

DIN EN 60115-2



ICS 31.040.10

Entwurf

Einsprüche bis 2020-04-14
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 60115-2:2015-12 und
DIN EN 60115-2
Berichtigung 1:2016-03

**Festwiderstände zur Verwendung in Geräten der Elektronik –
Teil 2: Rahmenspezifikation: Verbleite niedrig belastbare
Schichtwiderstände
(IEC 40/2690/CD:2019);
Text Deutsch und Englisch**

Fixed resistors for use in electronic equipment –
Part 2: Sectional specification: Leaded fixed low power film resistors
(IEC 40/2690/CD:2019);
Text in German and English

Résistances fixes utilisées dans les équipements électroniques –
Partie 2: Spécification intermédiaire: Résistances fixes à broches à couches, à faible
dissipation
(IEC 40/2690/CD:2019);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-02-14 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, 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 175 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE
DIN-Normenstelle Elektrotechnik (NE)

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 40/2690/CD:2019 „Fixed resistors for use in electronic equipment – Part 2: Sectional specification: Leaded fixed low power film resistors“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. 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 vorgelegt.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf FprEN 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 CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig 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.

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 60115-2:2015-12 und DIN EN 60115-2 Berichtigung 1:2016-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Es wurden Definitionen der Produkttechnologien und Produktklassifizierungsstufen der allgemeinen Spezifikation, IEC 60115-1:201X, verwendet.
- Eine Grundlage für die optionale Angabe der Anschlussdraht-Exzentrizität von Widerständen mit axialen Drahtanschlüssen wurde geändert.
- Die "Hochspannungsüberlast-Prüfung mit periodischen Impulsen" aus IEC 60115-1:201X, 8.3 wurde als standardmäßiges Prüfverfahren verwendet und ersetzt somit die „Überlastprüfung mit periodischen Impulsen“ aus IEC 60115-1:201X.

- d) Die Lötbarkeitsprüfung aus IEC 60115 1:201X wurde verwendet.
- e) Die kombinierte Lösemittelbeständigkeitsprüfung aus IEC 60115-1 wurde verwendet.
- f) Die "Dauerprüfung bei Raumtemperatur" aus IEC 60115-1:201X wurde als optionale Prüfung verwendet.
- g) Die "Hochspannungsüberlast-Prüfung mit Einzelimpulsen" aus IEC 60115-1, die mit der Impulsform 10/700 angewendet wurde, wird durch die optionale alternative Impulsform 1,2/50 ersetzt.
- h) Klimaprüfungen für den ‚Betrieb bei niedriger Temperatur‘ aus IEC 60115 1 und für ‚Feuchte Wärme, Beharrungszustand‘ aus IEC 60115- 1:201X wurden verwendet.
- i) Ein neuer Leitfaden für die Darstellung von Anforderungen an die Standsicherheit mit ihren zulässigen absoluten und relativen Abweichungen wird bereitgestellt.
- j) Zulässigkeitskriterien für die Sichtprüfung wurden hinzugefügt;
- k) Die Sichtprüfung für die primäre und umhüllende Verpackung wurde hinzugefügt.
- l) Die regelmäßige Bewertung von Anschlussbeschichtungen wurde als neues Thema für die Qualitätsbewertung hinzugefügt;
- m) Es wurde die überarbeitete Prüfabschnittsnummerierung von IEC 60115-1 angewendet.
- n) Es wurde ein neuer Anhang C hinzugefügt, um die Anforderungen an die Arbeitsausführung für die Montage von Schichtwiderständen mit Drahtanschlüssen zusammenzufassen, z. B. wie sie in den vorhergehenden Normenserien IEC 61192 enthalten sind.
- o) Der informative Anhang F über radial gebogenen Ausführungen wurde mit Einzelheiten zu einer Z-förmigen Bauform für die Oberflächenmontage ergänzt.

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	9
3.1 Begriffe	9
3.2 Produkttechnologien	9
3.3 Produktklassifikation	10
4 Bevorzugte Kennwerte	10
4.1 Allgemeines	10
4.2 Bauform und Maße	10
4.3 Bevorzugte Klimakategorien	13
4.4 Widerstandswert	13
4.5 Grenzübergänge vom Widerstandswert	13
4.6 Bemessungsbelastbarkeit P_{70}	13
4.7 Höchste zulässige Dauerspannung $U_{\max}$	14
4.8 Isolationsspannung U_{ins}	14
4.9 Isolationswiderstand R_{ins}	14
5 Prüfungen und Prüfschärfegrade	15
5.1 Allgemeine Bedingungen für Prüfungen, auf die sich diese Spezifikation bezieht	15
5.2 Vorbereitung der Prüfmuster	15
5.3 Prüfungen	20
5.4 Optionale und/oder zusätzliche Prüfungen	29
6 Anforderungen an das Betriebsverhalten	31
6.1 Allgemeines	31
6.2 Grenzwerte für die Änderung des Widerstandswertes bei Prüfungen	32
6.3 Temperaturkoeffizient des Widerstandswertes	34
6.4 Temperaturerhöhung	34
6.5 Sichtprüfung	35
6.6 Lötbarkeit	35
6.7 Isolationswiderstand	36
6.8 Entflammbarkeit	36
7 Kennzeichnung, Verpackung und Bestellangaben	36
7.1 Kennzeichnung des Bauelementes	36
7.2 Verpackung	36
7.3 Kennzeichnung der Verpackung	36
7.4 Bestellangaben	37
8 Bauartspezifikationen	37
8.1 Allgemeines	37

	Seite
8.2 Erforderliche Angaben in der Bauartspezifikation	37
9 Qualitätsbewertungsverfahren	40
9.1 Allgemeines	40
9.2 Definitionen	40
9.3 Bildung der Prüflose	41
9.4 Verfahren für zugelassene Komponenten (IECQ AC)	41
9.5 Verfahren der Bauartanerkennung (QA)	41
9.6 Verfahren zur Befähigungsanerkennung (IECQ AC-C)	42
9.7 Verfahren zur Technikanerkennung (IECQ-AC-TC)	42
9.8 Periodische Bewertung der Anschlussbeschichtungen	42
9.9 Verzögerte Auslieferung	42
9.10 Bestätigte Prüfberichte	43
9.11 Konformitätsbescheinigung (CoC)	43
Anhang A (normativ) Formelzeichen und Abkürzungen	54
A.1 Formelzeichen	54
A.2 Abkürzungen	57
Anhang B (normativ) Abnahmekriterien für die Sichtprüfung	59
B.1 Allgemeines	59
B.2 Kriterien für	59
B.3 Kriterien für	59
B.4 Kriterien für	59
Anhang C (informativ) Anforderungen an die Arbeitsausführung für die Montage von Schichtwiderständen mit Drahtanschlüssen	60
C.1 Allgemeines	60
C.2 Formung der Anschlussdrähte	60
C.3 Montage	62
C.4 Abschneiden der Anschlussdrähte	65
Anhang D (normativ) 0-Ω-Widerstände (Jumper)	67
D.1 Allgemeines	67
D.2 Bevorzugte Kennwerte	67
D.3 Prüfungen und Prüfschärfegrade	67
D.4 Anforderungen an das Betriebsverhalten	68
D.5 Kennzeichnung, Verpackung und Bestellangaben	68
D.6 Bauartspezifikation	69
D.7 Qualitätsbewertungsverfahren	69
Anhang E (informativ) Leitfaden für die Anwendung von optionalen und/oder zusätzlichen Prüfungen	70
E.1 Allgemeines	70
E.2 Dauerprüfung bei Raumtemperatur	70
E.3 Hochspannungsüberlast-Prüfung mit Einzelimpulsen	71

	Seite
E.4 Überlastprüfung mit periodischen Impulsen	72
E.5 Betrieb bei niedriger Temperatur.....	72
E.6 Feuchte Wärme, konstant, beschleunigte Prüfung	73
Anhang F (informativ) Bauformen mit radial gebogenen Anschlüssen	75
F.1 Allgemeines	75
F.2 Radial geformte Ausführungen für die Durchsteck-Montage	77
F.3 Radial geformte Ausführungen für die Oberflächenmontage.....	81
F.4 Verpackung	82
F.5 Qualitätsbewertung.....	83
Anhang X (informativ) Verweisliste zum Vorgängerdokument dieser Spezifikation.....	85
Literaturhinweise.....	88

Bilder

Bild 1 – Darstellung eines typischen Widerstands mit axialem Drahtanschluss	9
Bild 2 – Darstellung typischer Widerstände mit radialem Anschlussdraht	9
Bild 3 – Form und Maße von Widerständen mit axialen Drahtanschlüssen.....	11
Bild 4 – Alternative Verfahren zur Festlegung der Länge der überschüssigen Schutzumhüllung auf Widerständen mit axialen Drahtanschlüssen	11
Bild 5 – Anschlussabstand von Widerständen mit gebogenen axialen Drahtanschlüssen	12
Bild 6 – Festlegung der Exzentrizität der Anschlussdrähte von Widerständen mit axialen Drahtanschlüssen.....	12
Bild 7 – Lastminderungskurve	14
Bild 8 – Grundaufführung für mechanische umgebungstechnische und elektrische Prüfungen	17
Bild 9 – Montage des Prüflings auf der Prüfleiterplatte	18
Bild 10 – Montage von Prüflingen mit axialen Anschlussdrähten, Ansicht von oben.....	19
Bild 11 – Beispiele für Befestigungsvorrichtungen für die Anschlussdrähte der Prüflinge.....	20
Bild C.1 – Maße für die Formung der Anschlussdrähte.....	60
Bild C.2 – Beispiele für die Sicherung der Befestigungshöhe	62
Bild C.3 – Abstand zwischen Beschichtung und Lötverbindung	63
Bild C.4 – Seitliche Montage.....	64
Bild C.5 – Senkrechte Montage	65
Bild C.6 – Anschlussdraht-Überstand.....	66
Bild C.7 – Verformung der Anschlussdrahtenden	66
Bild F.1 – Form und Maße eines Widerstands mit radial gebogenen Anschlüssen für die waagerechte Montage	77
Bild F.2 – Form und Maße eines Widerstands mit radial gebogenen Anschlüssen für die waagerechte Montage, mit geknickten Anschlussdrähten.....	77
Bild F.3 – Form und Maße eines Widerstands mit radial gebogenen Anschlüssen für die senkrechte Montage.....	79
Bild F.4 – Form und Maße eines Widerstands mit radial gebogenen Anschlüssen für die senkrechte Montage, mit großem Anschlussabstand	79

Bild F.5 – Form und Maße eines Widerstands mit radial gebogenen Anschlüssen für die senkrechte Montage, mit großem Anschlussabstand und geknicktem Anschlussdraht.....	80
Bild F.6 – Form und Maße eines Widerstands mit radial gebogenen Anschlüssen für die Oberflächenmontage (Z-förmig).....	81

Tabellen

Tabelle 1 – Bevorzugte Bauformen für Widerstände mit axialen Drahtanschlüssen.....	10
Tabelle 2 – Maße der Prüfliterplatten.....	16
Tabelle 3 – Bevorzugte vergrößerte Überlastbedingungen.....	23
Tabelle 4 – Grenzwerte für die Änderung des Widerstandswertes bei Prüfungen.....	33
Tabelle 5 – Zulässige Änderung des Widerstandswertes aufgrund einer Temperaturänderung.....	34
Tabelle 6 – Prüfplan für die Bauartanerkennung.....	44
Tabelle 7 – Prüfplan für die Qualitäts-Konformitätsprüfungen.....	49
Tabelle C.1 – Radius für die Anschlussdrahtbiegung.....	61
Tabelle C.2 – Empfohlene Bohrlochdurchmesser für Leiterplatten.....	62
Tabelle C.3 – Abstand von seitlich montierten Widerständen.....	64
Tabelle E.1 – Implementierung der Dauerprüfung bei Raumtemperatur.....	70
Tabelle E.2 – Implementierung der Hochspannungsüberlast-Prüfung mit Einzelimpulsen.....	71
Tabelle E.3 – Implementierung der Überlastprüfung mit periodischen Impulsen.....	72
Tabelle E.4 – Implementierung der Prüfung des Betriebs bei niedriger Temperatur.....	73
Tabelle E.5 – Implementierung der Prüfung Feuchte Wärme, konstant, beschleunigte Prüfung.....	74
Tabelle F.1 – Mögliche Abstände der Anschlussdrähte von Widerständen mit radial gebogenen Anschlüssen für die waagerechte Montage.....	78
Tabelle F.2 – Mögliche Abstände der Anschlussdrähte von Widerständen mit radial gebogenen Anschlüssen für die senkrechte Montage.....	81
Tabelle X.1 – Verweisliste zu den Abschnitten.....	85
Tabelle X.2 – Verweisliste zu den Bildern.....	87
Tabelle X.3 – Verweisliste zu den Tabellen.....	87

Festwiderstände zur Verwendung in Geräten der Elektronik – Teil 2: Rahmenspezifikation: Verbleite niedrig belastbare Schichtwiderstände

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60115 gilt für niedrigbelastbare Schicht-Festwiderstände mit Drahtanschlüssen zur Verwendung in Geräten der Elektronik.

Diese Widerstände werden üblicherweise nach Bauarten (unterschiedliche geometrische Formen) und Bauformen (unterschiedliche Maße) sowie nach der Produkttechnologie beschrieben. Das Widerstandselement dieser Widerstände ist üblicherweise durch eine konforme Lackumhüllung isoliert. Diese Widerstände besitzen Drahtanschlüsse und sind hauptsächlich für die Steckmontage auf Leiterplatten vorgesehen.

Diese Norm legt für die beschriebene Art von Widerständen die bevorzugten Bemessungs- und Kennwerte fest, wählt aus IEC 60115-1 die geeigneten Qualitätsbewertungsverfahren, Prüfungen und Messverfahren aus und nennt allgemeine Prüfanforderungen.

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 60062:2016, *Marking codes 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 – Test A: Cold*

IEC 60068-2-2, *Basic environmental testing procedures – Part 2-2: Tests – Tests B: Dry heat*

IEC 60068-2-6:2007, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

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

IEC 60115-1:201X, *Fixed resistors for use in electronic equipment – Part 1: Generic specification*

IEC 60286-1, *Packaging of components for automatic handling – Part 1: Tape packaging of components with axial leads on continuous tapes*

IEC 60294:2012, *Measurement of the dimensions of a cylindrical component having two axial terminations*

IEC 60301, *Preferred diameters of wire terminations of capacitors and resistors*

IEC 61193-2:2007, *Quality assessment systems – Part 2: Selection and use of sampling plans for inspection of electronic components and packages*

IEC 61760-1:2006, *Surface mounting technology – Part 1: Standard method for the specification of surface mounting components (SMDs)*

3 Begriffe

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60115-1:201X, 3.1 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

axiale Bauform

mechanische Konstruktion eines Bauelementes mit Drahtanschlüssen, die zu beiden Seiten entlang der Längsachse des Bauelementkörpers verlaufen

Beispiel: Bild 1 enthält die Darstellung eines typischen Widerstands mit axialem Drahtanschluss.



Bild 1 – Darstellung eines typischen Widerstands mit axialem Drahtanschluss

3.1.2

radiale Bauform

mechanische Konstruktion eines Bauelementes mit Drahtanschlüssen, die zu einer Seite entlang der Längs- oder der Diagonalachse des Bauelementkörpers verlaufen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die einseitige Ausrichtung der Drahtanschlüsse kann ihren Ursprung innerhalb des Bauelementkörpers haben oder auf das Umbiegen eines oder beider Drahtanschlüsse außerhalb des Bauelementkörpers zurückzuführen sein.

Beispiel: Bild 2 enthält die Darstellung eines typischen Widerstands mit radialem Drahtanschluss.

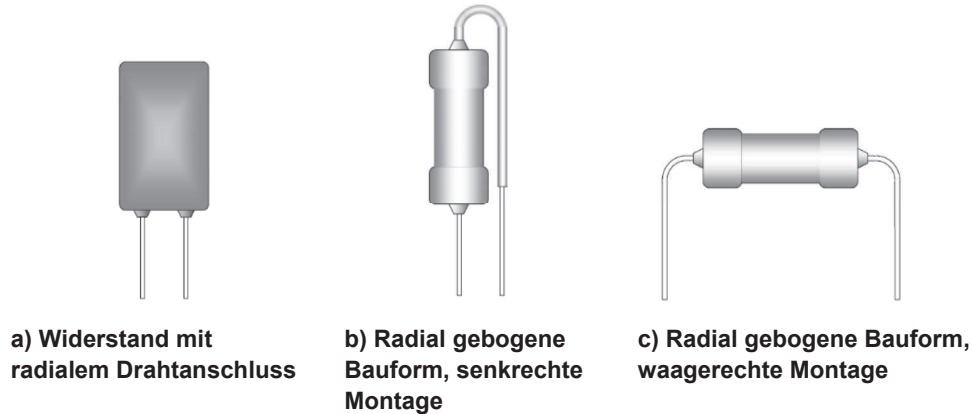


Bild 2 – Darstellung typischer Widerstände mit radialem Anschlussdraht

3.2 Produkttechnologien

Die Definitionen von Produkttechnologien sollen dem Leser einen Leitfaden über die Vielzahl der Technologien zur Herstellung von Widerständen geben und deren Identifizierung erleichtern

Für die Zwecke dieses Dokuments gelten die folgenden, in IEC 60115-1:201X, Abschnitt 3.2 beschriebenen Produkttechnologien:

- Metallschichttechnologie
- Metallglasurtechnologie
- Metalloxidtechnologie
- Kohleschichttechnologie

3.3 Produktklassifikation

Die Einführung einer Produktklassifikation ermöglicht es dem Anwender, die Anforderungen an das Betriebsverhalten nach den Bedingungen der vorgesehenen Endanwendung auszuwählen.

Für die Zwecke dieses Dokuments gelten die folgenden Produktklassifizierungsstufen nach IEC 60115-1:201X, Abschnitt 3.4:

- Stufe G – Allgemeine elektronische Geräte
- Stufe P – Leistungsstarke elektronische Geräte
- Stufe R – Hochleistungsfähige und hochzuverlässige elektronische Geräte

4 Bevorzugte Kennwerte

4.1 Allgemeines

Die in der Bauartspezifikation angegebenen Werte müssen vorzugsweise aus den nachstehenden Abschnitten ausgewählt werden:

4.2 Bauform und Maße

4.2.1 Bevorzugte Bauformen und Außenmaße

Form und Maße von Widerständen mit axialen Drahtanschlüssen sind in Bild 3 dargestellt, wobei die bevorzugten Bauformen und deren entsprechende Maße in Tabelle 1 angegeben sind. Die Bauformbezeichnung für Schichtwiderstände mit axialen Drahtanschlüssen beginnt mit den Kennbuchstaben RA.

