einen dynamischen Mindestwert in Bezug auf die statistische Verteilung der Nichtlinearität innerhalb einer analysierten Charge verwendet, wie in IEC 60440:2012, 6.2 vorgeschlagen.

6.6 Stromrauschen

6.6.1 Zweck dieser Prüfung

Diese Prüfung bewertet das „Rauschen“ oder die Größe des Stromrauschens, das in Festwiderständen erzeugt wird, die als Reflexion der körnigen Struktur des Widerstandswerkstoffes angesehen werden können. Bei einigen Widerstandstechnologien mit homogenen Schichten gilt diese Prüfung als Hinweis auf Fehler.

Diese Prüfung ist für Prüflinge mit einem Widerstandswert im Bereich von 100 Ω bis zu 22 M Ω anwendbar.

6.6.2 Vorbereitung der Prüflinge

Wenn die Prüflinge unter verschiedenen Umgebungsbedingungen aufbewahrt wurden, müssen sie bei Umgebungsbedingungen für die Prüfung, wie in IEC 60195:2016, 5.1 vorgeschrieben, gelagert und mindestens 24 Stunden lang stabilisiert werden.

6.6.3 Prüfverfahren

Die Widerstände müssen nach dem in IEC 60195 angegebenen Verfahren geprüft werden.

Die Messung muss bei den in IEC 60195:2016, 5.1 angegebenen Umgebungsbedingungen durchgeführt werden.

Sofern in der entsprechenden Spezifikation nichts anderes festgelegt ist, muss die anzulegende Spannung entweder der Bemessungsspannung oder der höchsten zulässigen Dauerspannung, je nachdem, welche geringer ist, entsprechen.

6.6.4 Bewertung der Messergebnisse

Die Messergebnisse müssen nach IEC 60195:2016, Abschnitt 6, zur Bestimmung eines praktischen Stromrauschindex A_1 oder des Verhältnisses zwischen Stromrauschen und Spannung CNR_U ausgewertet werden.

6.6.5 Anforderungen

Der praktische Stromrauschindex A_1 , oder das Verhältnis zwischen Stromrauschen und Spannung CNR_U , muss innerhalb des in der entsprechenden Spezifikation vorgeschriebenen Grenzwerts liegen, der üblicherweise in Abhängigkeit vom Widerstandswert des Prüflings angegeben wird.

6.7 Temperaturanstieg

6.7.1 Zweck dieser Prüfung

Mit dieser Prüfung wird der Temperaturanstieg des Prüflings unter Volllast beurteilt, wenn er entsprechend der Festlegung der entsprechenden Spezifikation montiert wird.

Diese Prüfung gilt für Prüflinge mit einem Nennwert R_n , der den kritischen Widerstandswert R_{crit} nicht überschreitet.

$$R_n \leq R_{crit}, \text{ daher gilt}$$

$$R_n \leq U_{max2}/P_{70}$$

6.7.2 Vorbereitung der Prüflinge

6.7.2.1 Vorbehandlung der Prüflinge

Wenn die Prüflinge unter verschiedenen Umgebungsbedingungen aufbewahrt wurden, müssen sie bei Normalklima für die Prüfung, siehe 5.2.3, gelagert und mindestens 4 Stunden lang stabilisiert werden.

6.7.2.2 Befestigung der Prüflinge auf einem Prüfstell

Falls zutreffend, müssen die Prüflinge auf einem Prüfstell entsprechend den Festlegungen der entsprechenden Spezifikation montiert werden, siehe auch 5.5.1 und 5.5.3.

Für die Durchführung dieser Prüfung muss die Längsachse der Prüflinge horizontal in einer einzigen Lage ausgerichtet werden.

6.7.2.3 Alternative Befestigung der Prüflinge

Für Prüflinge, die nicht für die Montage auf einem Prüfstell oder auf einem Prüfträger geeignet sind, muss die entsprechende Spezifikation das geeignete Montageverfahren festlegen. Dieses Montageverfahren muss für diese Temperaturanstiegsprüfung, für Dauerprüfungen und für alle anderen Prüfungen geeignet sein, bei denen die zu montierenden Prüflinge erforderlich sind, siehe auch 5.5.1.

Die entsprechende Spezifikation muss die räumliche Ausrichtung der montierten Prüflinge für diese Prüfung festlegen.

6.7.3 Prüfverfahren

Die Prüfung muss bei den in 5.2.3 angegebenen Umgebungsbedingungen durchgeführt werden. Als Luftbewegung ist nur die durch den erwärmten Widerstand hervorgerufene Konvektionsströmung zulässig.

Die Bemessungsspannung muss angelegt werden.

