- der Bezugstemperatur, bei der es sich um die in der Bauartspezifikation angegebenen Bemessungstemperatur handelt, z. B. 70 °C;
- den in der Bauartspezifikation für die Dauerprüfung von 1 000 h und für die erweiterte Dauerprüfung von 8 000 h festgelegten Prüfanforderungen;
- der oberen statistischen Vertrauensgrenze λ_{up} , die für einen Vertrauenswert von 10 % definiert ist, und den sich daraus ergebenden geforderten Bauelementestunden (siehe Tabelle R.2).

Tabelle R.2 – Anforderungen für die Qualifizierung einer Ausfallrate

Bezeichnung	Ausfallrate		Geforderte Bauelementestunden			Periodizität Monat
	% je 1 000 h	Ausfälle je Stunde	für $c = 0$	106 h für $c = 1$	für $c = 2$	
E5	1	10-5	0,0105	0,053	0,11	12
E6	0,1	10-6	0,105	0,53	1,1	24
E7	0,01	10-7	1,05	5,3	11	48
E8	0,001	10-8	10,5	53	110	96

ANMERKUNG Die festgelegten Bauelementestunden und die Periodizität basieren auf einem statistischen Vertrauensniveau von 10 %.

Legende

c Annahmekriterium, d. h. zulässige Anzahl der Nichtkonformitäten

R.5.2 Anforderungen

Für die Aufrechterhaltung einer Ausfallrate ist die erfolgreiche Aufrechterhaltung der Approved Component Certification nach den Bestimmungen für die Qualitäts-Konformitätsprüfung erforderlich.

Für die Aufrechterhaltung einer erreichten Ausfallrate müssen die geforderte Anzahl der zusammengefassten Bauelementestunden und die Periodizität aus Tabelle R.2 ausgewählt werden.

Außerdem muss, mit Ausnahme von nach IECQ AC-TC anerkannten Bauelementen, die Zusammenfassung der Bauelementestunden aus zwei aufeinanderfolgenden Prüfperioden dem geforderten statistischen Vertrauensniveau von 60 % der erreichten Ausfallrate nach Tabelle R.1 entsprechen.

ANMERKUNG Das Dokument CECC 240001 ist ein festgelegter Ablaufplan zur Technikanerkennung für die Fertigung von Schicht-Festwiderständen.

R.5.3 Unterbrechung

Die Aufrechterhaltung einer Ausfallrate darf innerhalb einer Prüfperiode nur einmal unterbrochen werden.

R.6 Auslieferungen

R.6.1 Produktfreigabe zur Auslieferung

Die Freigabe von Produkten der Klassifikationsstufe R muss nach den Verfahren und Anforderungen von IECQ 03-3:2018, 8.13, erfolgen.

R.6.2 Konformitätsnachweis

Bei Bauelementen, die von einer IECQ-Zertifizierungsstelle nach einer entsprechenden Bauartspezifikation anerkannt wurden, muss zusätzlich zu den Bestimmungen nach 4.4 und 4.5 dieser Spezifikation ein Konfor-

mitätsnachweis nach IECQ 03-3:2018, 8.13.7, und IECQ 03-3:2018, B.4, auf dem Verpackungsetikett aufgebracht werden.

Eine zusätzliche Konformitätserklärung ist für anerkannte Bauelemente nicht erforderlich.

R.7 Bestimmung der Bauelement-Ausfallrate

R.7.1 Bauelement-Ausfallrate λ_p

Die Bauelement-Ausfallrate wird durch den Qualitätsfaktor π_Q bestimmt, der der festgelegten Ausfallrate zugeordnet ist (siehe Tabelle R.4). Die Bauelement-Ausfallrate wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$\lambda_p = \lambda_b \cdot \pi_T \cdot \pi_P \cdot \pi_S \cdot \pi_E \cdot \pi_Q$$

Dabei ist λ_p die Ausfallrate in Anzahl der Ausfälle/10⁶ h

λ_b die Grundaufallrate, siehe R.7.2

π_T der Temperaturfaktor, siehe R.7.3

π_P der Leistungsfaktor, siehe R.7.4

π_S der Beanspruchungsfaktor, siehe R.7.5

π_E der Umweltfaktor, siehe R.7.6

π_Q der Qualitätsfaktor, siehe R.7.7

ANMERKUNG Die Bestimmung der Bauelement-Ausfallrate beruht auf MIL-HDBK-217F, Notice 2 (1995).

Die Bauelement-Ausfallrate ist ein bedeutsamer Faktor bei der Berechnung der MTBF (mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen) eines elektronischen Systems.

