

DIN EN IEC 62391-1



ICS 31.060.99

Entwurf

Einsprüche bis 2022-05-25
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 62391-1:2016-09,
DIN EN 62391-1
Berichtigung 1:2017-05 und
DIN EN 62391-1
Berichtigung 2:2020-01

Elektrische Doppelschichtkondensatoren zur Verwendung in elektrischen und elektronischen Geräten –**Teil 1: Fachgrundspezifikation****(IEC 40/2887/CDV:2021);****Deutsche und Englische Fassung prEN IEC 62391-1:2021**

Fixed electric double-layer capacitors for use in electric and electronic equipment –

Part 1: Generic specification

(IEC 40/2887/CDV:2021);

German and English version prEN IEC 62391-1:2021

Condensateurs électriques fixes à double couche utilisé dans les équipements électriques et électroniques –

Partie 1: Spécification générique

(IEC 40/2887/CDV:2021);

Version allemande et anglaise prEN IEC 62391-1:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-03-25 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, Merianstraße 28, 63069 Offenbach 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 123 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments prEN IEC 62391-1:2021-11 „Elektrische Doppelschichtkondensatoren zur Verwendung in elektrischen und elektronischen Geräten – Teil 1: Fachgrundspezifikation“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

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. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 40/2887/CDV:2021-11 „Fixed electric double-layer capacitors for use in electric and electronic equipment – Part 1: Generic specification“ unverändert in den Entwurf prEN IEC 62391-1:2021-11 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des IEC-CDV 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 IEC/TC 40 „Capacitors and resistors for electronic equipment“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC . Das Dokument wurde den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Bei der Abstimmung zu dem Europäischen Schluss-Entwurf bei CENELEC und dem Internationalen Schluss-Entwurf bei IEC [Final Draft International Standard (FDIS)] sind jeweils nur „JA/NEIN“-Entscheidungen möglich, wobei „NEIN“-Entscheidungen fundiert begründet werden müssen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium DKE/K 611 „Kondensatoren“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnitsnummer, 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 62391-1:2016-09, DIN EN 62391-1 Berichtigung 1:2017-05 und DIN EN 62391-1 Berichtigung 2:2020-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Alle Abschnitte wurden unter Berücksichtigung des gesamten Inhalts der vorherigen Ausgabe entsprechend den aktuellen Anforderungen an Form und Gestaltung überarbeitet.

Elektrische Doppelschichtkondensatoren zur Verwendung in elektrischen und elektronischen Geräten – Teil 1: Fachgrundspezifikation

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich.....	9
2 Normative Verweisungen.....	9
3 Begriffe.....	10
4 Allgemeine Anforderungen.....	14
4.1 Einheiten und Symbole.....	14
4.2 Bevorzugte Werte und Klassen.....	14
4.2.1 Allgemeines.....	14
4.2.2 Bevorzugte Nennwerte der Kapazität.....	14
4.2.3 Klasse.....	14
4.3 Kennzeichnung.....	14
4.3.1 Allgemeines.....	14
4.3.2 Kodierung.....	15
5 Allgemeine Bestimmungen für Prüfungs- und Messverfahren.....	15
5.1 Allgemeines.....	15
5.2 Prüf- und Messanforderungen.....	15
5.2.1 Prüfbedingungen.....	15
5.2.2 Messbedingungen.....	15
5.2.3 Spannungsbehandlung.....	15
5.2.4 Temperaturbehandlung.....	15
5.3 Trocknung.....	15
5.4 Lagerung.....	16
5.4.1 Lagerung bei hoher Temperatur.....	16
5.4.2 Lagerung bei niedriger Temperatur.....	16
6 Elektrische Prüfungen und Messungen.....	17
6.1 Messverfahren 1 für Kapazität und Innenwiderstand (Konstantstromentladung).....	17
6.1.1 Grundschialtung für die Messung.....	17
6.1.2 Messausrüstung.....	17
6.1.3 Messverfahren.....	18
6.1.4 Berechnungsverfahren für die Kapazität.....	20
6.1.5 Berechnungsverfahren für den Innenwiderstand.....	21
6.1.6 Erforderliche Angaben in der Bauartspezifikation.....	22
6.2 Messverfahren 2 für Kapazität und Innenwiderstand.....	22
6.2.1 Ladeverfahren mit konstantem Widerstand für die Kapazitätsmessung.....	22
6.2.2 Messverfahren für den Wechselstrominnenwiderstand.....	23
6.3 Reststrom.....	24
6.3.1 Messverfahren.....	24