Nach Erreichen des Temperaturgleichgewichtes muss die Temperatur an der wärmsten Stelle der Oberfläche des Widerstandes gemessen werden.

Das Temperaturmessverfahren darf nur einen minimalen Einfluss auf die Prüflinge und die Messung haben. Ein allgemein bevorzugtes Verfahren ist IR-Thermographie mit einem System mit ausreichender räumlicher und thermischer Auflösung. Der Einsatz von Kontaktmessverfahren kann akzeptabel sein, wenn deren Einfluss auf die thermischen Bedingungen des Prüflings auf ein Niveau unterhalb der erforderlichen Genauigkeit reduziert werden kann.

6.7.4 Anforderungen

Die Temperaturerhöhung darf die in der entsprechenden Spezifikation festgelegte Grenze nicht überschreiten.

7 Dauerprüfungen

7.1 Dauerprüfung bei der Nenntemperatur 70 °C

ANMERKUNG Diese Prüfung ist auch als Lebensdauerprüfung bei konstanter Belastung bekannt, ohne offensichtliche Unterscheidung von der in 7.2 genannten Prüfung. In früheren Ausgaben dieser Norm wurde sie als Dauerprüfung bei 70 °C bezeichnet.

7.1.1 Zweck dieser Prüfung

Sofern in der entsprechenden Spezifikation nicht anders festgelegt, ist die Bemessungsbelastbarkeit des Widerstands auf die Bemessungstemperatur von 70 °C zu beziehen, wie im Lastminderungsdiagramm in Bild 10 dargestellt. Diese Dauerprüfung ist die Normprüfung für alle Widerstände.

ANMERKUNG Ein gemeinsames Merkmal von niedrig belastbaren Widerständen ist eine Lastminderungskurve mit der gleichen Verlustleistung P_{70} von LCT bis 70 °C.

Die Bemessungstemperatur bestimmt üblicherweise den Knickpunkt in einem Lastminderungsdiagramm. Unterhalb der Bemessungstemperatur bis zur unteren Kategorietemperatur zeigt die Lastminderungskurve einen konstanten Wert in Höhe der Bemessungsbelastbarkeit, während sie oberhalb der Bemessungstemperatur einen linearen Verlauf auf eine Belastbarkeit von null bei der höchsten Temperatur des Widerstandselements, die gleich oder größer als die angegebene obere Kategorietemperatur sein kann, zeigt.

7.1.2 Prüfkammer

Die Größe der Prüfkammer und die Anzahl der darin zu prüfenden Widerstände müssen so bemessen werden, dass bei voller Belastung aller Widerstände die dadurch erzeugte Wärme kleiner ist als die zum Aufrechterhalten der Bemessungstemperatur in der Kammer benötigte Wärme, so dass die Temperatur noch über die Heizelemente geregelt werden kann. Die Temperaturfühler müssen ausreichenden Abstand von den Widerständen haben und müssen so abgeschirmt sein, dass sie von der Wärmestrahlung der Widerstände nicht unmittelbar beeinflusst werden.

Über den Widerständen darf kein unzulässiger Luftzug entstehen. Wenn eine Prüfkammer mit erzwungener Luftumwälzung verwendet wird, müssen die Widerstände so dagegen geschützt werden, dass sie nur der Luftbewegung durch natürliche Konvektion ausgesetzt sind.

7.1.3 Befestigung der Prüflinge

Die Befestigung der Prüflinge hängt von der Widerstandsbauart ab und muss den Bestimmungen von 5.5 und den folgenden Bestimmungen entsprechen, sofern in der entsprechenden Spezifikation nicht anders festgelegt.

- a) Oberflächenmontierbare Widerstände müssen auf geeigneten Prüfleiterplatten befestigt werden, siehe 5.5.2, die in der entsprechenden Spezifikation festzulegen sind.
- b) Bei Widerständen mit Anschlussdrähten, die für die Verwendung auf Leiterplatten vorgesehen sind, muss dasselbe Befestigungsverfahren wie unter c) beschrieben angewendet werden, sofern in der entsprechenden Spezifikation keine geeignete Prüfleiterplatte für die Befestigung der Prüflinge festgelegt ist.
- c) Widerstände, die nicht hauptsächlich für die Verwendung auf Leiterplatten vorgesehen sind, müssen mit ihren Anschlüssen an geeignete Klemmen auf einer Leiste aus leitfähigem Material angeschlossen werden, siehe 5.5.3. Alle Widerstände müssen, wenn in der entsprechenden Spezifikation nicht anders festgelegt, mit waagerechter Achse in nur einer Ebene befestigt werden. Der Abstand zwischen den Achsen der Widerstände muss mindestens das 7-Fache des Durchmessers der Widerstandskörper betragen.