R.7.2 Grundaufallrate λ_b

Die Definition der Grundaufallrate hängt von der verwendeten Widerstandstechnologie ab:

- Schicht-Festwiderstände, einschließlich Bauarten hoher Stabilität und hoher Belastbarkeit:

$$\lambda_b = 0,0037 \text{ Ausfälle}/10^6 \text{ h}$$

- drahtgewickelte Festwiderstände, einschließlich Bauarten hoher Genauigkeit und hoher Belastbarkeit sowie Bauarten im montierbaren Gehäuse:

$$\lambda_b = 0,0024 \text{ Ausfälle}/10^6 \text{ h}$$

- Netzwerke aus Schicht-Festwiderständen:

$$\lambda_b = 0,0019 \text{ Ausfälle}/10^6 \text{ h}$$

R.7.3 Temperaturfaktor π_T

Der Temperaturfaktor π_T wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$\pi_T = e^{-\left(\frac{E_a}{8,617 \cdot 10^{-5} \frac{\text{eV}}{\text{K}}} \cdot \left[\frac{1}{\mathcal{G}_a + 273 \text{ K}} - \frac{1}{298 \text{ K}} \right] \right)}$$

Dabei ist $\mathcal{G}_a$ die Umgebungstemperatur

und E_a , hängt von der verwendeten Widerstandstechnologie ab:

- Schicht-Festwiderstände und drahtgewickelte Festwiderstände

$$E_a = 0,08 \text{ eV}$$

- Netzwerke aus Schicht-Festwiderständen

$$E_a = 0,20 \text{ eV}$$

Eine Ausnahme gilt für hochbelastbare Schicht-Festwiderstände, bei denen

$$\pi_T = 1$$

R.7.4 Leistungsfaktor π_P

Der Leistungsfaktor π_P wird mit folgender Gleichung berechnet:

$$\pi_P = \left(\frac{P_r}{W} \right)^{0,39}$$

Dabei ist P_r die Bemessungsbelastbarkeit, z. B. P_{70}

R.7.5 Beanspruchungsfaktor π_S

Die Bestimmung des Beanspruchungsfaktors hängt von der verwendeten Widerstandstechnologie ab:

- Schicht-Festwiderstände, einschließlich Bauarten hoher Stabilität und hoher Belastbarkeit sowie drahtgewickelte Festwiderstände hoher Genauigkeit:

$$\pi_S = 0,71 \times e(1,1 \times S)$$

- drahtgewickelte Festwiderstände, Bauarten hoher Belastbarkeit und Bauarten im montierbaren Gehäuse:

$$\pi_S = 0,54 \times e(2,04 \times S)$$

- Netzwerke aus Schicht-Festwiderständen:

$$\pi_S = 1,0$$

Der exponentielle Faktor S ist gegeben durch:

$$S = \frac{P}{P_r}$$

Dabei ist P die tatsächliche Belastbarkeit
 P_r die Bemessungsbelastbarkeit, z. B. P_{70}

ANMERKUNG Für einen Widerstandswert $R > R_{\text{crit}}$ ist die Bemessungsbelastbarkeit gegeben durch $P_r = U_{\text{max}}^2/R$

R.7.6 Umweltfaktor π_E

Der Umweltfaktor π_E ist in Tabelle R.3 angegeben.

Tabelle R.3 – Umweltfaktor π_E zur Bestimmung der Bauelement-Ausfallrate

Umwelt		π_E
GB	auf dem Boden, unkritisch	1,0
GF	auf dem Boden, feststehend	4,0
GM	auf dem Boden, ortsveränderlich	16
NS	auf See, geschützt	12
NU	auf See, ungeschützt	42
AIC	in der Luft, bemannt, Transportflugzeug	18
AIF	in der Luft, bemannt, Jagdflugzeug	23
AUC	in der Luft, unbemannt, Transportflugzeug	31
AUF	in der Luft, unbemannt, Jagdflugzeug	43
ARW	in der Luft, Drehflügelflugzeug	63
SF	Raumfahrt, Flug	0,50
MF	Rakete, Flug	37
ML	Rakete, Abschuss	87
CL	Kanone, Abschuss	1 728

R.7.7 Qualitätsfaktor π_Q

Der Qualitätsfaktor π_Q ist in Tabelle R.4 angegeben.