Tabelle 1 – Bevorzugte Bauformen für Widerstände mit axialen Drahtanschlüssen

Bauform ^a	Körperdurchmesser D^c	Körperlänge L^b	Maße	
			Durchmesser des Anschlussdrahtes d^d	Länge des Anschlussdrahtes $l_{\min}^e$
	mm	mm	mm	mm
RA_0204	$2^{+0}_{-0,7}$	$4^{+1,0}_{-1,0}$	0,5	21
RA_0207	$2^{+0,5}_0$	$7^{+0,2}_{-2,0}$	0,6	21
RA_0309	$3^{+0}_{-0,5}$	$9^{+0,2}_{-2,5}$	0,7	21
RA_0411	$4^{+0}_{-1,0}$	$11^{+0,2}_{-3,5}$	0,7	21
RA_0414	$4^{+0,2}_{-0,5}$	$14^{+0,2}_{-4,0}$	0,8	21
RA_0617	$6^{+0,5}_{-1,0}$	$17^{+0,2}_{-4,0}$	0,8	21
RA_0922	$9^{+0,5}_{-3,0}$	$22^{+0,2}_{-5,0}$	0,8	21

^a Die Bauformbezeichnung wird durch ein drittes Zeichen für die Produkttechnologie nach 3.2 ergänzt: M = Metallschicht; G = Metallglasur; C = Kohleschicht; X = Metalloxid. Beispiele für eine vollständige Bauformbezeichnung sind RAM0204, RAX0414.

^b Die Körperlänge des Widerstands L muss nach IEC 60294 gemessen werden; siehe 5.2.1.

^c Der Körperdurchmesser des Widerstands D muss mit einer Durchmesserlehre nach IEC 60294 ermittelt werden.

^d Nenndurchmesser der Anschlussdrähte d mit den zulässigen Grenzabweichungen nach IEC 60301.

^e Die Mindestanschlusslänge $l_{\min}$ gilt nur für die freie Anschlusslänge bei der Gurtverpackung nach IEC 60286-1.

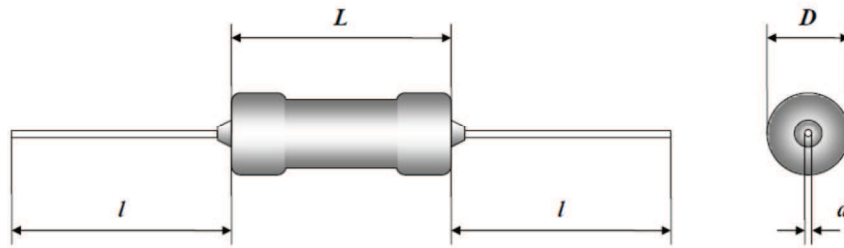


Bild 3 – Form und Maße von Widerständen mit axialen Drahtanschlüssen

Die Bauartspezifikation muss eine realistische Umrisszeichnung der darin abgedeckten Widerstände enthalten, die alle relevanten Maße enthalten muss.

Für die Festlegung von nicht lötbaren Bereichen auf den Anschlussdrähten, z. B. aufgrund einer überschüssigen Umhüllung oder größeren Schweißperlen, müssen gegebenenfalls die Überlegungen aus Abschnitt 4.2.2 angewendet werden.

Für die Festlegung der Exzentrizität der Anschlussdrähte müssen gegebenenfalls die Überlegungen aus Abschnitt 4.2.4 angewendet werden.

4.2.2 Länge der überschüssigen Umhüllung oder Schweißperlen

Als optionales Element in der Bauartspezifikation darf die zulässige Länge der sich auf die Drahtanschlüsse des Widerstands erstreckenden überschüssigen Schutzumhüllung festgelegt werden, wobei eines der alternativen Verfahren nach Bild 4 zu verwenden ist.

Die Länge der überschüssigen Schutzumhüllung, Maß c nach Bild 4a), muss nach IEC 60294:2012, Abschnitt 4, unter Verwendung einer Lehrenplatte ermittelt werden, deren Dicke der höchstzulässigen Länge der überschüssigen Schutzumhüllung entspricht. Ein Verfahren zur Messung der Länge zwischen den unbedeckten Drahtanschlüssen, Maß L_c nach Bild 4b), muss, sofern erforderlich, in der Bauartspezifikation festgelegt werden.

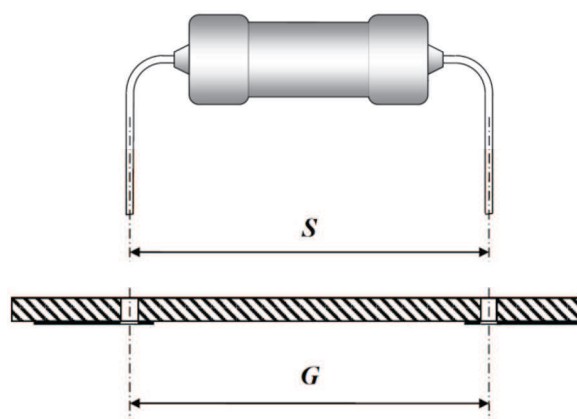


a) Länge der überschüssigen Schutzumhüllung, c b) Länge zwischen unbedeckten Drahtanschlüssen, L_c

Bild 4 – Alternative Verfahren zur Festlegung der Länge der überschüssigen Schutzumhüllung auf Widerständen mit axialen Drahtanschlüssen

4.2.3 Abstände zwischen den Anschlussdrähten

Eine zur Bauform und den Maßen der jeweiligen Produkte gehörende Abmessung ist der kleinstmögliche Normabstand zwischen den Mittellinien der um 90° von der Längsachse des Widerstandskörpers gebogenen Anschlussdrähte, der Abstand der Anschlussdrähte S nach Bild 5. Erfolgt das erforderliche Umbiegen der Anschlüsse während des Montageprozesses, dann definiert der Abstand S zugleich das Mindestrastermaß G der Leiterplattenbohrungen, in die der Widerstand mit waagrecht über der Leiterplattenoberfläche angeordnetem Körper montiert werden kann.



Legende

S Abstand zwischen den Mittellinien der gebogenen Drahtanschlüsse von Widerständen.

G Rastermaß der Leiterplattenbohrungen zur Montage des Widerstands

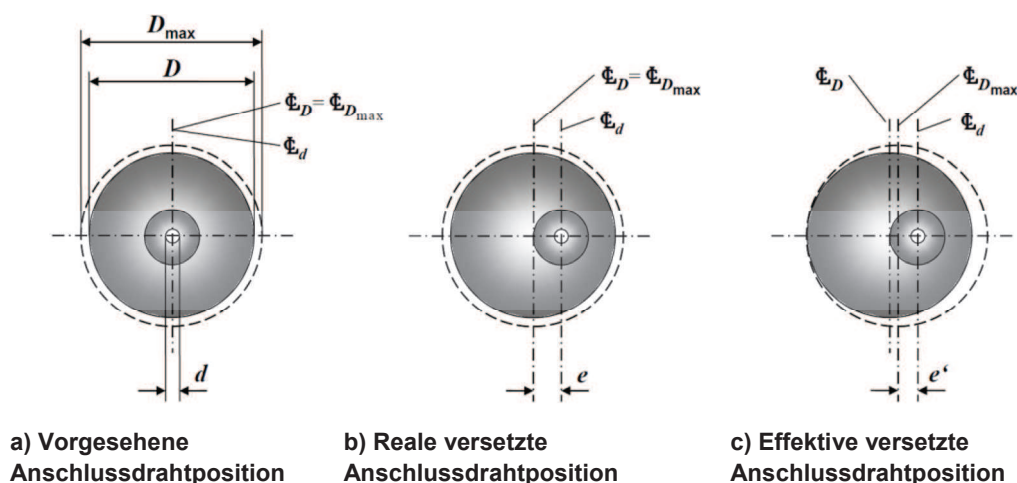
ANMERKUNG Die Zeichnung des Widerstands mit gebogenen Drahtanschlüssen soll nicht dahingehend verstanden werden, dass Widerstände mit bereits gebogenen Anschlüssen nach dieser Spezifikation tatsächlich verfügbar sind.

Bild 5 – Anschlussabstand von Widerständen mit gebogenen axialen Drahtanschlüssen

Wenn die Bauart des Bauelementes von der oben beschriebenen Bauart abweicht, z. B. bei Widerständen mit radialen Anschlüssen, muss die Bauartspezifikation alle Maße angeben, die zur angemessenen Beschreibung des Widerstandes erforderlich sind. Siehe Überlegungen zu den radial gebogenen Widerständen in Anhang F.

4.2.4 Exzentrizität der Anschlussdrähte

Widerstände mit axialen Drahtanschlüssen sind üblicherweise mit zentrischen Anschlussdrähten versehen, die aus beiden Seiten des Widerstandskörpers austreten, sofern nicht ausdrücklich anders angegeben und festgelegt. Eine erhebliche Offset-Position der Anschlussdrähte kann einen automatisierten Montageprozess gefährden und führt wahrscheinlich zum Überschreiten der geplanten Abstände innerhalb der montierten Schaltung, wodurch die Sicherheitsanforderungen beeinträchtigt werden.



Legende

d, D Nenndurchmesser, siehe Tabelle 1

$D_{\max}$ maximal zulässiger Durchmesser D , einschließlich der in Tabelle 1 aufgeführten zulässigen Toleranzen

Φ Mittellinie

e reale Exzentrizität, Abstand zwischen den Mittellinien von D und d

e' effektive Exzentrizität, Abstand zwischen den Mittellinien von $D_{\max}$ und d

Bild 6 – Festlegung der Exzentrizität der Anschlussdrähte von Widerständen mit axialen Drahtanschlüssen

Als optionales Element darf die Bauartspezifikation die zulässige Exzentrizität der Anschlussdrähte eines Widerstandes mittels der realen Exzentrizität e oder der effektiven Exzentrizität e' nach Bild 6 festlegen. Die Exzentrizität muss am geraden Teil jedes Anschlussdrahtes beurteilt werden, der dem Widerstandskörper am nächsten liegt.

In der Bauartspezifikation muss ein geeignetes Verfahren zum Messen oder Ermitteln der Exzentrizität der Anschlussdrähte angegeben werden, falls erforderlich.

4.3 Bevorzugte Klimakategorien

Die Schichtwiderstände mit Drahtanschlüssen nach dieser Spezifikation werden entsprechend den allgemeinen Regeln in IEC 60068-1:2013, Anhang A, in Klimakategorien eingeteilt.

Die untere und die obere Kategoriemperatur und die Dauer der Prüfung „Feuchte Wärme, konstant“ müssen aus den folgenden Angaben gewählt werden:

Untere Kategorietemperatur (LCT) $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$; $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$; $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$; $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Obere Kategorietemperatur (UCT) 85 °C; 100 °C; 125 °C; 155 °C; 175 °C und 200 °C.

Dauer der Prüfung „Feuchte Wärme, konstant“: 21 und 56 Tage.

Die Schärfegrade für die Prüfungen „Kälte“ und „Trockene Wärme“ sind die untere bzw. die obere Kategorietemperatur.

4.4 Widerstandswert

Siehe IEC 60115-1:201X, 4.2.2.

4.5 Grenzabweichungen vom Widerstandswert

Die bevorzugten Grenzabweichungen vom Widerstandswert sind:

±10 %; ±5 %; ±2 %; ±1 %; ±0,5 %; ±0,25 %; ±0,1 %; ±0,05 %; ±0,02 % und ±0,01 %.

4.6 Bemessungsbelastbarkeit P_{70}

Die bevorzugten Werte der Bemessungsbelastbarkeit P_{70} für befestigte Widerstände bei einer Umgebungstemperatur von 70 °C werden von jedem dritten Wert der Serie R10 der Vorzugswerte von ISO 3 übernommen: 0,063 W; 0,125 W; 0,25 W; 0,5 W; 1 W; 2 W.

Die Bauartspezifikation muss die Bedingungen festlegen, unter denen die Bemessungsbelastbarkeit gilt.

Bild 7 zeigt die Form einer typischen Lastminderungskurve, die für Angaben zur erforderlichen Minderung der zulässigen Belastbarkeit bei Umgebungstemperaturen oberhalb der Bemessungstemperatur geeignet ist.

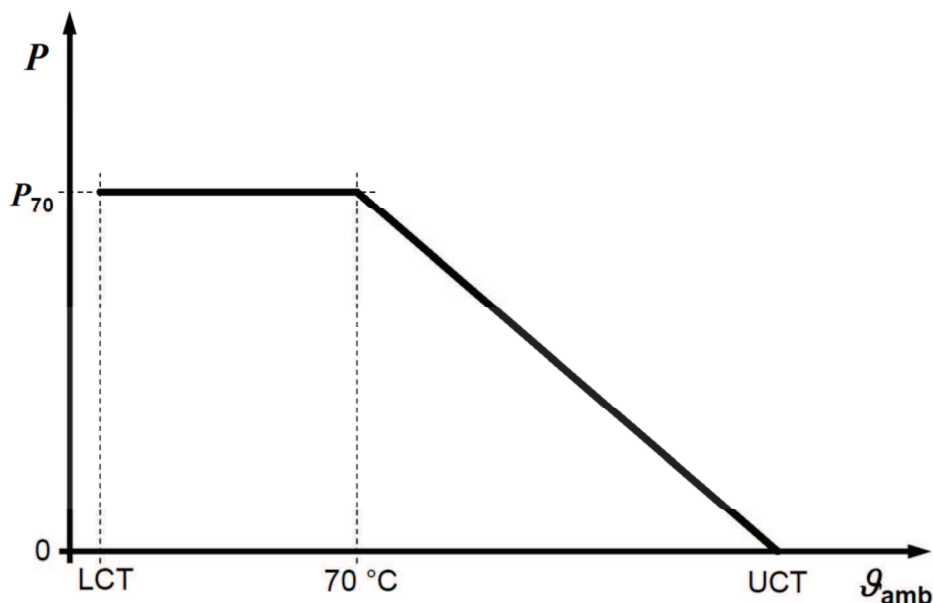


Bild 7 – Lastminderungskurve

Die obere Kategorietemperatur (UCT), die für Prüfverfahren verwendet wird, sollte der höchsten Temperatur des Widerstandselementes (MET) entsprechen.

Alle End- und Knickpunkte der Lastminderungskurve müssen durch Prüfungen belegt werden.

4.7 Höchste zulässige Dauerspannung $U_{\max}$

Die Vorzugswerte der höchsten zulässigen Dauerspannung $U_{\max}$ Gleichspannung oder Wechselspannung RMS werden von der Serie R10 der Vorzugswerte von ISO 3 übernommen: 50 V; 63 V; 80 V; 100 V; 125 V; 160 V; 200 V; 250 V; 315 V; 400 V; 500 V; 630 V; 800 V und 1 000 V.

Darüber hinaus werden die folgenden Standardwerte weiterhin verwendet:

- 300 V (2. gerundeter Wert R''10 aus ISO 497);
- 750 V (Wert R40 aus ISO 3).

4.8 Isolationsspannung U_{ins}

Die Vorzugswerte der Spitzenspannung U_{ins} (Gleichspannung oder Wechselspannung) für isolierte Widerstände werden von der Serie R10 der Vorzugswerte von ISO 3 übernommen: 80 V; 100 V; 125 V; 160 V; 200 V; 250 V; 315 V; 400 V; 500 V; 630 V; 800 V; 1 000 V; 1 250 V und 1 600 V.

Darüber hinaus werden die folgenden Standardwerte weiterhin verwendet:

- 150 V; 300 V und 1 500 V (2. gerundeter Wert R''10 aus ISO 497);
- 1 100 V (1. gerundeter Wert R'20 aus ISO 497);
- 75 V und 750 V (Werte R40 aus ISO 3).

Die festgelegte Isolationsspannung U_{ins} darf nicht weniger als die Spitzenspannung (Wechselspannung), die ständig anliegen kann, betragen und muss daher mindestens $U_{\text{ins}} = 1,42 \cdot U_{\max}$ entsprechen.

4.9 Isolationswiderstand R_{ins}

Bei isolierten Widerständen muss der Isolationswiderstand R_{ins} vorzugsweise mindestens 1 G Ω betragen.

ANMERKUNG Zu Anforderungen an den Isolationswiderstand R_{ins} nach Prüfungen siehe 6.7.

5 Prüfungen und Prüfschärfegrade

5.1 Allgemeine Bedingungen für Prüfungen, auf die sich diese Spezifikation bezieht

Abschnitt 5.2 enthält detaillierte Vorschriften für die Vorbereitung der Prüflinge, insbesondere für eine bevorzugte Auswahl von Montageverfahren. Jede Abweichung von diesen Bedingungen, die durch die Bauform der Widerstände erforderlich ist, die unter eine bestimmte Bauartspezifikation entsprechend der Spezifikation in diesem Abschnitt fallen, muss durch diese besondere Bauartspezifikation eindeutig beschrieben werden.

Abschnitt 5.3 enthält detaillierte Bedingungen für alle Prüfungen, die in den Prüfplänen für die Bauartanerkennung und die Qualitätskonformitätsprüfung vorgesehen sind. Die hier bereitgestellten Informationen übersteigen deutlich die in den Prüfsäulenbedingungen des jeweiligen Prüfplans eingefügten Kurzübersichtsinformationen und muss daher Vorrang vor den Übersichtsinformationen haben.

Abschnitt 5.4 enthält detaillierte Bedingungen für alle zusätzliche Prüfungen, die nicht in den Prüfplänen für die Bauartanerkennung und die Qualitätskonformitätsprüfung enthalten sind. Diese Prüfungen sind als Alternative zu den in den Prüfplänen enthaltenen Prüfungen oder als Ergänzung zur vorgeschriebenen Anzahl von Prüfungen bei der Erstellung einer detaillierten Spezifikation zur Abdeckung besonderer Anforderungen vorgesehen. Jede Vorgabe einer solchen zusätzlichen Prüfung muss von der Vorgabe geeigneter Prüfungen, z. B. einer Sichtprüfung oder einer Bewertung der Widerstandsänderung, begleitet werden. Darüber hinaus muss die jeweilige Bauartspezifikation geeignete Leistungsanforderungen für jede angewendete zusätzliche Prüfung enthalten. Siehe Anhang E für Empfehlungen zur geeigneten Umsetzung dieser optionalen und/oder zusätzlichen Prüfungen in die Prüfpläne.

Sofern nicht anders vorgeschrieben müssen die festgelegten Prüfungen unter den üblichen atmosphärischen Prüfbedingungen nach IEC 60115-1:201X, 5.2.3 durchgeführt werden.

Sofern nicht anders vorgeschrieben müssen die Toleranzen für die festgelegten Prüfparameter nach IEC 60115-1:201X, 5.3 angewendet werden.

5.2 Vorbereitung der Prüfmuster

5.2.1 Trocknung

Verfahren 1 nach IEC 60115-1:201X, 5.4, muss angewendet werden.

5.2.2 Montage der Bauelemente auf Prüfleiterplatten

5.2.2.1 Allgemeines

Wenn die entsprechende Spezifikation eine Montage der Prüflinge auf einer Prüfleiterplatte vorsieht, müssen die Widerstände mit axialen Drahtanschlüssen unabhängig von ihrer Produkttechnologie auf einer Leiterplatte nach 5.2.2.2 unter Anwendung der Montagevorschriften des Unterabschnitts 5.2.2.3 montiert werden.

Die Bestimmungen nach IEC 60115-1:201X, 5.5.2, müssen angewendet werden.