6.3.2	Angaben in der Bauartspezifikation.....	25
6.4	Erhaltungsspannung.....	25
6.4.1	Messverfahren.....	25
6.4.2	Berechnung der Spannungserhaltungsrate.....	26
6.4.3	Erforderliche Angaben in der Bauartspezifikation.....	26
7	Mechanische Prüfungen und Messungen.....	26
7.1	Sichtprüfung und Kontrolle der Maße.....	26
7.1.1	Sichtprüfung.....	26
7.1.2	Maße (Lehrenprüfung).....	27
7.1.3	Maße (Einzelmaße).....	27
7.2	Widerstandsfähigkeit der Anschlüsse.....	27
7.2.1	Prüfung Ua1 – Zug.....	27
7.2.2	Prüfung Ub – Biegen (bei der einen Hälfte der Anschlüsse).....	27
7.2.3	Prüfung Uc – Verdrehen (bei der anderen Hälfte der Anschlüsse).....	27
7.2.4	Prüfung Ud – Drehmoment (bei Anschlüssen mit Gewindebolzen oder Schraubanschlüssen und bei integrierten Befestigungsmitteln).....	28
7.2.5	Sichtprüfung.....	28
7.3	Schwingen.....	28
7.3.1	Anfangsmessung.....	28
7.3.2	Prüfung.....	28
7.3.3	Endmessung und Anforderungen.....	28
8	Umgebungs- und Klimaprüfungen.....	29
8.1	Rascher Temperaturwechsel.....	29
8.1.1	Anfangsmessung.....	29
8.1.2	Prüfung.....	29
8.1.3	Endprüfung, Messungen und Anforderungen.....	29
8.2	Feuchte Wärme, konstant.....	29
8.2.1	Anfangsmessung.....	29
8.2.2	Prüfung.....	29
8.2.3	Endmessung.....	29
8.3	Dauerprüfung.....	29
8.3.1	Anfangsmessungen.....	29
8.3.2	Prüfung.....	29
8.3.3	Endprüfung, Messungen und Anforderungen.....	30
8.4	Eigenschaften bei hoher und niedriger Temperatur.....	30
8.4.1	Allgemeines.....	30
8.4.2	Prüfverfahren.....	30
8.4.3	Trockene Wärme.....	30
8.4.4	Kälte.....	30
8.4.5	Endmessung und Anforderungen.....	30

9	Prüfungen bezüglich der Bauelementmontage.....	31
9.1	Lötwärmebeständigkeit.....	31
9.1.1	Vorbehandlung und Anfangsmessung.....	31
9.1.2	Prüfung.....	31
9.1.3	Nachbehandlung.....	31
9.1.4	Endprüfung, Messungen und Anforderungen.....	31
9.2	Lötbarkeit.....	31
9.2.1	Allgemeines.....	31
9.2.2	Vorbehandlung.....	31
9.2.3	Kondensatoren mit Anschlussdrähten.....	32
9.2.4	Oberflächenmontierbare Kondensatoren.....	32
9.3	Lösemittelbeständigkeit des Bauelements.....	33
9.3.1	Anfangsmessungen.....	33
9.3.2	Prüfung.....	33
9.3.3	Anforderungen.....	33
9.4	Lösemittelbeständigkeit der Kennzeichnung.....	33
9.4.1	Prüfung.....	33
9.4.2	Anforderungen.....	33
10	Sicherheitsrelevante Prüfungen.....	33
10.1	Passive Entflammbarkeit.....	33
10.1.1	Prüfverfahren.....	33
10.1.2	Anforderungen.....	34
10.2	Druckentlastung (soweit zutreffend).....	34
10.2.1	Prüfung.....	34
10.2.2	Anforderungen.....	34
11	Qualitätsbewertungsverfahren.....	34
	Anhang A (normativ) Klassifizierung nach Kapazität und Innenwiderstand.....	35
A.1	Allgemeines.....	35
A.2	Klassifizierung nach Kapazität und Innenwiderstand.....	35
	Anhang B (informativ) Messverfahren für die Kapazität und einen niedrigen Widerstand nach dem Wechselstromverfahren mit niedriger Frequenz (Referenzverfahren).....	38
B.1	Allgemeines.....	38
B.2	Messeinrichtung.....	38
B.3	Berechnung der Kapazität.....	38
B.4	Messbedingungen.....	39
	Anhang C (informativ) Wärmegleichgewichtszeit von Kondensatoren.....	40
C.1	Allgemeines.....	40
C.2	Wärmegleichgewichtszeit von Kondensatoren.....	40
	Anhang D (informativ) Lade-/Entladewirkungsgrad und Messstrom.....	42
D.1	Allgemeines.....	42