Tabelle R.4 – Qualitätsfaktor π_Q zur Bestimmung der Bauelement-Ausfallrate

Bezeichnung	Ausfallrate		π_Q
	% je 1 000 h	Ausfälle je Stunde	
— a	nicht zutreffend		10
E0 b	nicht zutreffend		3
E5	1	10-5	1
E6	0,1	10-6	0,3
E7	0,01	10-7	0,1
E8	0,001	10-8	0,03
a Bauelemente ohne Approved Component Certification			
b Produkte der Klassifikationsstufe P ohne Erfassung der Bauelementestunden			

Anhang X (informativ)

Querverweisung auf Verweisungen auf die frühere Ausgabe dieser Norm

Die Überarbeitung dieser Fachgrundspezifikation hat Änderungen der Nummerierung von Abschnitten, Bildern und Tabellen nach sich gezogen. Die nachfolgende Tabelle X.1 enthält eine Verweisungsliste zu allen spezifischen Abschnitten des Vorgängerdokuments dieser Fachgrundspezifikation.

Tabelle X.1 – Verweisungsliste zu den Abschnitten (1 von 3)

IEC 60115-1:2008 (4. Ausgabe) Abschnitt/Unterabschnitt	IEC 60115-1:20XX (5. Ausgabe) Abschnitt/Unterabschnitt	Anmerkungen
1	–	Der frühere Abschnitt 1 wurde in Abschnitt 1 und 2 unterteilt.
1,1	1	– Anwendungsbereich
1,2	2	– Normative Verweisungen
2	–	Der frühere Abschnitt 2 wurde in Abschnitt 3 und 4 unterteilt.
2.1	4.1	
2.2	3.1	
2.3	4.2	
2.4	4.4 4.5	
2.5	4.3	
2.6	4.8	
2.7	4.9	
2.8	4.10	
3	13 Anhang Q	
4	–	Der frühere Abschnitt 4 wurde in Abschnitt 5 bis 12 unterteilt.
4.1	5.1	
4.2	5.2	
4.3	5.4	
4.4	–	Der frühere Abschnitt 4,4 wurde in Abschnitt 9,1 bis 9,3 unterteilt:
4.4.1	9.1	– Sichtprüfung;
4.4.2	9.2	– Maße (Lehrenmaße);
4.4.3	9.3	– Maße (Einzelmaße)
4,5	–	Der frühere Abschnitt 4.5 wurde in Abschnitt 5.6 bis 6.1 unterteilt:
4.5.1	5,6	– Allgemeines Verfahren zur Messung von Widerstandswerten;
4.5.2	6,1	– Widerstands- und Grenzabweichungsprüfung.
4.6	12.1	
4.7	12.2	

Tabelle X.1 (2 von 3)

IEC 60115-1:2008 (4. Ausgabe) Abschnitt/Unterabschnitt	IEC 60115-1:20XX (5. Ausgabe) Abschnitt/Unterabschnitt	Anmerkungen
4.8	6.2	
4.9	6.3	Titel geändert zu: Induktivität
4.10	6,5	Titel geändert zu: Nichtlinearität
4.11	6.4	
4.12	6.6	Titel geändert zu: Stromrauschen
4.13	8.1	
4.14	6.7	
4.15	9.4	
4.16	–	Der frühere Abschnitt 4.16 wurde in Abschnitt 9.5 bis 9.6 unterteilt:
4.16.2	9.5.4.2	
4.16.3	9.5.4.3	
4.16.4	9.5.4.4	
4.16.5	9.6.4	
4.17	11,1	Lötbarkeitsprüfung für:
4.17.2 a)	11.1.4.4	– Widerstände für die Durchsteck-Montage;
4.17.2 b)	11.1.4.5	– Widerstände, die nicht für die Befestigung auf Leiterplatten vorgesehen sind;
4.17.2 c)	11.1.4.3	– SMD-Widerstände.
4.18	11,2	Prüfung der Lötwärmebeständigkeit für:
4.18.2 a)	11.2.4.4	– Widerstände für die Durchsteck-Montage;
4.18.2 b)	11.2.4.5	– Widerstände, die nicht für die Befestigung auf Leiterplatten vorgesehen sind;
4.18.2 c)	11.2.4.3	– SMD-Widerstände.
4.19	10.1	
4.20	9.9	
4.21	9.10	
4.22	9.11	
4.23	10.3	
4.24	10.4	
4.25	–	Dauerprüfungen sind in Abschnitt 7 beschrieben:
4.25.1	7.1	– Dauerprüfung bei der Nenntemperatur;
4.25.2	7.2	– Dauerprüfung bei Raumtemperatur;
4.25.3	7.3	– Dauerprüfung bei maximaler Temperatur.
4.26	12.3	
4.27	8.2	
4.28	8.3	

Tabelle X.1 (3 von 3)