5.2.2.2 Festlegung von Leiterplatten

Sofern nicht anders angegeben müssen die Prüfleiterplatten ($1,6 \pm 0,1$) mm dicke Glas-Epoxid-Träger sein, deren Leiter aus unverzinnem Kupfer bestehen und eine Nenndicke von 35 μm aufweisen.

Sofern nicht anders angegeben muss der zentrale Bereich der Prüfleiterplatten der in Bild 8 dargestellten Grundausführung entsprechen. Außerhalb des definierten Bereichs sollten die Leiterbahnen nicht breiter sein als für innen vorgeschrieben. Die Gesamtgröße der Leiterplatte, der Steckertyp, die Verwendung der Lötmaske und die Anzahl der Proben auf jeder Leiterplatte liegen im Ermessen des Prüfleiters und unterliegen der Genehmigung durch die zuständige Zertifizierungsstelle.

Die Bauartspezifikation kann eine andere Werkstoffspezifikation und eine andere Grundauführung vorsehen als für den Umfang der darin abgedeckten Bauteile technisch erforderlich ist.

Prüfleiterplatten mit Kelvin-(4-Punkt-)Verbindungen nach Bild 8a und den entsprechenden Maßen nach Tabelle 2 müssen für Prüfungen von Widerständen einer Stabilitätsklasse 0,1 und mit einem Widerstandswert $< 100 \, \Omega$ verwendet werden

Prüfleiterplatten nach Bild 8b mit den entsprechenden Maßen nach Tabelle 2 dürfen für Prüfungen von Widerständen jeder Stabilitätsklasse $> 0,1$ mit einem Widerstandswert $100 \, \Omega$ verwendet werden oder für Prüfungen, bei denen die Messung des Widerstandswertes nicht erforderlich ist.

Tabelle 2 – Maße der Prüfleiterplatten

Bauform	<i>b</i> mm	<i>G</i> mm	<i>C</i> mm	<i>P</i> mm	<i>M</i> mm
RA_0204	$0,8 \pm 0,1$	$7,5 \pm 0,1$	$2,0 \pm 0,1$	$15,0 \pm 0,1$	$7,5 \pm 0,1$
RA_0207	$1,0 \pm 0,1$	$10,0 \pm 0,1$	$5,0 \pm 0,1$	$20,0 \pm 0,1$	$10,0 \pm 0,1$
RA_0309	$1,3 \pm 0,1$	$12,5 \pm 0,1$	$7,5 \pm 0,1$	$25,0 \pm 0,1$	$12,5 \pm 0,1$
RA_0411	$1,3 \pm 0,1$	$15,0 \pm 0,1$	$10,0 \pm 0,1$	$30,0 \pm 0,1$	$15,0 \pm 0,1$
RA_0414	$1,3 \pm 0,1$	$17,5 \pm 0,1$	$10,0 \pm 0,1$	$30,0 \pm 0,1$	$15,0 \pm 0,1$
RA_0617	$1,3 \pm 0,1$	$22,5 \pm 0,1$	$10,0 \pm 0,1$	$45,0 \pm 0,1$	$22,5 \pm 0,1$
RA_0922	$1,3 \pm 0,1$	$27,5 \pm 0,1$	$15,0 \pm 0,1$	$45,0 \pm 0,1$	$22,5 \pm 0,1$

Auf der Unterseite und auf inneren Lagen ist unter dem definierten Bereich keine metallische Fläche zulässig, mit Ausnahme eines einzigen geraden Spannungsmessleiters mit einer maximalen Breite von 0,3 mm für jede Kelvin-Verbindung.

Sofern zutreffend, dürfen bei der Ausführung der Prüfleiterplatte auch beide Spannungsmessleiter zur selben Kante des definierten Bereichs verlaufen.

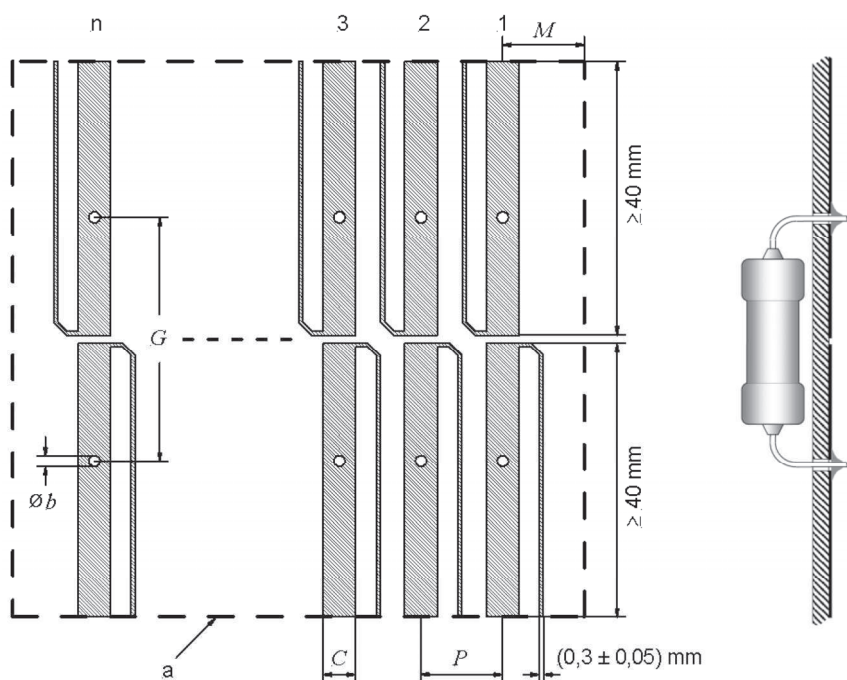


Bild 8a – Grundauführung mit Kelvin-(4-Punkt-)Verbindungen

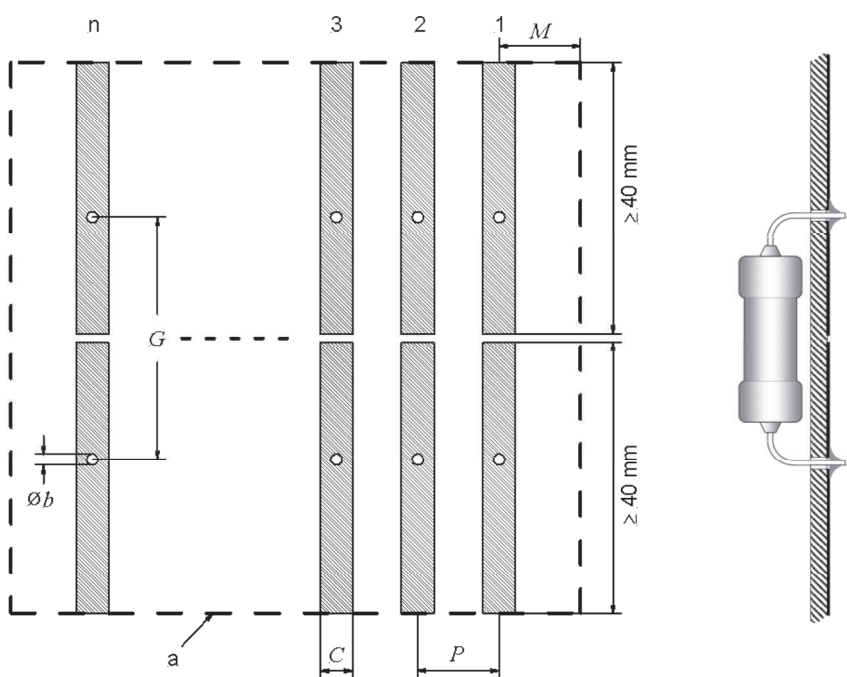


Bild 8b – Grundauführung mit Standardverbindungen

Legende

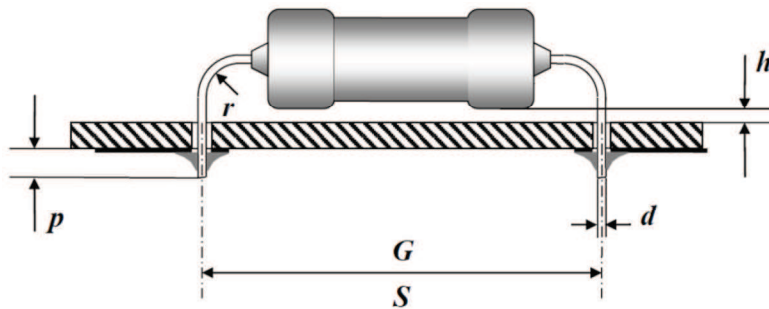
- a Grenze des definierten Bereichs, für den die in Tabelle 2 angegebenen Maße gelten
- C Breite des Kupferleiters
- P Mittellinienabstand von zwei benachbarten Kraftleitern
- M Abstand von der Mittellinie eines jeden ersten oder letzten Kraftleiters zur Kante des definierten Bereichs
- G Mittenabstand der Bohrlöcher für die Montage des Prüflings
- b Bohrdurchmesser der Löcher für die Montage des Prüflings
-  Kupferschicht

ANMERKUNG Bei der Prüfleiterplatte dürfen auch beide Spannungsmessleiter zur selben Kante des definierten Bereichs verlaufen.

Bild 8 – Grundauführung für mechanische umgebungstechnische und elektrische Prüfungen

5.2.2.3 Montage auf den Prüfleiterplatten

Die zu prüfenden Widerstände müssen waagrecht zur Bauteilseite (Primärseite) der Prüfleiterplatte montiert werden, wobei die axialen Anschlussdrähte jeweils um 90° gebogen sind, um in die entsprechenden Bohrlöcher zu passen, siehe Bild 9.



Legende

- S Abstände zwischen den Anschlussdrähten der Widerstände
 d Nenndurchmesser des Anschlussdrahtes
 r Biegeradius des Anschlussdrahtes, gemessen an der Innenseite des Drahtes
 h Abstand des Widerstandskörpers über der Leiterplatte
 p Austrittslänge des abgeschnittenen Anschlussdrahtes unter der Leiterplatte
 G Rastermaß der Leiterplattenbohrungen zur Montage des Widerstands

ANMERKUNG Für die Schwing-, Dauerschock- oder Schockprüfung können zur Bildung stabilerer Lötverbindungen metallisierte Durchgangslöcher erforderlich sein.

Bild 9 – Montage des Prüflings auf der Prüfleiterplatte

Die Anforderungen an die Arbeitsausführung aus Anhang C müssen beachtet werden, insbesondere

- C.2.1 für Angaben über die gerade Länge und den Radius der Drahtbiegung;
- C.3.2 für Angaben zur waagrechten Befestigungsposition des Widerstands;
- C.4 für Angaben zum Zuschneiden der vorstehenden Drahtenden.

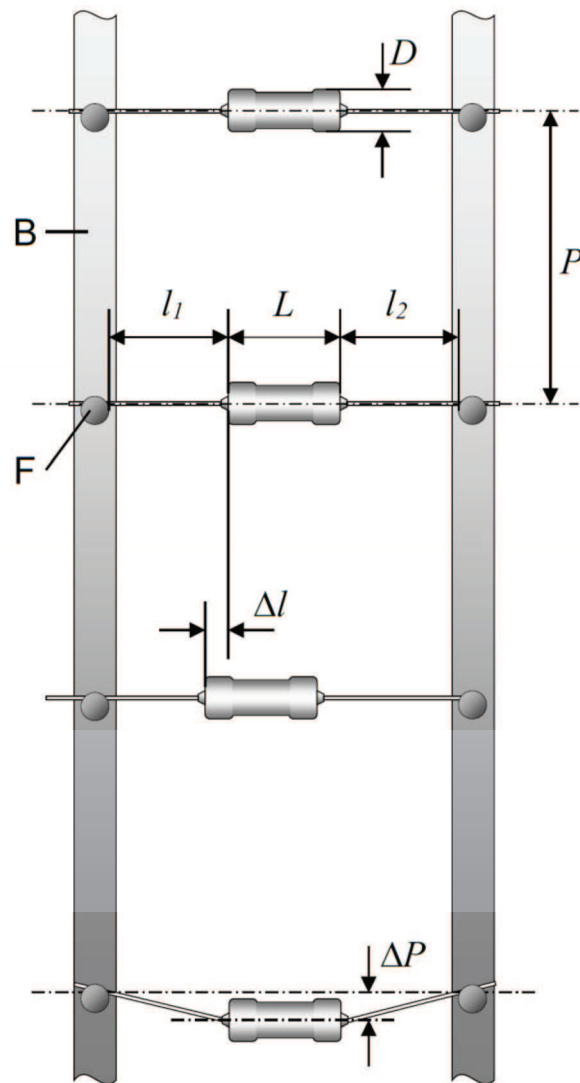
Besondere Erwägungen hinsichtlich eines Mindestabstands h können bei Widerständen mit einer hohen maximal zulässigen Dauerspannung erforderlich sein. Derartige Erwägungen und/oder Einschränkungen werden in der betreffenden Bauartspezifikation angegeben.

5.2.3 Montage der Bauelemente auf einer Prüfleiste

Als standardmäßiges Montageverfahren oder wenn die entsprechende Spezifikation die Montage der Prüflinge auf einer Prüfleiste vorsieht, müssen die Widerstände mit ihren Anschlüssen (z. B. Anschlussdrähte) mit geeigneten Klemmvorrichtungen an der Leiste verbunden werden. Die relevanten Bestimmungen nach IEC 60115-1:201X, 5.5, müssen angewendet werden.

Alle Widerstände müssen waagrecht in die Leiste eingebaut werden, und die Leiste muss waagrecht und nur in einer Lage angeordnet werden. Siehe Bild 10 für die Maße innerhalb einer Leiste. Sofern nicht anders angegeben müssen die folgenden Einschränkungen gelten:

- a) Die Einbaulänge der Prüflinge muss mindestens das 7-fache des Körperdurchmessers betragen, $P \geq 7 \times D$;
- b) Die Prüflinge müssen grob mittig zwischen den Befestigungen an jeder Leiste angebracht werden, $l_1 \approx l_2$;
- c) die Länge der Anschlussdrähte darf 20 mm nicht unterschreiten, $l_1 \geq 20 \text{ mm}$, $l_2 \geq 20 \text{ mm}$;
- d) Die axiale Verschiebung darf 50 % der Körperlänge des Prüflings nicht überschreiten, $\Delta l \leq 0,5 \times L$;
- e) Die radiale Verschiebung darf den Körperdurchmesser des Prüflings nicht überschreiten, $\Delta P \leq D$;

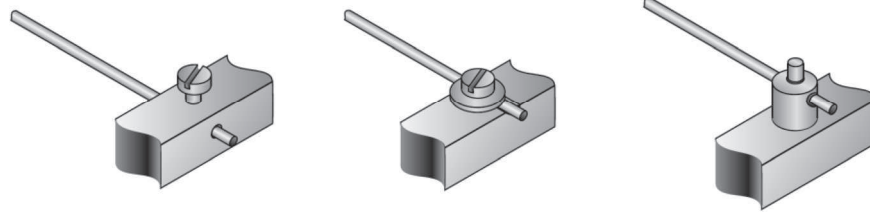


Legende

- B leitfähige Leiste
- F Klemmvorrichtung für die Prüflinge
- D Körperdurchmesser des Prüflings
- L Körperlänge des Prüflings
- l_1, l_2 Anschlussdrahtlänge des Prüflings
- Δl axiale Verschiebung des Prüflings
- P Mittellinienabstand zwischen zwei benachbarten Prüflingen
- ΔP radiale Verschiebung des Prüflings

Bild 10 – Montage von Prüflingen mit axialen Anschlussdrähten, Ansicht von oben

Eine Leiste besteht üblicherweise aus zwei parallelen Leiterbahnen, die entweder ausreichend steif sind, um die Masse der Prüflinge selbst zu tragen oder die von einem geeigneten isolierenden Substrat oder einer geeigneten Konstruktion getragen werden. Die Leiterbahnen tragen an den entsprechenden Stellen Befestigungsvorrichtungen (z. B. Klammern, Klemmen, Schraubklemmen) für den Anschluss der Anschlussdrähte der Prüflinge. Siehe Bild 11 für Beispiele für Befestigungsvorrichtungen für die Anschlussdrähte der Prüflinge.

a) Löcher mit
Schraubklemmenb) Keilnut mit
Pressklemmec) gefederte
Drahtanschlussklemme**Bild 11 – Beispiele für Befestigungsvorrichtungen für die Anschlussdrähte der Prüflinge**

5.3 Prüfungen

5.3.1 Widerstandswert

Siehe IEC 60115-1:201X, 6.1 und IEC 60115-1:201X, 5.6.

Sofern nicht anders angegeben müssen die Messpunkte an nicht montierten Proben auf den Leitungen in einem Abstand von $l_{\text{meas}} = (6 \pm 1) \text{ mm}$ vom Widerstandskörper liegen. Bei Prüflingen, die auf einer Prüfleiterplatte nach 5.2.2 montiert sind, werden die Messpunkte durch die Lötstellen bestimmt.

5.3.2 Temperaturkoeffizient des Widerstandswertes

Siehe IEC 60115-1:201X, 6.2 und IEC 60115-1:201X, 5.6.

Sofern nicht anders angegeben müssen die Messpunkte an nicht montierten Proben auf den Leitungen in einem Abstand von $l_{\text{meas}} = (6 \pm 1) \text{ mm}$ vom Widerstandskörper liegen. Bei Prüflingen, die auf einer Prüfleiterplatte nach 5.2.2 montiert sind, werden die Messpunkte durch die Lötstellen bestimmt.

Die Temperaturreihenfolge, $20^\circ\text{C} / \text{LCT} / 20^\circ / \text{UCT} / 20^\circ\text{C}$, muss nacheinander angewendet werden.

5.3.3 Temperaturerhöhung

Siehe IEC 60115-1:201X, 6.7, mit folgenden Einzelheiten:

Der Prüfling muss auf eine Prüfleiterplatte nach 5.2.2 oder eine Prüfleiterplatte nach 5.2.3, wie in der Bauartspezifikation festgelegt, montiert werden. Die Prüfleiterplatte oder Prüfleiste ist waagrecht zu befestigen und muss sich in freier Luft bei Normalklima für Prüfungen nach IEC 60115-1:201X, 5.2.3 (z. B. bei einer Umgebungstemperatur von 15°C bis 35°C) befinden.

5.3.4 Dauerprüfung bei der Nenntemperatur 70°C

Siehe IEC 60115-1:201X, 7.1, mit folgenden Einzelheiten:

Der Prüfling muss auf eine Prüfleiterplatte nach 5.2.2 oder eine Prüfleiterplatte nach 5.2.3, wie in der Bauartspezifikation festgelegt, montiert werden.

Die Prüfung muss mit der Bemessungsspannung durchgeführt werden:

$$U_{\text{test}} = U_r = \sqrt{P_{70} \times R_n},$$

die begrenzt werden muss durch

$$U_{\text{test}} \leq U_{\text{max}},$$

Dabei ist

U_r	die Bemessungsspannung;
P_{70}	die Bemessungsbelastbarkeit;
R_n	der Nennwert des Widerstands;
$U_{\max}$	die höchste zulässige Dauerspannung.

Die Dauer der Dauerprüfung muss $t_{\text{test}} = 1\,000^{+24}_0$ h betragen.