7.1.4 Anfangsmessung

Der Widerstandswert muss nach 5.6 gemessen werden.

7.1.5 Temperatur und Last

Nachdem die Widerstände in die Prüfkammer eingebracht worden sind, müssen sie der Bemessungstemperatur ausgesetzt werden, die, sofern in der entsprechenden Spezifikation nicht anders festgelegt, 70 °C betragen muss (siehe Bild 10). Entsprechend 5.3.2 muss die zulässige Grenzabweichung von der Bemessungstemperatur ± 2 °C betragen.

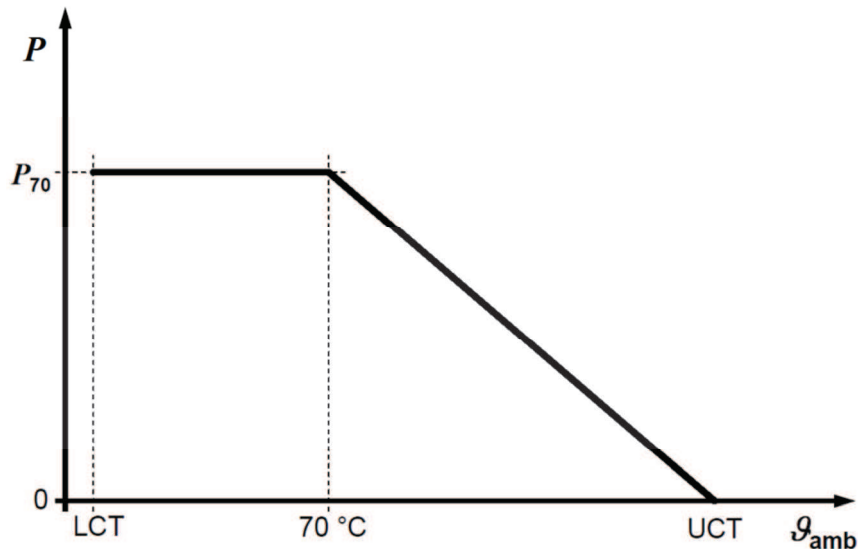


Bild 10 – Standardmäßige Lastminderungskurve für die Bemessungsbelastbarkeit P_{70}

Die an die Widerstände anzulegende Prüfspannung muss für die festgelegte Dauer während der gesamten Prüfung periodisch 1,5 h ein- und 0,5 h ausgeschaltet werden.

Die Prüfspannung muss gleich der Bemessungsspannung oder gleich der höchsten zulässigen Dauerspannung sein, je nachdem, welcher Wert der niedrigere ist. Sie muss innerhalb einer relativen Grenzabweichung von ± 5 % gehalten werden. Die Prüfspannung kann eine Gleichspannung oder effektive Wechselspannung sein, sofern in der entsprechenden Spezifikation keine bestimmten Festlegungen angegeben werden.

ANMERKUNG Nach früheren Versionen dieser Prüfung wurde die Prüfung mit Gleichspannung auf Belastbarkeiten von $P \leq 15$ W beschränkt, während Widerstände mit einer Belastbarkeit von $P > 15$ W mit Wechselspannung zu prüfen waren. Derartige Bedingungen aber werden in den entsprechenden Spezifikationen geregelt.

7.1.6 Prüfdauer

Die Dauerprüfung muss bei der Bemessungstemperatur für 1000^{+24}_0 h mit einer Grenzabweichung nach 5.3.4 durchgeführt werden. Dies entspricht etwa 42 Tagen.

Die entsprechende Spezifikation kann eine längere Dauer der Prüfung festlegen, siehe 7.1.9.

7.1.7 Zwischenmessungen

Die entsprechende Spezifikation kann Zeiten festlegen, nach denen Zwischenmessungen des Widerstandswertes durchgeführt werden müssen, z. B. 48 h, 168 h oder 500 h. Bei derartigen Festlegungen für Zwischenmessungen müssen auch geeignete Anforderungen angegeben werden.

ANMERKUNG 1 Die entsprechende Spezifikation kann Zwischenmessungen als Bestandteil des Prüfplans für die Bauartanerkennung festlegen und sie zugleich im Prüfplan für die Qualitäts-Konformitätsprüfung entweder weglassen oder als wahlfreie Messungen belassen.

ANMERKUNG 2 Es ist in der Regel nicht angebracht, dass alle für Zwischenmessungen festgelegten Anforderungen mindestens den Anforderungen für die reguläre Prüfdauer von 1 000 h entsprechen.