D.2	Ladewirkungsgrad, Entladewirkungsgrad und Stromstärke.....	42
D.2.1	Berechnung unter Annahme von vollständiger Ladung und Entladung.....	42
D.2.2	Berechnung unter Annahme von unvollständiger Ladung und Entladung aufgrund des Innenwiderstands.....	43
Anhang E (informativ) Verfahren zur Einstellung des Messstromes für einen Kondensator mit unbekanntem Nenninnenwiderstand.....		46
E.1	Allgemeines.....	46
E.2	Verfahren zur Stromeinstellung für die Messung eines Kondensators.....	46
E.3	Beispiel der Stromeinstellung für die Bestimmung der Kondensatorkennwerte.....	46
Anhang F (informativ) Leitfaden zur Messunsicherheit und zu den inneren Grenzwerten.....		47
F.1	Zweck.....	47
F.2	Begriffe.....	47
F.3	Berechnung der Messunsicherheit.....	47
F.4	Leitfaden.....	48
F.5	Berechnung der inneren und äußeren Grenzwerte.....	48
F.6	Beispiele.....	48
F.6.1	Allgemeines.....	48
F.6.2	Beispiel 1: Widerstandsmessung.....	49
F.6.3	Beispiel 2: Widerstandsmessung.....	49
F.6.4	Beispiel 3: Transistormessung (Verstärkung).....	49
F.6.5	Beispiel 4: Vergleich zwischen den Ergebnissen der Anfangs- und Endmessung.....	49
Anhang G (informativ) Verweisliste zu IEC 62391-1:2015.....		50
Anhang Q (normativ) Qualitätsbewertungsverfahren.....		52
Q.1	Allgemeines.....	52
Q.1.1	Überblick.....	52
Q.1.2	Anwendbarkeit der Bauartanerkennung.....	52
Q.1.3	Anwendbarkeit der Befähigungsanerkennung.....	52
Q.1.4	Anwendbarkeit der Technikanerkennung.....	53
Q.2	Primäre Fabrikationsstufe.....	53
Q.3	Untervergabe.....	53
Q.4	Baulich ähnliche Bauelemente.....	53
Q.5	Bauartanerkennungsverfahren.....	54
Q.5.1	Voraussetzungen für die Bauartanerkennung.....	54
Q.5.2	Antrag auf Bauartanerkennung.....	54
Q.5.3	Prüfverfahren für die Bauartanerkennung.....	54
Q.5.4	Erteilung der Bauartanerkennung.....	54
Q.5.5	Aufrechterhaltung der Bauartanerkennung.....	54
Q.5.6	Qualitäts-Konformitätsprüfung.....	54
Q.6	Verfahren zur Befähigungsanerkennung.....	55
Q.6.1	Allgemeines.....	55

Q.6.2	Voraussetzungen für die Befähigungsanerkennung.....	55
Q.6.3	Antrag auf Befähigungsanerkennung.....	55
Q.6.4	Beschreibung der Befähigung.....	55
Q.6.5	Nachweis und Überprüfung der Befähigung.....	56
Q.6.6	Programm zur Befähigungsanerkennung.....	57
Q.6.7	Prüfbericht zur Befähigungsanerkennung.....	57
Q.6.8	Zusammenfassung der Beschreibung der Befähigung.....	57
Q.6.9	Änderungen, die sich wahrscheinlich auf die Befähigungsanerkennung auswirken.....	57
Q.6.10	Erste Befähigungsanerkennung.....	58
Q.6.11	Erteilung der Befähigungsanerkennung.....	59
Q.6.12	Aufrechterhaltung der Befähigungsanerkennung.....	59
Q.6.13	Erweiterung der Befähigungsanerkennung.....	59
Q.6.14	Qualitäts-Konformitätsprüfung.....	60
Q.7	Nacharbeit und Reparatur.....	60
Q.7.1	Nacharbeit.....	60
Q.7.2	Reparatur.....	60
Q.8	Freigabe zur Auslieferung.....	60
Q.8.1	Allgemeines.....	60
Q.8.2	Freigabe zur Auslieferung im Rahmen der Bauartanerkennung vor Abschluss der Prüfungen der Prüfgruppe B.....	60
Q.9	Bestätigte Prüfberichte zu freigegebenen Losen.....	60
Q.10	Verzögerte Auslieferung.....	60
Q.11	Alternative Prüfverfahren.....	61
Q.12	Fertigung außerhalb der geografischen Grenzen der IECQ-Zertifizierungsstellen.....	61
Q.13	Ungeprüfte Eigenschaften.....	61
Q.14	Verfahren zur Technikanerkennung.....	61
Q.14.1	Allgemeines.....	61
Q.14.2	Voraussetzung für die Technikanerkennung.....	61
Q.14.3	Anwendung der Technikanerkennung.....	61
Q.14.4	Beschreibung der Technik.....	61
Q.14.5	Nachweis und Überprüfung der Technik.....	62
Q.14.6	Erteilung der Technikanerkennung.....	62
Q.14.7	Aufrechterhaltung der Technikanerkennung.....	62
Q.14.8	Qualitäts-Konformitätsprüfung.....	62
Q.14.9	Bestimmung der Ausfallrate.....	62
Q.14.10	Werte für das Qualitätsniveau.....	62
	Literaturhinweise.....	63