Die Verlängerung Dauerprüfung auf eine Gesamtdauer von $t_{\text{test}} = 8\,000^{+48}_0$ h ist nur für Widerstände der Klassifikationsstufen P oder R verpflichtend.

Siehe 5.3.23 für die Messung des Isolationswiderstands von isolierten Widerständen.

5.3.5 Dauerprüfung bei maximaler Temperatur: UCT

Siehe IEC 60115-1:201X, 7.3, mit folgenden Einzelheiten:

Der Prüfling muss im nicht befestigten Zustand geprüft werden oder auf eine Prüfleiterplatte nach 5.2.2 oder eine Prüfleiterplatte nach 5.2.3, wie in der Bauartspezifikation festgelegt, montiert werden.

Die Dauer der Dauerprüfung muss $t_{\text{test}} = 1\,000^{+24}_0$ h betragen.

Siehe 5.3.23 für die Messung des Isolationswiderstands von isolierten Widerständen.

5.3.6 Kurzzeitige Überlast

Siehe IEC 60115-1:201X, 8.1, mit folgenden Einzelheiten:

Der Prüfling muss auf eine Prüfleiterplatte nach 5.2.2 oder eine Prüfleiterplatte nach 5.2.3, wie in der Bauartspezifikation festgelegt, montiert werden. Die Prüfleiterplatte oder Prüfleiste ist waagrecht zu befestigen und muss sich in freier Luft bei Normalklima für Prüfungen nach IEC 60115-1:201X, 5.2.3 (z. B. bei einer Umgebungstemperatur von 15 °C bis 35 °C) befinden.

Die für die Überlastprüfung bevorzugte Spannung beträgt:

$$U_{\text{test}} = 2,5 \times U_r = \sqrt{6,25 \times P_{70} \times R_n} ,$$

die begrenzt werden muss durch

$$U_{\text{test}} \leq 2 \times U_{\max} ,$$

Dabei ist

U_r	die Bemessungsspannung;
P_{70}	die Bemessungsbelastbarkeit;
R_n	der Nennwert des Widerstands;
$U_{\max}$	die höchste zulässige Dauerspannung.

Die Überlastdauer ist eine Funktion des Widerstandsbauform.

In der Bauartspezifikation müssen die Werte für die Überlastdauer t_{load} vorgeschrieben werden, vorzugsweise anhand der folgenden Vorzugswerte: 0,5 s; 1 s; 2 s; 5 s und 10 s. Für die Überlastdauer muss eine relative Abweichung von +5 % gelten.

5.3.7 Hochspannungsüberlast-Prüfung mit Einzelimpulsen

Siehe IEC 60115-1:201X, 8.2.

Der Prüfling muss im nicht befestigten Zustand geprüft werden oder auf eine Prüfleiterplatte nach 5.2.2 oder eine Prüfleiterplatte nach 5.2.3, wie in der Bauartspezifikation festgelegt, montiert werden. Falls nicht befestigt, muss der Prüfling für die Dauer der Prüfung in eine geeignete Halterung eingesetzt werden.

Die Prüfung muss mit Impulsen durchgeführt werden, die wie folgt bestimmt werden:

Impulsform: 10/700

Impulsspitzenspannung: $\hat{U}_{\text{test}} = x \times \sqrt{P_{70} \times R_n}$, mit $x \geq 10$,

die begrenzt werden muss durch $\hat{U}_{\text{test}} \leq y \times U_{\text{max}}$, mit $y \geq 2$.

Die Werte für x und y müssen in der Bauartspezifikation festgelegt werden.

ANMERKUNG Die für die Multiplikatoren angegebenen Mindestwerte, $x = 10$ und $y = 2$, entsprechen dem geringsten Schärfegrad Nr. 4, wie in IEC 60115-1:201X, 8.2, für die Impulsform 10/700 festgelegt.

Diese Prüfung ist nur für Widerstände der Klassifikationsstufe P oder der Klassifikationsstufe R vorgeschrieben.

5.3.8 Hochspannungsüberlast-Prüfung mit periodischen Impulsen

Siehe IEC 60115-1:201X, 8.3, mit folgenden Einzelheiten:

Der Prüfling muss auf eine Prüfleiterplatte nach 5.2.2 oder eine Prüfleiterplatte nach 5.2.3, wie in der Bauartspezifikation festgelegt, montiert werden. Die Prüfleiterplatte oder Prüfleiste ist waagerecht zu befestigen und muss sich in freier Luft bei Normalklima für Prüfungen nach IEC 60115-1:201X, 5.2.3 (z. B. bei einer Umgebungstemperatur von 15 °C bis 35 °C) befinden.

Die bei der Überlastprüfung mit quadratischen Impulsen bevorzugte Spannung, beschrieben als Schärfegrad 3, ist:

$$\hat{U}_{\text{test}} = \sqrt{25 \times P_{70} \times R_n},$$

die begrenzt werden muss durch

$$\hat{U}_{\text{test}} \leq 3 \times U_{\text{max}}$$

Dabei ist

P_{70}	die Bemessungsbelastbarkeit;
R_n	der Nennwert des Widerstands;
U_{max}	die höchste zulässige Dauerspannung.

Prüfdauer: $t_{\text{test}} = 100^{+5}_0 \text{ h}$;

Impulsdauer: $t_{\text{pulse}} = 100 \text{ } \mu\text{s}$;

Impulsfrequenz: $f_{\text{pulse}} = 400 \text{ Hz}$.

In der Bauartspezifikation darf ein höherer Übersteuerungsfaktor als der in Schärfegrad 3 angegebene Wert 25 vorgeschrieben sein. In diesem Fall muss die Prüfdauer von 100 h und die Impulsdauer von 100 μs eingehalten und die Impulsfrequenz angepasst werden, um eine mittlere Verlustleistung der Impulsfolge von 100 % der Bemessungsbelastbarkeit P_{70} zu ermitteln. Siehe bevorzugte alternative Überlastbedingungen in Tabelle 3.

Tabelle 3 – Bevorzugte vergrößerte Überlastbedingungen

Schärfegrad	Spitzenlast $\hat{P}$ W	Impulsspannung $\hat{U}_{\text{test}}$ V	Impulsdauer t_{pulse} µs	Impulsfrequenz f_{pulse} Hz
3a	$40 \times P_r$	$\sqrt{40 \times P_r \times R_n}$	100	250
3b	$63 \times P_r$	$\sqrt{63 \times P_r \times R_n}$	100	160
3c	$100 \times P_r$	$\sqrt{100 \times P_r \times R_n}$	100	100
3d	$160 \times P_r$	$\sqrt{160 \times P_r \times R_n}$	100	63
3e	$250 \times P_r$	$\sqrt{250 \times P_r \times R_n}$	100	40
3f	$400 \times P_r$	$\sqrt{400 \times P_r \times R_n}$	100	25
3g	$630 \times P_r$	$\sqrt{630 \times P_r \times R_n}$	100	16
3h	$1\,000 \times P_r$	$\sqrt{1\,000 \times P_r \times R_n}$	100	10

Diese Prüfung ist nur für Widerstände der Klassifikationsstufe P oder der Klassifikationsstufe R vorgeschrieben.

5.3.9 Prüfung der elektrostatischen Entladung (ESD)

Siehe IEC 60115-1:201X, 8.5, mit folgenden Einzelheiten:

Der Prüfling muss im nicht befestigten Zustand geprüft werden oder auf eine Prüfleiterplatte nach 5.2.2 oder eine Prüfleiterplatte nach 5.2.3, wie in der Bauartspezifikation festgelegt, montiert werden. Falls nicht befestigt, muss der Prüfling für die Dauer der Prüfung in eine geeignete Halterung eingesetzt werden.

Die ESD-Prüfspannung ist eine Funktion des Widerstandsbauforn. In der Bauartspezifikation müssen die Werte für die Prüfspannung UHBM vorgeschrieben werden, vorzugsweise anhand der in IEC 60115-1:201X, 8.5.4 angegebenen Vorzugswerte. Für die Prüfspannung muss eine relative Abweichung von $\pm 2\%$ gelten.

Es muss eine gleiche Anzahl von Entladungen mit positiver Polarität, n_{pos} , und mit negativer Polarität, n_{neg} , auf die Proben angewendet werden. Dabei ist

$$\begin{aligned} n_{\text{pos}} = n_{\text{neg}} &= 1 && \text{für Widerstände, der Klassifikationsstufe G; oder} \\ n_{\text{pos}} = n_{\text{neg}} &= 3 && \text{für Widerstände der Klassifikationsstufe P oder R.} \end{aligned}$$

Die Zeitspanne zwischen den zwei Entladungen muss mindestens 1 s betragen.

5.3.10 Sichtprüfung

Siehe IEC 60115-1:201X, 9.1

Es muss eine Sichtprüfung des Widerstandskörpers und seiner Anschlüsse durchgeführt werden.

Die Sichtprüfung der Kennzeichnung von gekennzeichneten Widerständen muss auf die erforderlichen Markierungselemente nach 7.1 angewendet werden.

5.3.11 Lehrenmaße

Siehe IEC 60115-1:201X, 9.2, mit folgenden Einzelheiten:

Länge und Durchmesser (oder Höhe und Breite) des Widerstandskörpers und der Leitungen müssen gemessen werden.

Die Länge des Widerstandskörpers muss nach IEC 60294:2012, Abschnitt 3.1, bewertet werden.

Der Durchmesser des Widerstandskörpers muss nach IEC 60294:2012, Abschnitt 5, gemessen werden. Ein ähnlicher Ansatz muss für einen nicht zylindrischen Widerstandskörper angewendet werden.

Falls in der Bauartspezifikation festgelegt, muss die in Bild 4 dargestellte effektive Exzentrizität e' wie darin vorgeschrieben gemessen werden.

Falls in der Bauartspezifikation festgelegt, muss entweder die Länge der überschüssigen Schutzumhüllung, Maß c in Bild 5a, nach IEC 60294:2012, Abschnitt 4 ermittelt oder die Länge zwischen den unbedeckten Drahtanschlüssen, Maß L_c in Bild 5b, entsprechend den Angaben in der Bauartspezifikation gemessen werden.

5.3.12 Detailmaße

Siehe IEC 60115-1:201X, 9.3, mit folgenden Einzelheiten:

Es müssen alle in der Bauartspezifikation angegebenen Maße gemessen werden.

Zur Messung der Länge des Widerstandskörpers muss eine Lehrenplatte nach IEC 60294:2012, 3.1 verwendet werden.

Falls in der Bauartspezifikation festgelegt, muss die in Bild 4 dargestellte reale Exzentrizität e wie darin vorgeschrieben gemessen werden.

Falls in der Bauartspezifikation festgelegt, muss entweder die Länge der überschüssigen Schutzumhüllung, Maß c in Bild 3a, oder die Länge zwischen den unbedeckten Drahtanschlüssen, Maß L_c in Bild 3b, entsprechend den Angaben in der Bauartspezifikation gemessen werden.

5.3.13 Widerstandsfähigkeit der Anschlüsse

Siehe IEC 60115-1:201X, 9.5, mit folgenden Einzelheiten:

Die Prüfungen müssen bei Normalklima für Prüfungen nach IEC 60115-1:201X, 5.2.3 (z. B. bei einer Umgebungstemperatur von 15 °C bis 35 °C) durchgeführt werden. Vor den Prüfungen müssen die Prüflinge für mindestens 1 h bei Normalklima gelagert werden.

Die folgenden Prüfungen müssen auf die Probengruppe angewendet werden, die dieser Prüfung unterzogen wurde:

- Die gesamte Probengruppe muss der Prüfung Ua_1 – Zug, wie in IEC 60115-1:201X, 9.5.4.2 festgelegt, unterzogen werden.
- Anschließend muss die Hälfte der Probengruppe der Prüfung Ub – Biegen, wie in IEC 60115-1:201X, 9.5.4.3 festgelegt, unterzogen werden, wobei jeweils zwei aufeinanderfolgende Biegungen in entgegengesetzter Richtung durchzuführen sind.
- Die andere Hälfte der Probengruppe muss der Prüfung Uc – Verdrehen, wie in IEC 60115-1:201X, 9.5.4.4 festgelegt, unterzogen werden, wobei Verfahren 1, Schärfegrad 2 anzuwenden ist.

5.3.14 Schwingen

Siehe IEC 60115-1:201X, 9.11, mit folgenden Einzelheiten:

Das anzuwendende Verfahren ist die Dauerbeanspruchung bei gleitender Frequenz nach IEC 60068-2-6:2007, 8.3.1, wobei der Prüfling so zu befestigen ist, dass er keinen Resonanzen ausgesetzt ist, und mit folgenden Einzelheiten:

Frequenzbereich:	$f_1 = 10 \text{ Hz}$ bis $f_2 = 2\,000 \text{ Hz}$;
Amplitude:	$\hat{a} = 200 \text{ m/s}^2$, begrenzt durch $d = 1,5 \text{ mm}$;
Dauer:	$n = 10$ Frequenzzyklen je Achse (x, y, z), woraus sich eine Prüfdauer $t_{\text{load}} = 2,5 \text{ h}$ je Achse ergibt.

5.3.15 Rascher Temperaturwechsel

Siehe IEC 60115-1:201X, 10.1, mit folgenden Einzelheiten:

untere Temperatur:	$\vartheta_{\text{inf}} = \text{LCT}$;
obere Temperatur:	$\vartheta_{\text{sup}} = \text{UCT}$;
Anzahl der Zyklen:	$n = 5$.

5.3.16 Rascher Temperaturwechsel, ≥ 100 Zyklen

Siehe IEC 60115-1:201X, 10.1, mit folgenden Einzelheiten:

untere Temperatur:	$\vartheta_{\text{inf}} = \text{LCT}$;
obere Temperatur:	$\vartheta_{\text{sup}} = \text{UCT}$;
Anzahl der Zyklen:	bevorzugte Werte für n sind 100; 200; 500 und 1 000.

Die Bauartspezifikation darf in Abhängigkeit von den Eigenschaften und Fähigkeiten der jeweiligen Bauform andere Werte für n festlegen.

Diese Prüfung ist nur für Widerstände der Klassifikationsstufe P oder der Klassifikationsstufe R vorgeschrieben.

5.3.17 Reihenfolge klimatischer Prüfungen

5.3.17.1 Allgemeines

Siehe IEC 60115-1:201X, 10.3

Der Prüfling muss auf eine Prüfleiterplatte nach 5.2.2 oder eine Prüfleiterplatte nach 5.2.3, wie in der Bauartspezifikation festgelegt, montiert werden.

5.3.17.2 Trockene Wärme

IEC 60115-1:201X, 10.3.3.3

Die Prüflinge dürfen unmittelbar in die beheizte Kammer bei einer Temperatur von der Raumtemperatur bis zur oberen Kategorietemperatur eingebracht und unmittelbar herausgenommen werden, da nicht bekannt ist, dass sich die plötzliche Temperaturänderung nachteilig auf die Prüflinge auswirkt.

5.3.17.3 Feuchte Wärme, zyklisch, erster Zyklus

Siehe IEC 60115-1:201X, 10.3.3.4

5.3.17.4 Kälte

IEC 60115-1:201X, 10.3.3.5

Die Prüflinge dürfen unmittelbar in die gekühlte Kammer bei einer Temperatur von der unteren Kategorietemperatur bis zur Raumtemperatur eingebracht und unmittelbar herausgenommen werden, da nicht bekannt ist, dass sich die plötzliche Temperaturänderung nachteilig auf die Prüflinge auswirkt.

Vorsichtsmaßnahmen zur Vermeidung einer Kondensation von Feuchtigkeit auf den Prüflingen sind erforderlich, wenn die Prüflinge bei einer Temperatur unterhalb der Raumtemperatur in die Prüfkammer eingebracht werden.

5.3.17.5 Niedriger Luftdruck

Siehe IEC 60115-1:201X, 10.3.3.6, mit folgenden Einzelheiten:

Luftdruck: $p_{\text{amb}} = 8 \text{ kPa}$, bei Widerständen der Klassifikationsstufe G oder
 $p_{\text{amb}} = 1 \text{ kPa}$ bei Widerständen der Klassifikationsstufe P oder der Klassifikationsstufe R.

ANMERKUNG Nach ISO 2533 entspricht der Luftdruck von 1 kPa einer ungefähren Höhe von 31 200 m über dem Meeresspiegel und der Luftdruck von 8 kPa einer ungefähren Höhe von 17 600 m über dem Meeresspiegel.

5.3.17.6 Feuchte Wärme, zyklisch, zusätzliche Zyklen

Siehe IEC 60115-1:201X, 10.3.3.7.

Die Anzahl der zusätzlichen Zyklen wird durch die Klimakategorie bestimmt und ist in IEC 60115-1:201X, Tabelle 20 aufgeführt.

5.3.17.7 Gleichspannungsbelastung

Siehe IEC 60115-1:201X, 10.3.3.8.

5.3.17.8 Endmessungen

Siehe IEC 60115-1:201X, 10.3.3.9.

Siehe 5.2.24 für die Messung des Isolationswiderstands von isolierten Widerständen.

5.3.18 Feuchte Wärme, konstant

Siehe IEC 60115-1:201X, 10.4, mit folgenden Einzelheiten:

Der Prüfling muss auf eine Prüfleiterplatte nach 5.2.2 oder eine Prüfleiterplatte nach 5.2.3, wie in der Bauartspezifikation festgelegt, montiert werden.

Für die Dauer t_{exp} dieser Prüfung, die durch die Klimakategorie festgelegt ist, siehe IEC 60115-1:201X, Tabelle 21.

Siehe 5.3.23 für die Messung des Isolationswiderstands von isolierten Widerständen.

5.3.19 Lötbarkeit mit bleifreiem Lot

Siehe IEC 60115-1:201X, 11.1, mit folgenden Einzelheiten:

Vor der Lötbarkeitsprüfung muss eine beschleunigte Alterung durchgeführt werden. Sofern in der betreffenden Bauartspezifikation nicht anders angegeben, muss die Alterung 3a (d. h. 4 h trockene Wärme bei 155 °C, siehe IEC 60115-1:201X, Tabelle 27) angewendet werden. Nach der beschleunigten Alterung muss der Prüfling für etwa 2 h h to 24 h in das Normalklima für Prüfungen gebracht werden.

Es steht eine Reihe von bleifreien Lotlegierungen zur Verfügung, die für die Montage von niedrigbelastbare Schichtwiderständen mit Drahtanschluss mit eigenen Prozesstemperaturanforderungen und ihrem typischen Lötverfahren geeignet sind, siehe IEC 60115-1:201X, 11.1.4.1.

- Bauteile, die per Durchsteckmontage montiert werden, werden typischerweise durch Wellenlöten oder selektives Löten gelötet, wobei die typischen Lotlegierungen in der Temperaturgruppe 4: hoch aufgeführt sind.
- Bauteile, die per Oberflächenmontage montiert werden, werden typischerweise durch Aufschmelzlöten gelötet, wobei die typischen Lotlegierungen in der Temperaturgruppe 3: mittel-hoch aufgeführt sind.

In der Bauartspezifikation muss eine der folgenden Lötbarkeitsprüfbedingungen festgelegt werden, die aus IEC 60115-1:201X, 11.1.4.4, ausgewählt sind, basierend auf der vorherrschenden Montagetechnik für die von ihr abgedeckten Widerstände.