IEC 60115-1:2008 (4. Ausgabe) Abschnitt/Unterabschnitt	IEC 60115-1:20XX (5. Ausgabe) Abschnitt/Unterabschnitt	Anmerkungen
4.29 4.30	11.3	Die Prüfungen der Lösemittelbeständigkeit werden in 11.3 zusammengefasst.
4.31	5.5.2	
4.32	9.7	
4.33	9.8	
4.34	10.6	Für die Korrosionsprüfung wird ein anderes Prüfverfahren verwendet.
4.35	12.4	
4.36	10.2	
4.37	10.5	
4.38	8.5	
4.39	8.4	
4.40	10.7	
4.41	10.8	
A	–	In dieser Spezifikation gibt es keine Verweisungen auf IEC 60410, die Informationen sind nicht für IEC 61193-2 anwendbar.
B	B	
C	–	Die Inhalte dieses Anhangs wurden in 8.3 zusammengefasst.
D	–	Die Befähigungsanerkennung ist kein relevantes Schema für den Anwendungsbereich dieser Fachgrundspezifikation.
E	–	
F	A	
G	–	Die Übersicht über die Prüfungen ist im Inhaltsverzeichnis aufgeführt.
Q	Q	

Die nachfolgende Tabelle X.2 enthält eine Verweisungsliste zu allen spezifischen Bildern des Vorgängerdokuments dieser Fachgrundspezifikation.

Tabelle X.2 – Verweisungsliste zu den Bildern (1 von 2)

IEC 60115-1:2008 (4. Ausgabe) Bild	IEC 60115-1:20XX (5. Ausgabe) Bild	Anmerkungen
1	24	
2	25	
3	8	
4	9	
5	18	
6	26	

Tabelle X.2 (2 von 2)

IEC 60115-1:2008 (4. Ausgabe) Bild	IEC 60115-1:20XX (5. Ausgabe) Bild	Anmerkungen
7	16	
8	17	
9 10	–	Für Prüfräger gelten die Festlegungen der Rahmenspezifikation.
C.1 C.2	–	Dieses Thema wird in 8.3.4.1 behandelt.
Q.1	–	Die Befähigungsanerkennung ist kein relevantes Schema für den Anwendungsbereich dieser Fachgrundspezifikation.

Die nachfolgende Tabelle X.3 enthält eine Verweisungsliste zu allen spezifischen Tabellen des Vorgängerdokuments dieser Fachgrundspezifikation.

Tabelle X.3 – Verweisungsliste zu den Tabellen

IEC 60115-1:2008 (4. Ausgabe) Tabelle	IEC 60115-1:20XX (5. Ausgabe) Tabelle	Anmerkungen
1	2	
2	9	
3 4	–	Dieses Thema wird in 6.2.5 behandelt.
5	13	
6	14	
7	20	
8	11	
9	12	
10	–	Dieses Thema wird in 8.4.4 behandelt.

Literaturhinweise

AEC-Q100, *Stress test qualification for integrated circuits*

– AEC-Q100-002, Human body model electrostatic discharge test

AEC-Q101, *Stress test qualification for automotive grade discrete semiconductors*

– AEC-Q101-001, Electrostatic discharge test – Human body model

AEC-Q200, *Stress test qualification for passive components*

– AEC-Q200-002, Human body model electrostatic discharge test

ASTM B809, *Standard Test Method for Porosity in Metallic Coatings by Humid Sulfur Vapor („Flowers-of-Sulfur“)* (Revision 1995, reapproved 2003)

CECC 00114 (alle Teile), *Rule of procedure: Quality assessment procedures*

Anmerkung zum Begriff The CECC 00 114 rules of procedure have been succeeded by the series of EN 100114 documents.

EN 100 114 (alle Teile), *Verfahrensregel – Qualitätsbewertungsverfahren*

Anmerkung zum Begriff The EN 100114 rules of procedure have been succeeded by the IEC QC 001002 series of documents.

IEC 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60068-2-11, *Environmental testing – Part 2-11: Tests – Test Ka: Salt mist*

IEC 60068-2-29, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Eb and guidance: Bump*

Anmerkung zum Begriff IEC 60068-2-29 has been withdrawn as its contents has been merged into IEC 60068-2-27:2008.

IEC TR 60068-3-12, *Environmental testing – Part 3-12: Supporting documentation and guidance – Method to evaluate a possible lead-free solder reflow temperature profile*

IEC 60068-3-13, *Environmental testing – Part 3-13: Supporting documentation and guidance on Test T – Soldering*

IEC 60410, *Sampling plans and procedures for inspection by attributes*

IEC 60721-3-1, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 1: Storage*

IEC 60721-3-2, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 2: Transportation*

IEC 60749-26, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 26: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing – Human body model (HBM)*

Anmerkung zum Begriff IEC 60410 has been withdrawn in 2015.

IEC 61000-4-5:2014, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

IEC 61190-1-3, *Attachment materials for electronic assembly – Part 1-3: Requirements for electronic grade solder alloys and fluxed and non-fluxed solid solders for electronic soldering applications*