Bilder

Bild 1 – Grundsaltung für die Messung.....	17
--	----

Bild 2 – Spannung-Zeit-Kennlinie zwischen den Kondensatoranschlüssen bei der Messung von Kapazität und Innenwiderstand.....	18
Bild 3 – Schaltung für das Ladeverfahren mit konstantem Widerstand.....	22
Bild 4 – Schaltung für den Wechselstrominnenwiderstand.....	23
Bild 5 – Prüfkurve der Erhaltungsspannung.....	24
Bild 6 – Diagramm der Strom- und Spannungsänderungen zur Zeit der Reststrommessung.....	25
Bild 7 – Prüfkurve der Erhaltungsspannung.....	26
Bild A.1 – Konzeptionelle, an den Kennwerten der einzelnen Klassen orientierte Darstellung.....	36
Bild B.1 – System für die Kapazitätsmessung nach dem Wechselstromverfahren mit niedriger Frequenz...	38
Bild C.1 – Wärmegleichgewichtszeiten von Kondensatoren (von 85 °C auf 25 °C).....	40
Bild C.2 – Wärmegleichgewichtszeiten von Kondensatoren (von -40 °C auf 25 °C).....	41
Bild C.3 – Zeitabhängige Änderung der Kerntemperatur von Kondensatoren.....	41
Bild Q.1 – Allgemeine Darstellung der Befähigungsanerkennung.....	55
Tabellen	
Tabelle 1 – Messbedingungen für das Messverfahren 1A.....	19
Tabelle 2 – Messbedingungen für das Messverfahren 1B.....	20
Tabelle 3 – Zugkraft.....	27
Tabelle 4 – Drehmoment.....	28
Tabelle 5 – Schärfegrade und Anforderungen.....	34
Tabelle A.1 – Elektrische Betriebskenngrößen und Messverfahren nach der Klasse.....	36
Tabelle E.1 – Beispiel der Stromeinstellung für die Messung von Kondensatoren.....	46

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 62391 gilt für elektrische Doppelschichtkondensatoren (im Folgenden als Kondensator(en) bezeichnet), die hauptsächlich in Gleichspannungskreisen elektrischer und elektronischer Geräte zur Anwendung kommen.

Dieser Teil von IEC 62391 legt Normbegriffe, Kontroll- und Prüfverfahren für den Gebrauch in Rahmen- und Bauartspezifikationen für Bauelemente der Elektronik zur Qualitätsbewertung oder für andere Zwecke fest.

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, *Marking codes for resistors and capacitors*

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

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

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

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

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

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

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

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

IEC 60068-2-45:1980, *Environmental testing – Part 2-45: Tests – Test XA and guidance: Immersion in cleaning solvents*

IEC 60068-2-45:1980/Amendment 1:1993)

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

IEC 60068-2-69:2017, *Environmental testing – Part 2-69: Tests – Test Te/ Tc: Solderability testing of electronic components and printed boards by the wetting balance (force measurement) method*

IEC 60068-2-78:2012, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

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

IEC 60617 (all parts), *Graphical symbols for diagrams*

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

IEC 60717, *Method for the determination of the space required by capacitors and resistors with unidirectional terminations*

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Bauart

Gruppe von Bauelementen mit gleichen Konstruktionsmerkmalen, die aufgrund ähnlicher Herstellungstechniken für die Bauartanerkennung oder für die Qualitäts-Konformitätsprüfung zusammengefasst werden können

Anmerkung 1 zum Begriff: In bestimmten Fällen können Bauelemente nach verschiedenen Bauartspezifikationen als zur gleichen Bauart gehörig betrachtet werden.

[QUELLE: IEC 60384-1:202X, 3.39 – modifiziert, die Bemerkung zur „gemeinsamen Bauartspezifikation“ wurde aus der Definition gestrichen und die Anmerkung wurde umformuliert]

3.2

Bauform

Unterteilung einer Bauart; Unterscheidungsmerkmale sind im Allgemeinen die Maße

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Bauform kann mehrere Ausführungen umfassen, die sich im Allgemeinen durch mechanische Einzelheiten unterscheiden.