Die Lötbarkeit für Gruppe 4 muss unter Verwendung des Lötbadverfahrens, siehe IEC 60115-1:201X, Tabelle 30, Verfahren 1, unter Beachtung der folgenden Einzelheiten geprüft werden:

Lotlegierung: Sn99,3Cu0,7;
 Badtemperatur: $\vartheta_{\text{bath}} = (250 \pm 3) ^\circ\text{C}$;
 Tauchdauer: $t_{\text{imm}} = (3 \pm 0,3) \text{ s}$.

Die Lötbarkeit für Gruppe 3 muss unter Verwendung des Lötbadverfahrens, siehe IEC 60115-1:201X, Tabelle 30, Verfahren 1, unter Beachtung der folgenden Einzelheiten geprüft werden:

Lotlegierung: Sn96,5Ag3,0Cu0,5;
 Badtemperatur: $\vartheta_{\text{bath}} = (245 \pm 3) ^\circ\text{C}$;
 Tauchdauer: $t_{\text{imm}} = (3 \pm 0,3) \text{ s}$.

Eine Wärmeabschirmung darf nur verwendet werden, wenn sie in der Bauartspezifikation vorgeschrieben ist.

Diese Prüfung sollte nicht angewendet werden, wenn die betreffende Bauartspezifikation die Verarbeitbarkeit der von ihr erfassten Bauelemente mit bleifreien Lötverfahren ausdrücklich ausschließt.

5.3.20 Lötbarkeit mit SnPb-Lot

Siehe IEC 60115-1:201X, 11.1, mit folgenden Einzelheiten:

Vor der Lötbarkeitsprüfung muss eine beschleunigte Alterung durchgeführt werden. Sofern in der betreffenden Bauartspezifikation nicht anders angegeben, muss die Alterung 3a (d. h. 4 h trockene Wärme bei 155 °C, siehe IEC 60115-1:201X, Tabelle 27) angewendet werden. Nach der beschleunigten Alterung muss der Prüfling für etwa 2 h h to 24 h in das Normalklima für Prüfungen gebracht werden.

Die Auswahl von bleihaltigen Lotlegierungen, die für die Montage von niedrigbelastbaren Schichtwiderständen mit Drahtanschluss anwendbar ist, sind in der Lötverfahrens-Temperaturgruppe 2: mittel aufgeführt, siehe IEC 60115-1:201X, 11.1.4.1. Diese Lote werden gleichermaßen für das Wellenlöten und das Aufschmelzlöten eingesetzt.

Die Lötbarkeit für Gruppe 2 muss unter Verwendung des Lötbadverfahrens, siehe IEC 60115-1:201X, Tabelle 30, Verfahren 1, unter Beachtung der folgenden Einzelheiten geprüft werden:

Lotlegierung: Sn60Pb40 oder Sn63Pb37
 Badtemperatur: $\vartheta_{\text{bath}} = (235 \pm 3) ^\circ\text{C}$
 Tauchdauer: $t_{\text{imm}} = (2 \pm 0,2) \text{ s}$

Eine Wärmeabschirmung darf nur verwendet werden, wenn sie in der Bauartspezifikation vorgeschrieben ist.

Diese Prüfung gilt in der Regel auch für Bauteile mit bleifreier Anschlussbeschichtung, da die meisten dieser Beschichtungen auch mit einem Lötverfahren mit bleihaltigem Lot kompatibel sind. Diese Prüfung sollte

jedoch nicht angewendet werden, wenn die betreffende Bauartspezifikation die Verarbeitbarkeit der darin beschriebenen Bauteile mit konventionellem Lötverfahren mit bleihaltigem Lot (SnPb) ausdrücklich ausschließt.

5.3.21 Lötwärmebeständigkeit

Siehe IEC 60115-1:201X, 11.2, mit folgenden Einzelheiten:

Die Lötwärmebeständigkeit muss unter Verwendung des Lötbadverfahrens nach IEC 60068-2-20, Prüfung Tb, mit folgendem Schärfegrad geprüft werden:

Lotlegierung:	eine beliebige SnPb- oder SnCu- oder SnAgCu- oder SnAg-Legierung
Badtemperatur:	$\vartheta_{\text{bath}} = (260 \pm 3) ^\circ\text{C}$
Tauchdauer:	$t_{\text{imm}} = (10 \pm 1) \text{ s}$

Eine Wärmeabschirmung darf nur verwendet werden, wenn sie in der Bauartspezifikation vorgeschrieben ist.

5.3.22 Lösemittelbeständigkeit

Siehe IEC 60115-1:201X, 11.3, mit folgenden Einzelheiten:

Verfahren:	Verfahren 1: mit Reiben
Temperatur des Lösemittels:	$\vartheta_{\text{bath}} = (23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ oder $(50_{-5}^0) ^\circ\text{C}$.
Verweildauer:	$t_{\text{imm}} = (5 \pm 0,5) \text{ min}$
Reibvorrichtung:	Watte oder Zahnbürste, wie in der Bauartspezifikation festgelegt.
Anzahl der Reibbewegungen:	$n = 10$.

ANMERKUNG Die Badtemperatur von $23 ^\circ\text{C}$ wird in einigen Regionen aufgrund von Sicherheitsbedenken bei $50 ^\circ\text{C}$ bevorzugt.

5.3.23 Isolationswiderstand

Diese Prüfung darf nur bei isolierten Widerständen angewendet werden.

Siehe IEC 60115-1:201X, 12.1.

Für die Messung des Isolationswiderstands muss ein geeignetes Verfahren nach IEC 60115-1:201X, 12.1, angewendet werden, vorzugsweise das V-Block-Verfahren nach IEC 60115-1:201X, 12.1.3.2.

Bei Prüflingen, die auf eine Prüfleiterplatte montiert sind, kann diese in eine geeignete Prüfaufnahme eingesetzte Leiterplatte als untere Auflage verwendet werden, wobei ihre Verbindungen zu den Anschlussdrähten des Prüflings zusammengebunden und mit dem negativen Anschluss der Prüfgeräte verbunden sind. Ein V-förmiger Metallblock oder eine konforme Klemme muss von oben mit einer angemessenen Klemmkraft angewendet und mit dem positiven Anschluss verbunden werden.

5.3.24 Spannungsfestigkeit

Diese Prüfung darf nur bei isolierten Widerständen angewendet werden.

Siehe IEC 60115-1:201X, 12.2.

Für die Spannungsfestigkeitsprüfung muss ein geeignetes Verfahren nach IEC 60115-1:201X, 12.2, angewendet werden, vorzugsweise das V-Block-Verfahren nach IEC 60115-1:201X, 12.1.3.2.

Bei Prüflingen, die auf eine Prüfleiterplatte montiert sind, kann diese in eine geeignete Prüfaufnahme eingesetzte Leiterplatte als untere Auflage verwendet werden, wobei ihre Verbindungen zu den Anschlussdrähten des Prüflings zusammengebunden und mit dem negativen Anschluss der Prüfgeräte

verbunden sind. Ein V-förmiger Metallblock oder eine konforme Klemme muss von oben mit einer angemessenen Klemmkraft angewendet und mit dem positiven Anschluss verbunden werden.

5.3.25 Entflammbarkeitsprüfung

Die Prüfung mit der Nadelflamme nach IEC 60115-1:201X, 12.4, muss mit folgenden Einzelheiten angewendet werden:

Anwendungsdauer: $t_a = 10_{-1}^0 \text{ s}$.

5.4 Optionale und/oder zusätzliche Prüfungen

5.4.1 Dauerprüfung bei Raumtemperatur

Bei Widerständen der Klassifikationsstufe G darf die Dauerprüfung bei einer Nenntemperatur von 70 °C durch eine Dauerprüfung bei Raumtemperatur ersetzt werden.

Siehe IEC 60115-1:201X, 7.2, mit folgenden Einzelheiten:

Der Prüfling muss auf eine Prüfleiterplatte nach 5.2.2 oder eine Prüfleiterplatte nach 5.2.3, wie in der Bauartspezifikation festgelegt, montiert werden. Die Prüfleiterplatte oder Prüfleiste ist waagrecht zu befestigen und muss sich in freier Luft bei Normalklima für Prüfungen nach IEC 60115-1:201X, 5.2.3 (z. B. bei einer Umgebungstemperatur von 15 °C bis 35 °C) befinden.

Die Prüfung muss mit einer Prüfbelastung P_{test} durchgeführt werden, die wie folgt bestimmt wird:

$$P_{\text{test}} = P_{70} \times \frac{(UCT - 25 \text{ °C})}{(UCT - 70 \text{ °C})}$$

Dabei ist

P_{70} die Bemessungsbelastbarkeit bei $\vartheta_{\text{rated}} = 70 \text{ °C}$

Die Prüfung muss dann mit folgender Spannung durchgeführt werden:

$$U_{\text{test}} = \sqrt{P_{\text{test}} \times R_n},$$

die begrenzt werden muss durch

$$U_{\text{test}} \leq U_{\text{max}}$$

Dabei ist

P_{70} die Bemessungsbelastbarkeit;
 R_n der Nennwert des Widerstands;
 U_{max} die höchste zulässige Dauerspannung.

Die Dauer der Dauerprüfung muss $t_{\text{test}} = 1000_{-0}^{+24} \text{ h}$ betragen.

Siehe 5.3.23 für die Messung des Isolationswiderstands von isolierten Widerständen.

Wird diese Prüfung im Rahmen eines erweiterten Prüfplans durchgeführt, müssen die Prüflinge auf visuelle Fehler und auf die eingetretene Änderung des Widerstandswertes untersucht werden. Eine entsprechende Anforderung an die zulässige Widerstandsänderung muss in Abschnitt 6, vorzugsweise in Tabelle 4, angegeben werden.

5.4.2 Hochspannungsüberlast-Prüfung mit Einzelimpulsen

Diese Prüfung stellt alternative Schärfegrade für die Hochspannungsüberlast-Prüfung mit Einzelimpulsen aus 5.3.7 mit der Impulsform 1,2/50 dar.

Siehe IEC 60115-1:201X, 8.2.

Der Prüfling muss im nicht befestigten Zustand geprüft werden oder auf eine Prüfleiterplatte nach 5.2.2 oder eine Prüfleiterplatte nach 5.2.3, wie in der Bauartspezifikation festgelegt, montiert werden. Falls nicht befestigt, muss der Prüfling für die Dauer der Prüfung in eine geeignete Halterung eingesetzt werden.

Die Prüfung muss mit Impulsen durchgeführt werden, die wie folgt bestimmt werden:

Impulsform: 1,2/50

Impulsspitzenspannung: $\hat{U}_{\text{test}} = x \times \sqrt{P_{70} \times R_n}$, mit $x \geq 20$,

die begrenzt werden muss durch $\hat{U}_{\text{test}} \leq y \times U_{\text{max}}$, mit $y \geq 5$.

Die Werte für x und y müssen in der Bauartspezifikation festgelegt werden.

Die Hochspannungsüberlast-Prüfung mit Einzelimpulsen nach 5.3.7 wird nur für Widerstände der Klassifikationsstufe P oder der Klassifikationsstufe R empfohlen.

Wird diese Prüfung im Rahmen eines erweiterten Prüfplans durchgeführt, müssen die Prüflinge auf visuelle Fehler und auf die eingetretene Änderung des Widerstandswertes untersucht werden. Eine entsprechende Anforderung an die zulässige Widerstandsänderung muss in Abschnitt 6, vorzugsweise in Tabelle 4, angegeben werden.

5.4.3 Überlastprüfung mit periodischen Impulsen

Hierbei handelt es sich um ein altes Prüfverfahren, das für die konventionellen Spezifikationen von nicht drahtgewickelten, niedrigbelastbaren Festwiderständen (d. h. Schichtwiderstände) angewendet wurde. Diese Prüfung sollte nur bei Spezifikationen verwendet werden, bei denen eine strikte Einhaltung der historischen Prüfanforderungen erforderlich ist. Sie sollte dann durch die Hochspannungsüberlast-Prüfung mit periodischen Impulsen aus 5.3.8 ersetzt werden.

Der allgemeine Schärfegrad dieser Prüfung wird angesichts der tatsächlichen Leistungsfähigkeit des Produkts und der typischen Anforderungen an die Anwendung als unzureichend angesehen. Die mangelnde Eignung zeigt sich in der geringen Spitzenlast, wobei die mittlere Verlustleistung geringer ist als die Nennleistung der Prüflinge, sowie in der begrenzten Anzahl der angewendeten Impulse.

Siehe IEC 60115-1:201X, 8.4, mit folgenden Einzelheiten:

Der Prüfling muss auf eine Prüfleiterplatte nach 5.2.2 oder eine Prüfleiterplatte nach 5.2.3, wie in der Bauartspezifikation festgelegt, montiert werden. Die Prüfleiterplatte oder Prüfleiste ist waagrecht zu befestigen und muss sich in freier Luft bei Normalklima für Prüfungen nach IEC 60115-1:201X, 5.2.3 (z. B. bei einer Umgebungstemperatur von 15 °C bis 35 °C) befinden.

Die bei der Überlastprüfung mit periodischen Impulsen bevorzugte Spannung ist:

$$\hat{U}_{\text{test}} = \sqrt{15 \times P_{70} \times R_n},$$

die begrenzt werden muss durch

$$\hat{U}_{\text{test}} \leq 2 \times U_{\text{max}}$$

Dabei ist

P_{70}	die Bemessungsbelastbarkeit,
R_n	der Nennwert des Widerstands,
$U_{\max}$	die höchste zulässige Dauerspannung.

Die Prüfdauer wird durch folgende Einzelheiten bestimmt:

Anzahl der Impulszyklen:	$n = 1\,000$,
Einschaltdauer:	$t_{\text{on}} = 0,1\text{ s}$, und
Ausschaltdauer:	$t_{\text{off}} = 2,5\text{ s}$ in jedem Impulszyklus.

Wird diese Prüfung im Rahmen eines erweiterten Prüfplans durchgeführt, müssen die Prüflinge auf visuelle Fehler und auf die eingetretene Änderung des Widerstandswertes untersucht werden. Eine entsprechende Anforderung an die zulässige Widerstandsänderung muss in Abschnitt 6, vorzugsweise in Tabelle 4, angegeben werden.

5.4.4 Betrieb bei niedriger Temperatur

Diese Prüfung dient als Ergänzung zur passiven Kälteprüfung der Reihenfolge von klimatischen Prüfungen aus 5.3.18 und IEC 60115-1:201X, 10.3, die weiterhin ein verbindlicher Bestandteil aller Prüfpläne im Anwendungsbereich dieser Spezifikation ist.

Siehe IEC 60115-1:201X, 10.2, mit Einzelheiten zu Prüfung.

Wird diese Prüfung im Rahmen eines erweiterten Prüfplans durchgeführt, müssen die Prüflinge auf visuelle Fehler und auf die eingetretene Änderung des Widerstandswertes untersucht werden. Eine entsprechende Anforderung an die zulässige Widerstandsänderung muss in Abschnitt 6, vorzugsweise in Tabelle 4, angegeben werden.

5.4.5 Feuchte Wärme, konstant, beschleunigte Prüfung

Diese Prüfung dient als Ergänzung zur Prüfung „Feuchte Wärme, konstant“ aus 5.3.19 und IEC 60115-1:201X, 10.4, die weiterhin ein verbindlicher Bestandteil aller Prüfpläne im Anwendungsbereich dieser Spezifikation ist.

Siehe IEC 60115-1:201X, 10.5, mit folgenden Einzelheiten:

Um der Empfehlung für diese Prüfung nach IEC 60068-2-67:1995, B.2 a) zur Begrenzung des Temperaturanstiegs auf unter 2 K zu folgen, muss die Prüfung mit einer Vorspannung von 10% der Nennspannung U_r durchgeführt werden, siehe Option DC-Vorspannung a) aus IEC 60115-1:201X, Tabelle 23.

Zur Vereinfachung in der Praxis darf die Prüfung mit den gruppierten DC-Vorspannungen nach IEC 60115-1:201X, 10.5.4.2, durchgeführt werden.

Siehe 5.3.23 für die Messung des Isolationswiderstands von isolierten Widerständen.

Wird diese Prüfung im Rahmen eines erweiterten Prüfplans durchgeführt, müssen die Prüflinge auf visuelle Fehler und auf die eingetretene Änderung des Widerstandswertes untersucht werden. Isolationswiderstände müssen ebenfalls auf ihren Isolationswiderstand geprüft werden. Eine entsprechende Anforderung an die zulässige Widerstandsänderung muss in Abschnitt 6, vorzugsweise in Tabelle 4, angegeben werden.

6 Anforderungen an das Betriebsverhalten

6.1 Allgemeines

Prüfschärfegrade und Anforderungen in Bauartspezifikationen müssen gleich oder höher sein als die Anforderungsstufe dieser Rahmenspezifikation. Ein schlechteres Betriebsverhalten ist nicht zulässig.

Die Schärfegrade für die Prüfungen muss in der Bauartspezifikation entsprechend den Festlegungen der Fachgrundspezifikation IEC 60115-1 sowie des Abschnitts 5 dieser Rahmenspezifikation angegeben werden.

6.2 Grenzwerte für die Änderung des Widerstandswertes bei Prüfungen

Tabelle 4 gibt für alle in den Spaltenüberschriften aufgeführten Prüfungen die bevorzugten Grenzwerte für die Änderung des Widerstandswertes an. Zur Klassifizierung des Betriebsverhaltens von Widerständen werden die Grenzwerte für die Änderung des Widerstandswertes Stabilitätsklassen zugeordnet. Die in der Bauartspezifikation festgelegten Anforderungen an das Betriebsverhalten müssen auf einer geeigneten Auswahl dieser Stabilitätsklassen und der zugeordneten bevorzugten Grenzwerte basieren.

Die Grenzwerte für die Änderung des Widerstands werden im Allgemeinen als die Summe aus einer absoluten Abweichung a und einer relativen Abweichung $p \times R$ ausgedrückt:

$$\Delta R = p \times R + a$$

Dabei wird die dimensionslose reelle Zahl p üblicherweise in Prozent ausgedrückt.

ANMERKUNG Die Summe aus einem absoluten und einem relativen Anteil spiegelt die Beschaffenheit einiger Mechanismen zur Änderung des Widerstands wider, die mit dem tatsächlichen Widerstandswert verknüpft sind; einige andere sind davon unabhängig.

Ein weiterer historischer Hintergrund einer absoluten Abweichung hängt wahrscheinlich mit der Unsicherheit von Messungen niederohmiger Widerstände zusammen, für die damals ein niedriger Widerstand verfügbar war. Die Verbesserung der Messmöglichkeiten im Laufe der Zeit könnte darauf hindeuten, dass die absolute Abweichung überflüssig geworden ist. Diese Verbesserungen schließen jedoch nicht den absoluten Anteil der Mechanismen zur Änderung des Widerstands aus.

Ein gleicher Anteil an absoluten und relativen Abweichungen gilt für

$$R' = \frac{a}{p}$$

Bei niederohmigen Widerständen mit $R < R'$ verliert der relative Anteil an Bedeutung gegenüber dem absoluten Anteil. Bei $R \ll R'$ erreicht die dominante absolute Abweichung die gleiche Größenordnung wie der geprüfte Widerstand R , oder kann sogar R überschreiten, was dazu führen kann, dass diese Stabilitätsanforderung nicht mit den allgemeinen Eigenschaften des Widerstands übereinstimmt. Daher wird den Verfassern von Bauartspezifikationen empfohlen, eine angemessene absolute Abweichung für den zu erfassenden Bereich des niedrigen Widerstands in Betracht zu ziehen, die kleiner sein darf als jeder Vorschlag in Tabelle 4.

BEISPIEL 1 Durch die Anwendung einer zulässigen Widerstandsänderung von $\Delta R = \pm(0,5 \% R + 50 \text{ m}\Omega)$ auf einen Widerstandsbereich bis $100 \text{ m}\Omega$ beträgt die zulässige Änderung $\pm 50,5 \%$ an der unteren Bereichsgrenze. Die Anwender von Bauteilen werden wahrscheinlich eine wesentlich bessere Stabilität erwarten, weshalb den Verfassern von Bauartspezifikationen empfohlen wird, für diesen Fall eine geringere zulässige absolute Abweichung zu verwenden.

Bei hochohmigen Widerständen mit $R > R'$ verliert der absolute Anteil an Bedeutung gegenüber dem relativen Anteil, z. B. beträgt bei $R = 100 \times R'$ der absolute Anteil nur 1% des relativen Anteils. Aus Gründen der Klarheit der Darstellung sollte ein solcher unbedeutender absoluter Anteil nicht mehr dargestellt oder angewendet werden.

BEISPIEL 2 Die Anwendung einer zulässigen Widerstandsänderung von $\Delta R = \pm(0,5 \% R + 50 \text{ m}\Omega)$ führt zu einem gleichen Anteil der Abweichung für $R' = 10 \text{ }\Omega$. Bei $1 \text{ k}\Omega$ beträgt der absolute Anteil nur noch $0,005 \% R$, was 1% des relativen Anteils entspricht und für die Qualitätsbewertung der Widerstände kaum von Bedeutung sein kann. Daher wird es die Leser von Spezifikationen oder zugehörigen Prüfberichten nur verwirren, wenn der absolute Anteil weiterhin dargestellt ist und jedes Mal für $R \geq 1 \text{ k}\Omega$ angewendet wird.

Tabelle 4 – Grenzwerte für die Änderung des Widerstandswertes bei Prüfungen

Stabilitäts- klasse	Grenzwert für die Änderung des Widerstandswertes, ΔR Ω						
	Langzeitprüfungen			Kurzzeitprüfungen	Erweiterte Beanspruchungsprüfungen		
	IEC 60115-1:201X, 7.3 Dauerprüfung bei maximaler Temperatur: UCT 10.3 Reihenfolge klimatischer Prüfungen 10.4 Feuchte Wärme, konstant	IEC 60115-1:201X, 7.1 Dauerprüfung bei der Nenntemperatur 70 °C, 1 000 h verlängert, 8 000 h ^a 7.2 Dauerprüfung bei Raum- temperatur, 1 000 h ^d		IEC 60115-1:201X, 8.1 Kurzzeitige Überlast 9.5 Widerstands- fähigkeit der Anschlüsse 9.11 Schwingen 10.1 Rascher Temperatur- wechsel, 5 Zyklen 11.2 Lötwärme- beständigkeit	IEC 60115-1:201X, 10.1 Rascher Temperatur- wechsel, ≥ 100 Zyklen ^a	IEC 60115-1:201X, 8.2 Hoch- spannungs- überlast- Prüfung mit Einzelimpulsen ^a 8.5 Elektrostatische Entladung ^c	IEC 60115-1:201X, 8.3 Hoch- spannungs- überlast- Prüfung mit periodischen Impulsen ^a 8.4 Überlast- prüfung mit periodischen Impulsen ^d
10	±(10 % R + 0,5 Ω)	±(10 % R + 0,5 Ω)	±(20 % R + 0,5 Ω)	±(2 % R + 0,1 Ω)	±(1 % R + 0,05 Ω)	±(1% R + 0,05 Ω)	±(2 % R + 0,05 Ω)
5	±(5 % R + 0,1 Ω)	±(5 % R + 0,1 Ω)	±(10 % R + 0,1 Ω)	±(1 % R + 0,05 Ω)			
2	±(2 % R + 0,1 Ω)	±(2 % R + 0,1 Ω)	±(5 % R + 0,1 Ω)	±(0,5 % R + 0,05 Ω)			
1	±(1 % R + 0,05 Ω)	±(1 % R + 0,05 Ω)	±(2 % R + 0,05 Ω)	±(0,25 % R + 0,05 Ω)	±(0,5 % R + 0,05 Ω)	±(0,5 % R + 0,05 Ω)	±(1 % R + 0,05 Ω)
0,5	±(0,5 % R + 0,05 Ω)	±(0,5 % R + 0,05 Ω)	±(1 % R + 0,05 Ω)	±(0,1 % R + 0,01 Ω)			
0,25	±(0,25 % R + 0,05 Ω)	±(0,25 % R + 0,05 Ω)	±(0,5 % R + 0,05 Ω)	±(0,05 % R + 0,01 Ω)			
0,1	±(0,1 % R + 0,02 Ω)	±(0,1 % R + 0,02 Ω)	±(0,25 % R + 0,02 Ω)	±(0,05 % R + 0,01 Ω)	±(0,25 % R + 0,05 Ω)		
0,05	±(0,05 % R + 0,01 Ω)	±(0,05 % R + 0,01 Ω)	±(0,1 % R + 0,01 Ω)	±(0.025 % R + 0,01 Ω)			
0.025	±(0,025 % R + 0,01 Ω)	±(0.025 % R + 0,01 Ω)	±(0,05 % R + 0,01 Ω)	±(0,01 % R + 0,01 Ω)			
^a Diese Prüfung ist nur für Widerstände der Klassifikationsstufe P oder der Klassifikationsstufe R vorgeschrieben. ^b Diese Prüfung ist nur bei Widerständen der Klassifikationsstufe G anwendbar. ^c Zur Anwendbarkeit dieser Prüfung siehe 5.3.10. ^d Diese Prüfung ist optional, siehe den jeweiligen Unterabschnitt von 5.4.							

6.3 Temperaturkoeffizient des Widerstandswertes

In Tabelle 5 sind die bevorzugten Grenzwerte für die reversible Widerstandsänderung bei der Prüfung des Temperaturkoeffizienten des Widerstandswertes nach IEC 60115-1:201X, 6.2 und 5.3.2 dieser Spezifikation aufgeführt. Die in der Bauartspezifikation festgelegten Anforderungen an das Betriebsverhalten müssen auf einer geeigneten Auswahl dieser bevorzugten Grenzwerte basieren.

Jede Zeile in Tabelle 5 stellt einen bevorzugten Temperaturkoeffizienten des Widerstandswertes (TCR) mit den Grenzwerten für die Widerstandsänderung bei den verschiedenen in dieser Spezifikation verwendeten Temperaturen der Kategorie dar.

Tabelle 5 – Zulässige Änderung des Widerstandswertes aufgrund einer Temperaturänderung

Temperatur- koeffizient ^a		Grenzwert für die Änderung des Widerstandswertes $\Delta R/R$ %								
		TCR bei niedrigen Temperaturen				TCR bei hohen Temperaturen				
		Untere Kategorietemperatur / Bezugstemperatur				Bezugstemperatur / obere Kategorietemperatur				
		$-55\text{ °C} / 20\text{ °C}$	$-40\text{ °C} / 20\text{ °C}$	$-25\text{ °C} / 20\text{ °C}$	$-10\text{ °C} / 20\text{ °C}$	$20\text{ °C} / 85\text{ °C}$	$20\text{ °C} / 125\text{ °C}$	$20\text{ °C} / 155\text{ °C}$	$20\text{ °C} / 175\text{ °C}$	$20\text{ °C} / 200\text{ °C}$
± 1000	W	$\pm 7,50$	$\pm 6,00$	$\pm 4,50$	$\pm 3,00$	$\pm 6,50$	$\pm 10,50$	$\pm 13,50$	$\pm 15,50$	$\pm 18,00$
± 500	V	$\pm 3,75$	$\pm 3,00$	$\pm 2,25$	$\pm 1,50$	$\pm 3,25$	$\pm 5,25$	$\pm 6,75$	$\pm 7,75$	$\pm 9,00$
± 250	U	$\pm 1,875$	$\pm 1,500$	$\pm 1,125$	$\pm 0,750$	$\pm 1,625$	$\pm 2,625$	$\pm 3,375$	$\pm 3,875$	$\pm 4,500$
± 100	S	$\pm 0,750$	$\pm 0,600$	$\pm 0,450$	$\pm 0,300$	$\pm 0,650$	$\pm 1,050$	$\pm 1,350$	$\pm 1,550$	$\pm 1,800$
± 50	R	$\pm 0,375$	$\pm 0,300$	$\pm 0,225$	$\pm 0,150$	$\pm 0,325$	$\pm 0,525$	$\pm 0,675$	$\pm 0,775$	$\pm 0,900$
± 25	Q	$\pm 0,188$	$\pm 0,150$	$\pm 0,113$	$\pm 0,075$	$\pm 0,163$	$\pm 0,263$	$\pm 0,338$	$\pm 0,388$	$\pm 0,450$
± 15	P	$\pm 0,113$	$\pm 0,090$	$\pm 0,068$	$\pm 0,045$	$\pm 0,098$	$\pm 0,158$	$\pm 0,203$	$\pm 0,233$	$\pm 0,270$
± 10	N	$\pm 0,075$	$\pm 0,060$	$\pm 0,045$	$\pm 0,030$	$\pm 0,065$	$\pm 0,105$	$\pm 0,135$	$\pm 0,155$	$\pm 0,180$
± 5	M	$\pm 0,038$	$\pm 0,030$	$\pm 0,023$	$\pm 0,015$	$\pm 0,033$	$\pm 0,053$	$\pm 0,068$	$\pm 0,078$	$\pm 0,090$
± 2	L	$\pm 0,015$	$\pm 0,012$	$\pm 0,009$	$\pm 0,006$	$\pm 0,013$	$\pm 0,021$	$\pm 0,027$	$\pm 0,031$	$\pm 0,036$
± 1	K	$\pm 0,008$	$\pm 0,006$	$\pm 0,005$	$\pm 0,003$	$\pm 0,007$	$\pm 0,011$	$\pm 0,014$	$\pm 0,016$	$\pm 0,018$

^a Wenn weitere Temperaturkoeffizienten benötigt werden, sind diese in der Bauartspezifikation festzulegen, wobei der entsprechende Kennbuchstabe nach IEC 60062 für den nächstgrößeren TCR zu verwenden ist.

^b Kennbuchstaben nach IEC 60062:2016, 7.2.

6.4 Temperaturerhöhung

Die zulässige Temperaturerhöhung $\Delta \vartheta_{\max}$ für die Prüfung der Temperaturerhöhung nach IEC 60115-1:201X, 6.7 und 5.3.3 dieser Spezifikation wird wie folgt bestimmt:

$$\Delta \vartheta_{\max} = \text{MET} - 70\text{ °C}$$

Dabei ist

MET die höchste Temperatur des Widerstandselementes.

6.5 Sichtprüfung

6.5.1 Allgemeine Kriterien für die Sichtprüfung

In der Bauartspezifikation müssen Abnahmekriterien für die Sichtkontrolle des Widerstandskörpers und seiner Anschlüsse festgelegt sein. Diese Abnahmekriterien müssen die folgenden Informationen berücksichtigen:

- die allgemeinen, in IEC 60115-1:201X, 9.1.3, Punkte a) bis d) aufgeführten Kriterien, und
- die in Anhang B dieser Spezifikation dargestellten Beispiele für spezifische Kriterien, die für Widerstände aus dem Anwendungsbereich dieser Rahmenspezifikation gelten.

In der Bauartspezifikation müssen Abnahmekriterien für die Sichtprüfung der Kennzeichnung der in 7.1 dieser Spezifikation vorgeschriebenen Komponenten festgelegt sein. Diese Abnahmekriterien müssen die folgenden Informationen berücksichtigen:

- die allgemeinen, in IEC 60115-1:201X, 9.1.3, Punkt e) aufgeführten Kriterien, und
- die in Anhang B.x dieser Spezifikation dargestellten Beispiele für spezifische Kriterien, die für Widerstände aus dem Anwendungsbereich dieser Rahmenspezifikation gelten.

6.5.2 Sichtprüfung nach Prüfungen

Sofern für die Sichtprüfung nach Prüfungen keine spezifischeren Anforderungen vorgeschrieben sind, gelten die folgenden Kriterien:

- Nach der Prüfung dürfen keine sichtbaren Schäden am Widerstandskörper und an seinen Anschlüssen auftreten, mit Ausnahme einer akzeptablen Verfärbung nach Haltbarkeitsprüfungen, und
- die vorgeschriebene Kennzeichnung der gekennzeichneten Widerstände muss nach der Prüfung lesbar sein, es sei denn, es handelt sich um Haltbarkeitsprüfungen mit längerer Dauer.

6.5.3 Kriterien für die Sichtprüfung der Verpackung

Sofern für die entsprechende Spezifikation für die Sichtprüfung der Verpackung keine spezifischeren Anforderungen vorgeschrieben sind, gelten die folgenden Kriterien:

- Bei der Primärverpackung
 - müssen die Gurtbänder ordnungsgemäß ausgerichtet sein, damit kein Klebstoff freigelegt ist;
 - dürfen die Enden der Anschlussdrähte nicht über die Gurtbänder hinausragen;
 - müssen die Widerstände auf der vorgeschriebenen Höhe innerhalb der entsprechenden Grenzabweichung zentriert sein;
 - dürfen die Gurtbänder nicht gespleißt sein;
- Bei der umhüllenden Verpackung
 - muss die Innenbreite der Kiste oder Gurtrolle eng um die Außengurtbreite passen, jedoch ohne den Gurt bei der Entnahme zu verklemmen;
 - muss die auf der Kiste oder Gurtrolle angebrachte Kennzeichnung alle in 7.3 geforderten Angaben enthalten und darf nicht verschwommen oder verzerrt sein.

6.6 Lötbarkeit

Siehe IEC 60115-1:201X, 11.1.5 und 11.1.6.

Die Anforderung an die Sichtprüfung zur Bewertung einer guten Lötbarkeit müssen wie folgt lauten:

≥95 % der Oberfläche muss mit neuem Lot bedeckt sein. Das neue Lot darf nur wenige regellos verteilte Fehlstellen wie kleine Löcher oder unbenetzte oder entnetzte Flächen aufweisen. Diese Fehlstellen dürfen nicht gehäuft in einem engen Bereich beieinander liegen.

6.7 Isolationswiderstand

Die Anforderungen dieses Unterabschnitts gelten nur für isolierte Widerstände.

Der Isolationswiderstand R_{ins} muss bei der Prüfung nach IEC 60115-1:201X, 12.1, in Gruppe 3 des Prüfplans für die Bauartanerkennung mindestens 1 G Ω betragen.

Der Isolationswiderstand R_{ins} darf nach einer der folgenden Prüfungen nicht niedriger sein als 1 G Ω

- Dauerprüfung bei der Nenntemperatur 70 °C nach IEC 60115-1:201X, 7.1, und
- Dauerprüfung bei Raumtemperatur nach IEC 60115-1:201X, 7.2, und
- Dauerprüfung bei maximaler Temperatur: UCT-Prüfung nach IEC 60115-1:201X, 7.3;

und mindestens 100 M Ω nach einer der folgenden Prüfungen

- Reihenfolge klimatischer Prüfungen IEC 60115-1:201X, 10.3, und
- Feuchte Wärme, konstant nach IEC 60115-1:201X, 10.4, und
- Feuchte Wärme, konstant, beschleunigte Prüfung nach IEC 60115-1:201X, 10.5.

6.8 Entflammbarkeit

IEC 60115-1:201X, 12.4.5 und 12.4.6.

Die Brenndauer t_b darf 30 s nicht überschreiten.

7 Kennzeichnung, Verpackung und Bestellangaben

7.1 Kennzeichnung des Bauelementes

Siehe IEC 60115-1:201X, 4.4, mit folgenden Einzelheiten:

Der Widerstandswert, die Grenzabweichung vom Widerstandswert und, sofern zutreffend und möglich, der Temperaturkoeffizient des Widerstandswertes müssen nach IEC 60062, vorzugsweise unter Verwendung einer Farbkennzeichnung nach IEC 60062:2016, Abschnitt 3, auf das Bauelement aufgebracht werden.

Wird eine Buchstaben- und Ziffernkennzeichnung verwendet, muss eines der Verfahren nach IEC 60062:2016, Abschnitt 4, gewählt werden, wobei der Kennbuchstabe für die Grenzabweichung in IEC 60062:2016, 5.2, und der Kennbuchstabe für den Temperaturkoeffizienten in IEC 60062:2016, 7.2, angegeben ist.

7.2 Verpackung

Soweit anwendbar, müssen die Widerstände nach den Bestimmungen von IEC 60286-1 für die automatische Verarbeitung gegurtet sein. Dabei bildet das Paar Gurtbänder die Primärverpackung und die Kiste oder Gurtrolle, die die gegurteten Widerstände hält, die umhüllende Verpackung.

Die Primärverpackung und umhüllende Verpackung müssen einer Sichtprüfung unterzogen werden.

ANMERKUNG Der informative Anhang F enthält Informationen und Empfehlungen zu Widerständen mit radial gebogenen Anschlüssen, für die eine Verpackung nach IEC 60286-2 zu verwenden ist.

7.3 Kennzeichnung der Verpackung

Die Verpackung muss mit allen erforderlichen Angaben nach IEC 60115-1:201X, 4.5, gekennzeichnet sein.

7.4 Bestellangaben

Die Bauartspezifikation sollte folgende Mindestangaben, die für die Bestellung von Widerständen erforderlich sind, festlegen:

- Nummer der Bauartspezifikation und Bauformbezeichnung;
- Widerstandswert, Grenzabweichung vom Widerstandswert und, sofern zutreffend, Temperaturkoeffizient des Widerstandswertes. Soweit anwendbar, muss eine alphanumerische Kennzeichnung nach IEC 60062 verwendet werden.

Die Bauartspezifikation sollte die speziellen Bestellangaben für 0- Ω -Widerstände enthalten, wenn diese Bauteile ergänzende Bauteile der von ihr abgedeckten Produktfamilie sind.

Sonderausführungen der unter eine Bauartspezifikation fallenden Produkte können durch ein optionales Suffix an den standardmäßigen Bestellangaben gekennzeichnet werden.

BEISPIEL Eine Bauartspezifikation umfasst eine Reihe von Schichtwiderständen mit axialen Drahtanschlüssen, bei denen die Anschlussdrähte eine bleifreie Beschichtung aufweisen. Dieselbe Bauartspezifikation bietet die Möglichkeit, die Schichtwiderstände mit axialen Drahtanschlüssen mit einer bleihaltigen Beschichtung (SnPb) zu versehen, die in den Bestellangaben mit dem Suffix B gekennzeichnet sind.