3.3

Klasse

Klassifizierung des Kondensators nach Kapazitäts- und Innenwiderstandswert in Abhängigkeit von der Anwendung

3.4

Familie

<Bauelemente der Elektronik> Gruppe von Bauelementen, die insbesondere ein bestimmtes physikalisches Merkmal aufweist und/oder eine bestimmte Funktion erfüllt

3.5

Unterfamilie

<Bauelemente der Elektronik> Gruppe von Bauelementen innerhalb einer Familie, die nach ähnlichen technischen Verfahren hergestellt werden

3.6

Gleichspannungskondensator

Kondensator, der im Wesentlichen für die Verwendung bei Gleichspannung vorgesehen ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Gleichspannungskondensator muss nicht für den Betrieb an Wechselstromquellen geeignet sein.

3.7

Nennkapazität

C_N
Kapazitätswert, für den der Kondensator ausgelegt ist und der üblicherweise auf ihm angegeben ist

3.8

Kategorietemperaturbereich

Bereich der Umgebungstemperaturen, in dem der Kondensator aufgrund seiner Auslegung dauernd betrieben werden darf

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Kategorietemperaturbereich ist durch die untere und obere Kategorietemperatur definiert.

3.9

untere Kategorietemperatur

niedrigste Umgebungstemperatur, bei der der Kondensator aufgrund seiner Auslegung dauernd betrieben werden darf

3.10

obere Kategorietemperatur

höchste Umgebungstemperatur, einschließlich der Eigenerwärmung, bei der der Kondensator aufgrund seiner Auslegung dauernd betrieben werden darf

[QUELLE: IEC 61881-3:2012, 3.17, modifiziert – Die Anmerkung zum Begriff wurde gestrichen.]

3.11

Bemessungstemperatur

höchste Umgebungstemperatur, bei der die Bemessungsspannung dauernd anliegen darf

3.12

Bemessungsspannung

U_R

höchste Gleichspannung oder Scheitelwert der Impulsspannung, die bzw. der bei Temperaturen zwischen der unteren Kategorietemperatur und der Bemessungstemperatur dauernd oder wiederholt am Kondensator anliegen darf

3.13

Kategoriespannung

U_C

höchste Spannung, die am Kondensator dauernd bei seiner oberen Kategorietemperatur anliegen darf

3.14

temperaturabhängig geminderte Spannung

höchste Spannung, die bei Temperaturen zwischen der Bemessungstemperatur und der oberen Kategorietemperatur dauernd am Kondensator anliegen darf

Anmerkung 1 zum Begriff: Angaben über die Temperaturabhängigkeit der Spannung im Bereich zwischen der Bemessungstemperatur und der oberen Kategorietemperatur sind in der Bauartspezifikation enthalten.

3.15

Spitzenspannungsverhältnis

Verhältnis der höchsten Momentanspannung, die an den Anschlüssen des Kondensators während einer festgelegten Dauer bei einer Temperatur im Kategorietemperaturbereich anliegen darf, zur Bemessungsspannung oder, falls zutreffend, zur temperaturabhängig geminderten Spannung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Anzahl der zulässigen Wiederholungen je Stunde für das Anlegen dieser Spannung ist in der Bauartspezifikation festgelegt.

3.16

Bemessungswert der überlagerten Wechselspannung

Effektivwert der höchstzulässigen Wechselspannung mit einer festgelegten Frequenz, die der Gleichspannung überlagert ist und bei der der Kondensator bei einer festgelegten Temperatur dauernd betrieben werden darf

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Summe aus Gleichspannung und Scheitelwert der Wechselspannung am Kondensator überschreitet nicht die Bemessungsspannung oder, falls zutreffend, die temperaturabhängig geminderte Spannung.

3.17

Umpolspannung

an die Kondensatoranschlüsse mit umgekehrter Polung angelegte Spannung

3.18

Bemessungswert des überlagerten Wechselstromes

Effektivwert des höchstzulässigen Wechselstromes mit einer festgelegten Frequenz, bei dem der Kondensator bei einer festgelegten Temperatur dauernd betrieben werden darf

3.19

Zeitkonstante

Produkt aus Innenwiderstand (einschließlich Leitungswiderstand) und Kapazität

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Zeitkonstante wird üblicherweise in Sekunden angegeben.

3.20

Innenwiderstand

Widerstandsanteil in einer Ersatzreihenschaltung aus Kapazität und Widerstand eines Kondensators

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Innenwiderstand wird in Ohm (Ω) angegeben.

3.21

Spannungsfall am Innenwiderstand

Spannungsfall zwischen den Kondensatoranschlüssen, der durch den Beginn der Entladung erzeugt und quantitativ durch das Produkt aus Entladestrom und Innenwiderstand des Kondensators beschrieben wird

3.22

höchste Oberflächentemperatur des Kondensators

Temperatur am wärmsten Punkt seiner äußeren Oberfläche

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Anschlüsse gelten als Teil der äußeren Oberfläche.