Die Verpackung und Art der Lieferung der Widerstände ist in der Regel nicht Bestandteil der Bestellangaben, weshalb die Verpackung in einem Bestellprozess separat spezifiziert werden muss. Dies macht es möglich, die Einträge in Materiallisten auf die technisch relevanten Vorschriften zu fokussieren, getrennt von den reinen logistischen Angaben.

Die Empfehlungen in diesem Abschnitt müssen als verbindliche Bestimmungen für Bauartspezifikationen für Produkte der Klassifikationsstufe P oder Klassifikationsstufe R angewendet werden.

Die für die elektronische Auftragsabwicklung verwendeten Bestellangaben dürfen keine Leerzeichen enthalten.

8 Bauartspezifikationen

8.1 Allgemeines

Bauartspezifikationen müssen nach dem entsprechenden Vordruck für Bauartspezifikation erstellt werden.

Bauartspezifikationen dürfen keine geringeren Anforderungen festlegen als die Fachgrund- oder Rahmenspezifikation oder der Vordruck für Bauartspezifikation. Wenn sie schärfere Anforderungen enthalten, müssen diese in einem entsprechenden Abschnitt der Bauartspezifikation aufgeführt und in den Prüfplänen beispielsweise durch eine Anmerkung gekennzeichnet werden.

Die nachstehenden Angaben müssen in jeder Bauartspezifikation enthalten sein, wobei die vorgeschriebenen Werte vorzugsweise dem jeweils entsprechenden Abschnitt dieser Rahmenspezifikation zu entnehmen sind.

8.2 Erforderliche Angaben in der Bauartspezifikation

8.2.1 Umrisszeichnung oder bildliche Darstellung

Zur leichteren Erkennung des Widerstands und zum Vergleich mit anderen Widerständen muss eine Umrisszeichnung oder eine bildliche Darstellung des Widerstands angegeben werden.

8.2.2 Bauform und Maße

Siehe 4.2.

Die Bauartspezifikation muss unter Verwendung einer geeigneten Umriss- und Maßzeichnung alle Maße und die zugehörigen Grenzabweichungen angeben, von denen die Austauschbarkeit und der Einbau abhängen.

Die freie Anschlusslänge sollte für die entsprechende Gurtung der Bauelemente angegeben werden.

Sofern zutreffend, sollte ein Verfahren zur Festlegung der Exzentrizität der Drahtanschlüsse nach Bild 4 angegeben werden. Anschließend muss ein geeignetes Messverfahren angegeben werden und das entsprechende höchstzulässige Maß muss in der Maßtabelle festgelegt werden.

Anschließend muss ein geeignetes Messverfahren angegeben werden und das entsprechende höchstzulässige Maß muss in der Maßtabelle festgelegt werden. Anschließend muss ein geeignetes Messverfahren angegeben werden und das entsprechende höchstzulässige Maß ist in der Maßtabelle festgelegt werden.

Die Masse der Produkte kann zur Information angegeben werden.

8.2.3 Klimakategorie

Siehe 4.3.

8.2.4 Widerstandsbereich

Siehe 4.4.

Wenn nach der Bauartspezifikation anerkannte Produkte unterschiedliche Bereiche besitzen, sollte folgende Aussage hinzugefügt werden: „Angaben über die in den Bauformen verfügbaren Wertebereiche einschließlich der zugehörigen Grenzabweichungen und Temperaturkoeffizienten sind dem Verzeichnis der Anerkennungen, das z. B. auf der Website www.iecq.org zur Verfügung steht, zu entnehmen.“

8.2.5 Grenzabweichungen vom Widerstandswert

Siehe 4.5.

Wenn nach der Bauartspezifikation anerkannte Produkte unterschiedliche Bereiche besitzen, sollte folgende Aussage hinzugefügt werden: „Angaben über die in den Bauformen verfügbaren Wertebereiche einschließlich der zugehörigen Grenzabweichungen und Temperaturkoeffizienten sind dem Verzeichnis der Anerkennungen, das z. B. auf der Website www.iecq.org zur Verfügung steht, zu entnehmen.“

8.2.6 Bemessungsbelastbarkeit P_{70}

Siehe 4.6.

Die Bauartspezifikation muss die höchste zulässige Belastbarkeit P_{70} bei einer Umgebungstemperatur von 70 °C (d. h. der Bemessungstemperatur) angeben.

Die Bauartspezifikation muss Angaben zur höchsten zulässigen Belastbarkeit bei von 70 °C abweichenden Temperaturen, z. B. Angaben zur Unterlastung, entweder als grafische Darstellung oder als Aussage enthalten.

8.2.7 Höchste zulässige Dauerspannung $U_{\max}$

Siehe 4.7 und die Definition in IEC 60115-1:201X, Abschnitt 3,1.

8.2.8 Isolationsspannung U_{ins}

Diese Angabe ist nur bei isolierten Widerständen erforderlich.

Siehe 4.8 und die Definition in IEC 60115-1:201X, Abschnitt 3,1.

8.2.9 Isolationswiderstand R_{ins}

Diese Angabe ist nur bei isolierten Widerständen erforderlich.
Siehe 4.9 und 6.7.

8.2.10 Prüfschärfegrade

Siehe 5.3 und, falls zutreffend, 5.4.

8.2.11 Grenzwerte für die Änderung des Widerstandswertes nach Prüfungen

Siehe 6.2.

8.2.12 Temperaturkoeffizient des Widerstandswertes

Siehe 6.3.

8.2.13 Kennzeichnung

Zur Kennzeichnung der Widerstände siehe 7.1.

Zur Kennzeichnung der Verpackung siehe 7.3.

8.2.14 Bestellangaben

Siehe 7.4.

8.2.15 Montage

Die Bauartspezifikation muss die Montageverfahren angeben, die bei üblicher Verwendung anzuwenden sind. Diese Angaben können auf den Festlegungen von Bedingungen für das Montageverfahren basieren, die in IEC 61760-1:2006, Abschnitt 5, für die Spezifikation von SMD-Bauelementen angegeben sind.

Die für Prüf- und Messzwecke erforderliche Montage muss den Bestimmungen nach 5.2 entsprechen.

8.2.16 Lagerung

Siehe IEC 60115-1:201X, 4.9.

Die Bauartspezifikation muss die zulässige Lagerungsdauer und, falls erforderlich, die anzuwendenden Angaben zur Periodizität, zum Verfahren und zu den Anforderungen für eine erneute Überprüfung festlegen.

8.2.17 Transport

Siehe IEC 60115-1:201X, 4.10

8.2.18 Zusätzliche Angaben

Die Bauartspezifikation darf zusätzliche Angaben enthalten (die üblicherweise nicht durch das Prüfverfahren bestätigt werden müssen), wie z. B. Stromlaufpläne, Kurven, Zeichnungen und Anmerkungen, die zur Erläuterung der Bauartspezifikation erforderlich sind.

8.2.19 Qualitätsbewertungsverfahren

Die Bauartspezifikation muss umfassende Prüfpläne für die Bauartanerkennung und für die Qualitäts-Konformitätsprüfung der von ihr erfassten Widerstände enthalten.

8.2.20 0-Ω-Widerstände

Die Bauartspezifikation darf alle erforderlichen Angaben zur Festlegung und zur Qualitätsbewertung von 0-Ω-Widerständen enthalten, siehe Anhang D.

9 Qualitätsbewertungsverfahren

9.1 Allgemeines

Siehe IEC 60115-1:201X, Anhang Q.

9.2 Definitionen

9.2.1 Primäre Fabrikationsstufe

Siehe IEC 60115-1:201X, Q.1.3.1

Für niedrigbelastbare Schicht-Festwiderstände ist die primäre Fabrikationsstufe das Abscheiden der Widerstandsschicht auf dem Trägermaterial.

9.2.2 Strukturell ähnliche Bauelemente

Siehe IEC 60115-1:201X, Q.1.3.2

Niedrigbelastbare Schicht-Festwiderstände gelten als strukturell ähnlich:

- a) Wenn sie an einem oder mehreren Fertigungsstandorten hergestellt werden
 - mit derselben Produkttechnologie und
 - unter Anwendung der gleichen festgelegten Ausgangsstoffe sowie Fertigungs- und Qualitätsüberwachungsverfahren und
 - unter derselben Verantwortung des führenden Fertigungsstandortes für Produkt und Qualität.
- Gibt es mehrere Fertigungsstandorte, muss der Hersteller den führenden Fertigungsstandort und den zugehörigen Beauftragten der Unternehmensleitung (DMR) benennen.
- b) wenn sämtliche Fertigungsstandorte von derselben IECQ-Zertifizierungsstelle (IECQ-CB) überwacht werden. Vorzugsweise sollte es eine IECQ CB des Landes sein, in dem sich der führende Fertigungsstandort befindet;
- c) wenn sie die gleiche Stabilitätsklasse und Klimakategorie besitzen;
- d) wenn sie sich nur in den Abmessungen unterscheiden, und
- e) wenn sie ähnliche Anschlussbauarten besitzen.

Widerstände, die sich nur nach Punkt c) unterscheiden, dürfen als strukturell ähnlich angesehen werden, wenn die unterschiedlichen Anforderungen der Stabilitätsklasse und/oder der Klimakategorie bei den Endmessungen getrennt beurteilt werden.

Das Konzept der strukturellen Ähnlichkeit darf nur für Widerstände der Klassifikationsstufe R und zum Zwecke der Bewertung und Bestimmung einer Ausfallrate verwendet werden, siehe IEC 60115-1:201X, Anhang R.

9.2.3 Qualitätsbewertungsstufe EZ

Siehe IEC 60115-1:201X, Q.1.3.3

Die Qualitätsbewertungsstufe EZ muss für die Qualitätsbewertung von Schicht-Festwiderständen mit Drahtanschlüssen nach einer auf diese Rahmenspezifikation Bezug nehmenden Bauartspezifikation angewendet werden.

9.3 Bildung der Prüflöse

Ein Prüflös muss aus Widerständen derselben Produkttechnologie, Art und Bauform bestehen.

Wenn ein Bereich von Widerständen anerkannt werden soll, muss die Verteilung der Widerstandswerte innerhalb einer Stichprobe wie folgt sein:

- 1/3 mit dem niedrigsten Widerstandswert in dem Bereich $R_{\min}$, zu erfassen aus dem Bereich $R_{\min}$ bis $2 \times R_{\min}$ zu sammeln sind, oder dem niedrigsten innerhalb des anerkannten Bereichs gefertigten Widerstandswert;
- 1/3 mit dem kritischen Widerstandswert R_{crit} , zu erfassen aus dem Bereich $0,8 \times R_{\text{crit}}$ bis R_{crit} ,
- 1/3 mit dem höchsten Widerstandswert in dem Bereich $R_{\max}$, zu erfassen aus dem Bereich $0,7 \times R_{\max}$ bis $R_{\max}$, oder dem höchsten innerhalb des anerkannten Bereichs gefertigten Widerstandswerts.

Der Bereich, der anerkannt werden soll, darf ein Teilbereich des von der Bauartspezifikation erfassten Bereiches sein. Falls der kritische Widerstandswert nicht in den anzuerkennenden Bereich fällt, müssen ersatzweise Widerstände aus der Mitte des Bereiches (nahe dem geometrischen Mittel zwischen dem niedrigsten und dem höchsten Widerstandswert, z. B. 1 k Ω bei einem Bereich von 1 Ω bis 1 M Ω) verwendet werden.

Wenn für mehr als einen Temperaturkoeffizienten des Widerstandswertes (TCR) um Anerkennung ersucht wird, muss die Stichprobe Prüflinge für die verschiedenen Temperaturkoeffizienten enthalten. Im Allgemeinen gilt ein niedriger TCR als repräsentativ für alle höheren TCRs. In entsprechender Weise muss die Stichprobe anteilig Prüflinge der verschiedenen Widerstandswerte mit der kleinsten Grenzabweichung enthalten, für die die Anerkennung gewünscht wird. Der Anteil der Prüflinge mit den verschiedenen Kennwerten muss die Zustimmung der IECQ-Zertifizierungsstelle finden.

Sofern für periodisch durchzuführende Prüfungen gefordert, sollte ein Prüflös die Randwerte des während des Kontrollzeitraums hergestellten Widerstandsbereichs wiedergeben. Bauformen mit denselben Nennmaßen, aber unterschiedlichen TCRs, die während dieses Zeitraums hergestellt wurden, dürfen zusammengefasst werden, jedoch nicht für Prüfuntergruppen, in denen der TCR geprüft wird.

Während eines Zeitraums, der mit der IECQ CB abgestimmt ist, müssen die hohen und niedrigen Randwerte des Widerstandes, etwaige kritische Werte im Widerstandsbereich und Temperaturcharakteristiken des Widerstandswertes, für die eine Bauartanerkennung erteilt wurde, kontrolliert werden.

Die Prüflinge müssen während der letzten 13 Wochen des Kontrollzeitraums entnommen werden.

9.4 Verfahren für zugelassene Komponenten (IECQ AC)

Es gelten die Bestimmungen nach IEC 60115-1:201X, Abschnitt Q.2.

9.5 Verfahren der Bauartanerkennung (QA)

9.5.1 Allgemeines

Die Verfahren für die Bauartanerkennungsprüfungen sind in IEC 60115-1: 201X, Abschnitt Q.3, angegeben und referenziert.

Die Stichprobe muss nach 9.3 gebildet werden.

Ein zusätzlicher Prüfling je Widerstandswert und ein zusätzlicher Prüfling je Temperaturkoeffizient dürfen als Ersatz für Prüflinge verwendet werden, deren Ausfall nicht dem Hersteller zuzuschreiben ist.

Montierte Prüflinge, die nach der Befestigung als fehlerhaft ermittelt werden, dürfen bei der Berechnung der für die nachfolgende Prüfung zulässigen nichtkonformen Bauelemente nicht berücksichtigt werden. Sie müssen durch andere Prüflinge ersetzt werden.

9.5.2 Bauartanerkennung

Die geforderte Gesamtstichprobengröße ist die Summe aller Stichprobengrößen für die im Prüfplan für die Bauartanerkennung nach Tabelle 6 als zerstörend bezeichneten Prüfungen. Wenn der Prüfplan für die Bauartanerkennung durch zusätzliche Gruppen mit zerstörenden Prüfungen ergänzt wird, müssen die Gesamtstichprobengröße um die Anzahl der für die zusätzlichen Gruppen verlangten Prüflinge erhöht werden.

Der Prüfplan für die Bauartanerkennung von Widerständen ist in Tabelle 6 enthalten. Der Plan gibt Auskunft über die Anwendbarkeit einzelner Prüfungen, die im normativen ausführlichen Prüfplan in der Bauartspezifikation angewendet werden müssen. Die Prüfungen jeder Gruppe müssen in der angegebenen Reihenfolge durchgeführt werden.

Die gesamte Stichprobe, mit Ausnahme der für die Gruppe 4 geforderten Prüflinge, muss den Prüfungen der Gruppe 1 und Gruppe 2 unterzogen und anschließend den anderen Prüfgruppen zugewiesen werden. Die während der Prüfungen der Gruppe 1 oder Gruppe 2 ermittelten nichtkonformen Prüflinge dürfen nicht für die anderen Prüfgruppen verwendet werden.

Die Bauartanerkennung darf nach erfolgreicher Durchführung von 1 000 h der Dauerprüfung bei 70 °C und allen anderen Prüfungen aus Tabelle 6 erteilt werden.

9.5.3 Qualitäts-Konformitätsprüfung

Der Prüfplan für die losweisen und die periodischen Prüfungen im Rahmen der Qualitäts-Konformitätsprüfung von Widerständen ist in Tabelle 7 enthalten.

Der Plan gibt Auskunft über die Anwendbarkeit einzelner Prüfungen, die im normativen ausführlichen Prüfplan in der Bauartspezifikation angewendet werden müssen. Die Prüfbedingungen und Anforderungen müssen den für die zutreffenden Prüfungen im Prüfplan für die Bauartanerkennung enthaltenen Angaben entsprechen. Die Prüfungen jeder Gruppe müssen in der angegebenen Reihenfolge durchgeführt werden.

9.6 Verfahren zur Befähigungsanerkennung (IECQ AC-C)

Diese Rahmenspezifikation unterstützt die in IEC 60115-1:201X, Abschnitt Q.4, beschriebene Befähigungsanerkennung nicht.

9.7 Verfahren zur Technikanerkennung (IECQ-AC-TC)

Es gelten die Bestimmungen nach IEC 60115-1:201X, Abschnitt Q.5, und die Prüfpläne nach Tabelle 6 und Tabelle 7 sind anzuwenden.

9.8 Periodische Bewertung der Anschlussbeschichtungen

Der Widerstandshersteller sollte ein System zur regelmäßigen Bewertung der Eigenschaften der Anschlussbeschichtungen seiner Bauteile einrichten. Ein wesentlicher Aspekt dieser Bewertungen ist die Neigung der lötbaren Oberflächen zur Bildung von Whiskern.

Ein solches Bewertungssystem sollte geeignete Prüfverfahren zur Ermittlung der Neigung zur Whiskerbildung verwenden, vorzugsweise derjenigen aus IEC 60068-2-82, wie in IEC 60115-1:201X, 10.7, vorgeschlagen.

9.9 Verzögerte Auslieferung

Es gelten die Bestimmungen nach IEC 60115-1:201X, Q.1.8, außer dass das reduzierte Prüfniveau S-2 anzuwenden ist.

9.10 Bestätigte Prüfberichte

Wenn zwischen dem Hersteller und dem Kunden vereinbart, können bestätigte Prüfberichte nach IEC 60115-1:201X, Q.1.6, bereitgestellt werden.

9.11 Konformitätsbescheinigung (CoC)

Wenn Bauelemente von einer Zertifizierungsstelle im Rahmen eines Qualitätsbewertungssystems (z. B. IECQ, Nachfolgesystem von CECC) nach dieser Spezifikation anerkannt sind, wird die Konformität durch Kennzeichnung der Verpackung nach den entsprechenden Systemregeln erklärt.

Eine zusätzliche Konformitätsbescheinigung (CoC) ist für anerkannte Bauelemente nicht erforderlich.

Tabelle 6 – Prüfplan für die Bauartanerkennung (1 von 5)

Prüfung ^a	Prüfbedingungen ^b	D ^c oder ND	n ^c	c ^c	Anforderungen								
6.1 [früher Prüfung 4.5] Widerstandswert	Siehe 5.3.1	ND	Gruppe 1 ... 0		Wie in IEC 60115-1:201X, 6.1.4								
9.1 [früher Prüfung 4.4.1] Sichtprüfung	Siehe 5.3.10	ND	Gruppe 2 ... 0		Wie in 6.5.1 und in der Bauartspezifikation festgelegt								
9.2 [früher Prüfung 4.4.2] Maße (Lehrenmaße)	Siehe 5.3.11		(... der Stichprobe)		Wie in der Bauartspezifikation festgelegt								
12.1 [früher Prüfung 4.6] Isolationswiderstand (nur bei isolierten Widerständen Anwendbar)	Siehe 5.3.23	ND	Gruppe 3 ... 0		Wie in 6.7								
12.2 [früher Prüfung 4.7] Spannungsfestigkeit (nur bei isolierten Widerständen Anwendbar)	Siehe 5.3.24 $U_{\text{test}} = \dots \cdot U_{\text{ins}};$ $t_{\text{load}} = \dots \text{ s.}$				Wie in IEC 60115-1:201X, 12.2.5								
8.1 [früher Prüfung 4.13] Kurzzeitige Überlast	Siehe 5.3.6 $U_{\text{test}} = \dots ;$ <table border="1"><thead><tr><th>Bauform</th><th>t_{load}</th></tr></thead><tbody><tr><td>...</td><td>...</td></tr><tr><td>...</td><td>...</td></tr><tr><td>...</td><td>...</td></tr></tbody></table> Sichtprüfung Widerstandswert	Bauform	t_{load}	...	...	...	...	...	...	D	(... der Stichprobe)		Wie in 6.5.2 Wie in 6.2 und in der Bauartspezifikation festgelegt.
Bauform	t_{load}												
...	...												
...	...												
...	...												
		D	Gruppe 4 ^d ... 0										
11.1 [früher Prüfung 4.17] Lötbarkeit mit bleifreiem Lot ^e	Siehe 5.3.19 Alterung: ... Lötbadverfahren; $\vartheta_{\text{bath}} = \dots \text{ }^{\circ}\text{C}; \text{ Lot} \dots ;$ $t_{\text{imm}} = \dots \text{ s.}$ Sichtprüfung		(Hälfte der Stichprobe)		Wie in 6.6								
11.1 [früher Prüfung 4.17] Lötbarkeit mit SnPb-Lot ^e	Siehe 5.3.20 Alterung: ... Lötbadverfahren; $\vartheta_{\text{bath}} = \dots \text{ }^{\circ}\text{C}; \text{ Lot } \dots ;$ $t_{\text{imm}} = \dots \text{ s.}$ Sichtprüfung		(die andere Hälfte der Stichprobe)		Wie in 6.6								
6.2 [früher Prüfung 4.8] Temperaturkoeffizient des Widerstandswertes	Siehe 5.3.2 $\vartheta = \{20 \text{ }^{\circ}\text{C}, \text{ LCT}, 20 \text{ }^{\circ}\text{C}\};$ $\alpha_{\text{LCT}};$ $\vartheta = \{20 \text{ }^{\circ}\text{C}, \text{ UCT}, 20 \text{ }^{\circ}\text{C}\};$ $\alpha_{\text{UCT}}.$	D	Gruppe 5 ... 0		Wie in 6.3 und in der Bauartspezifikation festgelegt. Wie in 6.3 und in der Bauartspezifikation festgelegt.								

Tabelle 6 (2 von 5)

Prüfung ^a	Prüfbedingungen ^b	D ^c oder ND	n ^c	c ^c	Anforderungen
			Gruppe 6		
		D	...	0	
9.5 [früher Prüfung 4.16] Widerstandsfähigkeit der Anschlüsse	Siehe 5.3.13 Sichtprüfung Widerstandswert		(Hälfte der Stichprobe)		Wie in 6.5.2. Wie in 6.2 und in der Bauartspezifikation festgelegt.
10.1 [früher Prüfung 4.19] Rascher Temperaturwechsel	Siehe 5.3.15 $\vartheta_{\text{inf}} = \text{LCT}$, $\vartheta_{\text{sup}} = \text{UCT}$; $n = 5$. Sichtprüfung Widerstandswert		(die andere Hälfte der Stichprobe)		Wie in 6.5.2 Wie in 6.2 und in der Bauartspezifikation festgelegt.
9.11 [früher Prüfung 4.22] Schwingen	Siehe 5.3.14 Dauerbeanspruchung bei gleitender Frequenz; $f_1 = \dots \text{ Hz}$; $f_2 = \dots \text{ Hz}$; $n = \dots$ je Achse; $\dot{a} = \dots \text{ m/s}^2$, begrenzt durch $d = \dots \text{ mm}$. Elektrischer Durchgang Sichtprüfung Widerstandswert				Wie in IEC 60115-1:201X, 9.11.7 .1. Wie in 6.5.2. Wie in 6.2 und in der Bauartspezifikation festgelegt.
10.3 [früher Prüfung 4.23] Reihenfolge klimatischer Prüfungen	Siehe 5.3.17		(gesamte Stichprobe)		
– Trockene Wärme	$\vartheta = \text{UCT}$; $t_{\text{exp}} = 16 \text{ h}$.				
– Feuchte Wärme, zyklisch, erster Zyklus	1 Zyklus; $\vartheta_{\text{sup}} = 55 \text{ °C}$.				
– Kälte	$\vartheta = \text{LCT}$; $t_{\text{exp}} = 2 \text{ h}$.				
– Niedriger Luftdruck	$p_{\text{amb}} = \dots \text{ kPa}$; $t_{\text{exp}} = 1 \text{ h}$.				
– Feuchte Wärme, zyklisch, restliche n Zyklen	n Zyklen; $\vartheta_{\text{sup}} = 55 \text{ °C}$.				
– Gleichspannungsbelastung	$U_{\text{test}} = \sqrt{P_{70} \cdot R_n}$, begrenzt durch $U_{\text{test max}} = U_{\text{max}}$; 1 min.				
– Endmessungen	Sichtprüfung Widerstandswert Isolationswiderstand ^f				Wie in 6.5.2. Wie in 6.2 und in der Bauartspezifikation festgelegt. Wie in 6.7

Tabelle 6 (3 von 5)

Prüfung ^a	Prüfbedingungen ^b	D ^c oder ND	n ^c	c ^c	Anforderungen
7.1 [früher Prüfung 4.25.1] Dauerprüfung bei der Nenntemperatur 70 °C	Siehe 5.3.4 $U_{\text{test}} = \sqrt{P_{70} \cdot R_n}$, begrenzt durch $U_{\text{test}} \leq U_{\text{max}}$; $t_{\text{on}} = 1,5 \text{ h}$; $t_{\text{off}} = 0,5 \text{ h}$; $t_{\text{load}} = 1\,000 \text{ h}$. Sichtprüfung Widerstandswert Isolationswiderstand ^f	D	Gruppe 7		Wie in 6.5.2. Wie in 6.2 und in der Bauartspezifikation festgelegt. Wie in 6.7
	7.1.9 [früher Prüfung 4.25.1.8] Erweiterte Dauerprüfung bei Bemessungstemperatur 70 °C (nur bei Widerständen der Klassifikationsstufe P oder der Klassifikationsstufe R anwendbar)				
10.4 [früher Prüfung 4.24] Feuchte Wärme, konstant	Siehe 5.3.18 $\vartheta = 40 \text{ °C}$; $RH = 93 \text{ \%}$; $t_{\text{exp}} = \dots$. Sichtprüfung Widerstandswert Isolationswiderstand ^f	D	Gruppe 8		Wie in 6.5.2. Wie in 6.2 und in der Bauartspezifikation festgelegt. Wie in 6.7
11.2 [früher Prüfung 4.18] Lötwärmebeständigkeit	Siehe 5.3.21 Lötbadverfahren; $\vartheta_{\text{bath}} = \dots \text{ °C}$; $t_{\text{imm}} = \dots \text{ s}$. Sichtprüfung Widerstandswert	D	Gruppe 9		Wie in 6.5.2. Wie in 6.2 und in der Bauartspezifikation festgelegt.
	12.4 [früher Prüfung 4.35] Entflammbarkeit		(... der Stich- probe)		
	Siehe 5.3.25 $t_a = \dots \text{ s}$. Brenndauer				Wie in 6.8

Tabelle 6 (4 von 5)

Prüfung ^a	Prüfbedingungen ^b	D ^c oder ND	n ^c	c ^c	Anforderungen								
9.3 [früher Prüfung 4.4.3] Maße (Einzelmaße) ----- 7.3 [früher Prüfung 4.25.3] Dauerprüfung bei maximaler Temperatur: UCT ----- 6.7 [früher Prüfung 4.14] Temperaturerhöhung (nur bei Widerständen mit Rn < Rcrit)	Siehe 5.3.12 ----- Siehe 5.3.5 ϑ = UCT; t _{exp} = 1 000 h. Sichtprüfung Widerstandswert Isolationswiderstand ^f ----- Siehe 5.3.3 $U_{\text{test}} = \sqrt{P_{70} \cdot R_n}$ Temperaturerhöhung	D	Gruppe 10		Wie in der Bauartspezifikation festgelegt ----- Wie in 6.5.2. Wie in 6.2 und in der Bauartspezifikation festgelegt. Wie in 6.7 ----- Wie in 6.4								
			...	0									
			(... der Stichprobe)										
8.5 [früher Prüfung 4.38] Elektrostatische Entladung ----- 11.3 [früher Prüfung 4.29, 4.30] Lösemittelbeständigkeit	Siehe 5.3.9 <table border="1"><tr><th>Bauform</th><th>U_{HBM}</th></tr><tr><td>...</td><td>...</td></tr><tr><td>...</td><td>...</td></tr><tr><td>...</td><td>...</td></tr></table> n _{pos} = ... ; n _{neg} = ... Sichtprüfung Widerstandswert ----- Siehe 5.3.22 ϑ _{bath} = ... °C; Lösemittel: ... ; t _{imm} = ... s; Reibvorrichtung: ... Sichtprüfung	Bauform	U _{HBM}	...	...	...	...	...	...	D	Gruppe 11		Wie in 6.5.2. Wie in 6.2 und in der Bauartspezifikation festgelegt ----- Wie in 6.5.2.
	Bauform	U _{HBM}											
	...	...											
...	...												
...	...												
	...	0											

Tabelle 6 (5 von 5)

Prüfung ^a	Prüfbedingungen ^b	D ^c oder ND	n ^c	c ^c	Anforderungen								
8.4 [früher Prüfung 4.39] Hochspannungsüberlast-Prüfung mit periodischen Impulsen (nur bei Widerständen der Klassifikationsstufe P oder der Klassifikationsstufe R anwendbar)	Siehe 5.3.8 $\hat{U}_{\text{test}} = \dots$; $t_{\text{pulse}} = \dots \mu\text{s}$; $f_{\text{pulse}} = \dots \text{Hz}$; $t_{\text{test}} = \dots \text{h}$ Sichtprüfung Widerstandswert	D	Gruppe 12		Wie in 6.5.2. Wie in 6.2 und in der Bauartspezifikation festgelegt								
			...	0									
10.1 [früher Prüfung 4.19] Rascher Temperaturwechsel, ≥ 100 Zyklen (nur bei Widerständen der Klassifikationsstufe P oder der Klassifikationsstufe R anwendbar)	Siehe 5.3.16 $\vartheta_{\text{inf}} = \text{LCT}$; $\vartheta_{\text{sup}} = \text{UCT}$; <table border="1"><thead><tr><th>Bauform</th><th>n</th></tr></thead><tbody><tr><td>...</td><td>...</td></tr><tr><td>...</td><td>...</td></tr><tr><td>...</td><td>...</td></tr></tbody></table> Sichtprüfung Widerstandswert	Bauform	n	...	...	...	...	...	...	D	Gruppe 13		Wie in 6.5.2. Wie in 6.2 und in der Bauartspezifikation festgelegt.
		Bauform	n										
...	...												
...	...												
...	...												
...	0												
8.2 [früher Prüfung 4.27] Hochspannungsüberlast-Prüfung mit Einzelimpulsen (nur bei Widerständen der Klassifikationsstufe P oder der Klassifikationsstufe R anwendbar)	Siehe 5.3.7 Impulsform: ... ; $\hat{U}_{\text{test}} = \dots$; $n = \dots, f \leq \dots$. Sichtprüfung Widerstandswert	D	Gruppe 14		Wie in 6.5.2. Wie in 6.2 und in der Bauartspezifikation festgelegt.								
			...	0									

a Abschnichts-/Unterabschnittsnummern nach IEC 60115-1:201X, mit Angabe der zuvor verwendeten Abschnichts-/Unterabschnittsnummer nach IEC 60115-1:2008 in eckigen Klammern.

b Die an dieser Stelle enthaltenen Angaben müssten einen geeigneten Überblick über die wichtigsten Parameter der einzelnen Prüfungen liefern. Sie haben jedoch keinen Vorrang vor gegebenenfalls umfassenderen Festlegungen in einem entsprechenden Abschnitt/Unterabschnitt dieser Spezifikation oder in einer angegebenen normativen Verweisung.

c Listen der Symbole und Abkürzungen siehe Anhang A.

d Widerstände, die dieser Prüfung unterzogen werden, dürfen nicht in den Gruppen 1, 2 und 3 gemessen werden und gehören nicht zu der Anzahl der Prüflinge für Gruppe 1 oder Gruppe 2.

e Diese Prüfung ist nicht anzuwenden, wenn die betreffende Bauartspezifikation die Verarbeitbarkeit der von ihr erfassten Bauelemente mit den durch diese Prüfung dargestellten Lötverfahren ausdrücklich ausschließt. Siehe 5.3.19 bzw. 5.3.20.

f Diese Messung ist nur bei isolierten Widerständen durchzuführen.

Tabelle 7 – Prüfplan für die Qualitäts-Konformitätsprüfungen (1 von 5)

Losweise Prüfungen											
Prüfung ^a	Prüfbedingungen ^b	D ^c oder ND	IL ^c	c ^c	Anforderungen						
6.1 [früher Prüfung 4.5] Widerstandswert ^d	Siehe 5.3.1	ND	Gruppe A1		Wie in IEC 60115-1:201X, 6.1.4.						
			100 %								
9.1 [früher Prüfung 4.4.1] Sichtprüfung ^e	Siehe 5.3.10	ND	S-4	0	Wie in 6.5.1 und in der Bauartspezifikation festgelegt.						
					9.2 [früher Prüfung 4.4.2] Maße (Lehrenmaße) ^e	Siehe 5.3.11	Wie in der Bauartspezifikation festgelegt				
12.2 [früher Prüfung 4.7] Spannungsfestigkeit (nur bei isolierten Widerständen Anwendbar)	Siehe 5.3.24 $U_{\text{test}} = \dots \cdot U_{\text{ins}};$ $t_{\text{load}} = \dots \text{ s.}$	ND	S-3	0	Wie in IEC 60115-1:201X, 12.2.5						
					8.1 [früher Prüfung 4.13] Kurzzeitige Überlast	Siehe 5.3.6 $U_{\text{test}} = \dots ;$ <table border="1"><tr><td>Bauform</td><td>t_{load}</td></tr><tr><td>...</td><td>...</td></tr><tr><td>...</td><td>...</td></tr><tr><td>...</td><td>...</td></tr></table> Sichtprüfung Widerstandswert	Bauform	t_{load}	...	...	...
Bauform	t_{load}										
...	...										
...	...										
...	...										
11.1 [früher Prüfung 4.17] Lötbarkeit mit bleifreiem Lot ^g	Siehe 5.3.19 Alterung: ... Lötbadverfahren; $\vartheta_{\text{bath}} = \dots \text{ }^{\circ}\text{C}; \text{ Lot} \dots ;$ $t_{\text{imm}} = \dots \text{ s.}$ Sichtprüfung	D	Gruppe B2 ^f		Wie in 6.6						
			S-3	0							
						11.1 [früher Prüfung 4.17] Lötbarkeit mit SnPb-Lot ^g	Siehe 5.3.20 Alterung: ... Lötbadverfahren; $\vartheta_{\text{bath}} = \dots \text{ }^{\circ}\text{C}; \text{ Lot } \dots ;$ $t_{\text{imm}} = \dots \text{ s.}$ Sichtprüfung	Wie in 6.6			
6.2 [früher Prüfung 4.8] Temperaturkoeffizient des Widerstandswertes (nur bei Widerständen mit einem höheren Temperaturkoeffizienten als $ \alpha < 50 \times 10^{-6}/\text{K}$)	Siehe 5.3.2 $\vartheta = \{20 \text{ }^{\circ}\text{C}, \text{ LCT}, 20 \text{ }^{\circ}\text{C}\};$ $\alpha_{\text{LCT}};$ $\vartheta = \{20 \text{ }^{\circ}\text{C}, \text{ UCT}, 20 \text{ }^{\circ}\text{C}\};$ $\alpha_{\text{UCT}}.$	D	Gruppe B3		Wie in 6.3 und in der Bauartspezifikation festgelegt. Wie in 6.3 und in der Bauartspezifikation festgelegt.						
			S-3	0							

Tabelle 7 (2 von 5)

Periodische Prüfungen						
Prüfung ^a	Prüfbedingungen ^b	D ^c oder ND	p ^c	n ^c	c ^c	Anforderungen
		D	Gruppe C1 ⁱ			
			3	20	0	
9.5 [früher Prüfung 4.16] Widerstandsfähigkeit der Anschlüsse	Siehe 5.3.13 Sichtprüfung Widerstandswert			(Hälfte der Stichprobe)		Wie in 6.5.2. Wie in 6.2 und in der Bauartspezifikation festgelegt.
10.1 [früher Prüfung 4.19] Rascher Temperaturwechsel	Siehe 5.3.15 $\vartheta_{\text{inf}} = \text{LCT}; \vartheta_{\text{sup}} = \text{UCT};$ $n = 5.$ Sichtprüfung Widerstandswert			(die andere Hälfte der Stichprobe)		Wie in 6.5.2. Wie in 6.2 und in der Bauartspezifikation festgelegt.
9.11 [früher Prüfung 4.22] Schwingen	Siehe 5.3.14 Dauerbeanspruchung bei gleitender Frequenz; $f_1 = \dots \text{ Hz}; f_2 = \dots \text{ Hz};$ $\dot{a} = \dots \text{ m/s}^2$, begrenzt durch $d = \dots \text{ mm};$ $n = \dots$ je Achse Elektrischer Durchgang Sichtprüfung Widerstandswert					Wie in IEC 60115-1:201X, 9.11.7 .1. Wie in 6.5.2. Wie in 6.2 und in der Bauartspezifikation festgelegt.
10.3 [früher Prüfung 4.23] Reihenfolge klimatischer Prüfungen	Siehe 5.3.17			(gesamte Stich-probe)		
– Trockene Wärme	$\vartheta = \text{UCT}; t_{\text{exp}} = 16 \text{ h.}$					
– Feuchte Wärme, zyklisch, erster Zyklus	1 Zyklus; $\vartheta_{\text{sup}} = 55 \text{ }^\circ\text{C.}$					
– Kälte	$\vartheta = \text{LCT}; t_{\text{exp}} = 2 \text{ h.}$					
– Niedriger Luftdruck	$p_{\text{amb}} = \dots \text{ kPa}; t_{\text{exp}} = 1 \text{ h.}$					
– Feuchte Wärme, zyklisch, restliche n Zyklen	n Zyklen; $\vartheta_{\text{sup}} = 55 \text{ }^\circ\text{C.}$					
– Gleichspannungsb elastung	$U_{\text{test}} = \sqrt{P_{70} \cdot R_n}$, begrenzt durch $U_{\text{test max}} = U_{\text{max}}; 1 \text{ min.}$					
– Endmessungen	Sichtprüfung Widerstandswert					Wie in 6.5.2. Wie in 6.2 und in der Bauartspezifikation festgelegt
	Isolationswiderstand ^h .					Wie in 6.7