3.23

niedrigste Oberflächentemperatur des Kondensators

Temperatur am kältesten Punkt seiner äußeren Oberfläche

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Anschlüsse gelten als Teil der äußeren Oberfläche.

3.24

niedrigste Lagertemperatur

niedrigste Umgebungstemperatur, die der Kondensator in nicht betriebenem Zustand ohne Beschädigung aushalten sollte

3.25

höchste Lagertemperatur

höchste Umgebungstemperatur, die der Kondensator in nicht betriebenem Zustand ohne Beschädigung aushalten sollte

[QUELLE: IEC 60384-1:202X, 3.11]

3.26

Temperaturcharakteristik der Kapazität

größte reversible Kapazitätsänderung, die sich über einen bestimmten Temperaturbereich innerhalb des Kategorietemperaturbereichs einstellt

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Begriff wird hauptsächlich für Kondensatoren angewendet, deren Kapazitätsänderung einer linearen oder nichtlinearen Funktion der Temperatur folgt und nicht ausreichend genau angegeben werden kann.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Temperaturcharakteristik der Kapazität wird üblicherweise als Prozentsatz der Kapazität

bei der Bezugstemperatur von 20 °C angegeben.

3.27

sichtbarer Schaden

sichtbarer Schaden, der die Verwendbarkeit des Kondensators für den vorgesehenen Zweck beeinträchtigt

3.28

Reststrom

Wert des Stromes, der durch einen Kondensator fließt, nachdem er über eine festgelegte Dauer geladen wurde

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Reststrom wird in Ampere (A) angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Er ist üblicherweise die Summe des Stroms zum Laden des Kondensators, der mit der Zeit exponentiell abnimmt, und des Dunkelstroms (Reststrom im ursprünglichen Sinn) des Kondensators.

3.29

Erhaltungsspannung

Selbstentladung

gehaltene Spannung nach einer festgelegten Dauer unter Leerlaufbedingungen, nachdem der Kondensator über eine festgelegte Dauer geladen wurde

3.30

Temperaturanstieg

Anstieg der Temperatur des Kondensators über die Umgebungstemperatur, der durch die Kondensatorverluste beim Betrieb unter Lade- und/oder Entladebedingungen verursacht wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Temperaturanstieg wird durch die Umgebungstemperatur beeinflusst.

3.31

isolierter Kondensator

Kondensator, bei dem alle Anschlüsse einer Einzelkapazität auf ein Potential gebracht werden dürfen, das verschieden ist vom Potential einer beliebigen leitenden Oberfläche, mit der das Gehäuse bei üblicher Anwendung in Berührung kommen kann (wobei der Wert des Potentials aber mindestens gleich der Bemessungsspannung ist)

3.32

nichtisolierter Kondensator

Kondensator, bei dem kein Anschluss einer Einzelkapazität auf ein Potential gebracht werden darf, das verschieden ist von dem einer beliebigen leitenden Oberfläche, mit der das Gehäuse bei üblicher Anwendung in Berührung kommen kann (wobei der Wert des Potentials aber mindestens gleich der Bemessungsspannung ist)

3.33

oberflächenmontierbarer Kondensator

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

3.34

passive Entflammbarkeit

Entflammbarkeit, die durch äußere Erwärmung des Bauelements verursacht wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die passive Entflammbarkeit kann z. B. durch Flammen verursacht werden.

3.35

aktive Entflammbarkeit

Entflammbarkeit (Selbstentzündung), die durch Eigenerwärmung des Bauelements verursacht wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die aktive Entflammbarkeit kann z. B. durch Funkenüberschlag aufgrund unzulänglicher innerer Kontaktgüte verursacht werden.

3.36

Kategorie der passiven Entflammbarkeit

Kategorie, die durch die längste Brenndauer nach einer festgelegten Einwirkdauer der Flamme gegeben ist

3.37

Masse

Masse des Kondensators mit allen befestigten Teilen

3.38

Volumen

Volumen des Kondensators ohne Anschlüsse

4 Allgemeine Anforderungen

4.1 Einheiten und Symbole

Einheiten, Schaltzeichen, Formelzeichen und Begriffsbestimmungen sollten so weit wie möglich den folgenden Dokumenten entnommen werden:

- IEC 60027;
- IEC 60050;
- IEC 60617;
- ISO 80000-1.

Wenn weitere Einheiten und Symbole benötigt werden, dann sollten sie nach den Grundsätzen der oben genannten Dokumente gebildet werden.

4.2 Bevorzugte Werte und Klassen

4.2.1 Allgemeines

Die für die Unterfamilie geeigneten Vorzugswerte müssen in der Rahmenspezifikation festgelegt werden.

ANMERKUNG Vorzugswerte für die Bemessungsspannung können aufgrund der Art des Kondensators nicht festgelegt werden.

4.2.2 Bevorzugte Nennwerte der Kapazität

Die bevorzugten Nennwerte der Kapazität müssen den E-Reihen nach IEC 60063 entnommen werden.

4.2.3 Klasse

Die Klasse des Kondensators muss nach Kapazität und Innenwiderstand (Anwendung) festgelegt werden. Zu Einzelheiten siehe Anhang A.

4.3 Kennzeichnung

4.3.1 Allgemeines

Die Kriterien der Kennzeichnung und andere auf dem Kondensator und/oder seiner Verpackung anzubringende Angaben müssen in der Rahmenspezifikation enthalten sein.

Die Rangfolge der Kennzeichnung auf Kondensatoren mit kleinen Abmessungen muss in der Bauartspezifikation festgelegt werden.

4.3.2 Kodierung

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

5 Allgemeine Bestimmungen für Prüfungs- und Messverfahren

5.1 Allgemeines

Die Rahmenspezifikation und/oder der Vordruck für Bauartspezifikation müssen Angaben darüber enthalten, welche Prüfungen durchgeführt, welche Messungen vor und nach jeder Prüfung oder Untergruppe von Prüfungen vorgenommen und in welcher Reihenfolge sie ausgeführt werden müssen. Die Schritte jeder einzelnen Prüfung müssen in der angegebenen Reihenfolge ausgeführt werden. Die Messbedingungen für Anfangs- und Endmessungen müssen gleich sein.

Wenn nationale Spezifikationen innerhalb eines Qualitätsbewertungssystems andere als die in den oben genannten Spezifikationen festgelegten Verfahren verwenden, müssen diese vollständig beschrieben werden.

Grenzwerte in sämtlichen Spezifikationen sind absolute Grenzwerte. Messunsicherheiten müssen grundsätzlich berücksichtigt werden, wie in Anhang F angegeben.

5.2 Prüf- und Messanforderungen

5.2.1 Prüfbedingungen

Wenn nicht anders festgelegt, müssen alle Prüfungen bei Normalklima für Prüfungen nach IEC 60068-1:2013, 4.3, durchgeführt werden:

- Temperatur: 15 °C bis 35 °C;
- Relative Luftfeuchte: 25 % bis 75 %;
- Luftdruck: 86 kPa bis 106 kPa.

5.2.2 Messbedingungen

Wenn nicht anders festgelegt, müssen alle Messungen bei Normalklima für Prüfungen nach IEC 60068-1:2013, 4.3, mit folgender Ausnahme durchgeführt werden:

- Temperatur: 20 °C ± 2 °C.

Alle Messungen müssen durchgeführt werden, nachdem das Wärmegleichgewicht erreicht ist, siehe 5.2.4.

5.2.3 Spannungsbehandlung

Der Kondensator muss bis zur Bemessungsspannung aufgeladen und mittels einer Gleichstromquelle für 30 min bei U_R gehalten werden. Der Kondensator muss über eine geeignete Entladeeinrichtung entladen werden.

5.2.4 Temperaturbehandlung

Der Kondensator muss bei der in 5.2.2 festgelegten Temperatur so lange gelagert werden, bis der gesamte Kondensator diese Temperatur erreicht hat (Wärmegleichgewicht, siehe Anhang C).

5.3 Trocknung

Wenn in der Bauartspezifikation nicht anders festgelegt, muss der Kondensator 96 h ± 4 h in einem Umluftofen bei einer Temperatur von 55 °C ± 2 °C und einer relativen Luftfeuchte von höchstens 20 % vorbehandelt werden.

Der Kondensator muss dann in einem Trockner unter Verwendung eines geeigneten Trockenmittels, z. B. aktivierter Tonerde (Aluminiumoxid) oder Silikagel, abkühlen und muss darin von der Entnahme aus dem Umluftofen bis zum Beginn der festgelegten Prüfungen verbleiben.

5.4 Lagerung

5.4.1 Lagerung bei hoher Temperatur

5.4.1.1 Anfangsmessung

Die in der Bauartspezifikation vorgeschriebenen Messungen müssen durchgeführt werden.

5.4.1.2 Prüfbedingungen

Die Kondensatoren müssen der Prüfung Bb nach IEC 60068-2-2:2007 mit folgenden Schärfegraden unterzogen werden:

- Prüftemperatur: obere Kategorietemperatur;
- Prüfdauer: 96 h $\pm$ 4 h.

Die Prüflinge dürfen bei einer beliebigen Temperatur zwischen der Labortemperatur und der oberen Kategorietemperatur in die Prüfkammer eingebracht werden.

5.4.1.3 Endmessung

Nach einer Nachbehandlung von mindestens 16 h müssen die in der Bauartspezifikation vorgeschriebenen Messungen durchgeführt werden.

5.4.2 Lagerung bei niedriger Temperatur

5.4.2.1 Anfangsmessung

Die in der entsprechenden Spezifikation vorgeschriebenen Messungen müssen durchgeführt werden.

5.4.2.2 Prüfbedingungen

Die Kondensatoren müssen der Prüfung Ab nach IEC 60068-2-1:2007 unterzogen werden. Sie müssen entweder für eine Dauer von 4 h nach Erreichen des Temperaturgleichgewichts bei -40 °C oder für 16 h gelagert werden, wobei die kürzere Dauer gilt.

Die Prüflinge dürfen bei einer beliebigen Temperatur zwischen der Labortemperatur und -40 °C in die Prüfkammer eingebracht werden.

5.4.2.3 Endmessung

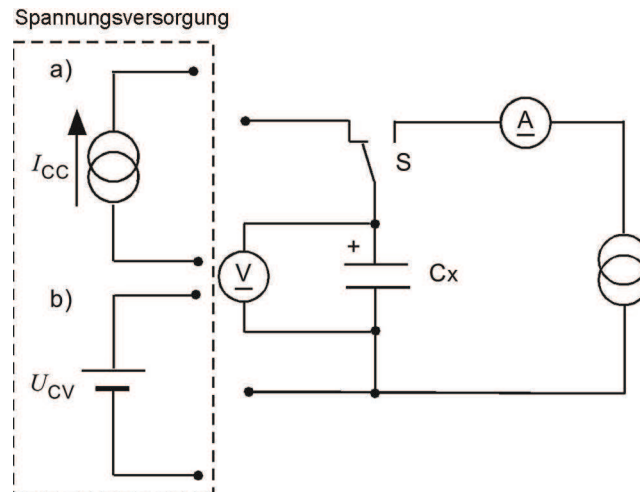
Nach einer Nachbehandlung von mindestens 16 h müssen die in der Bauartspezifikation vorgeschriebenen Messungen durchgeführt werden.

6 Elektrische Prüfungen und Messungen

6.1 Messverfahren 1 für Kapazität und Innenwiderstand (Konstantstromentladung)

6.1.1 Grundschialtung für die Messung

Die Kapazität und der Innenwiderstand müssen unter Anwendung der Verfahren des Konstantstromladens und -entladens gemessen werden. In Bild 1 ist eine Grundschialtung für die Messung dargestellt.



Legende

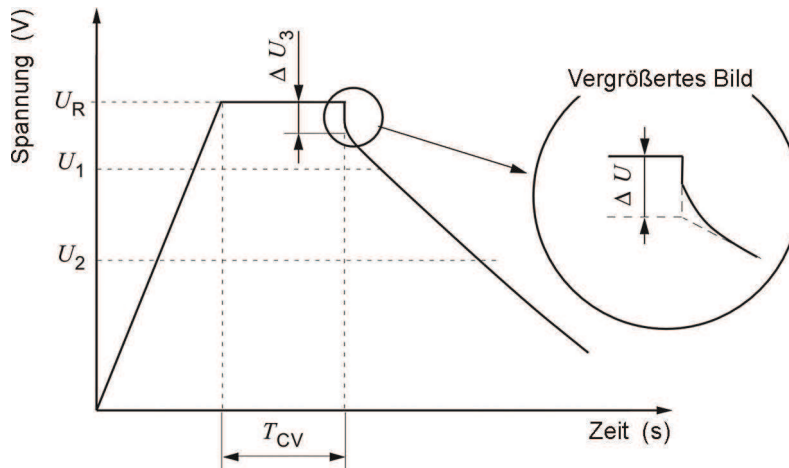
- I_{cc} Konstantstrom
- U_{cv} Konstantspannung
- $\textcircled{A}$ Gleichstrommessgerät
- $\textcircled{V}$ Gleichspannungsaufzeichnungsgerät
- S Umschalter
- C_x zu prüfender Kondensator
- $\textcircled{\text{—}}$ Konstantstrom-Entladeeinrichtung
- a) Stromversorgung für die Konstantstromladung
- b) Stromversorgung für die Konstantspannungsladung

Bild 1 – Grundschialtung für die Messung

6.1.2 Messausrüstung

Die Messeinrichtung muss die Konstantstromladung, Konstantspannungsladung, Konstantstromentladung und die stetige Messüberwachung der Stromstärke und der Spannung zwischen den Kondensatoranschlüssen als Funktion der Entladedauer ermöglichen, wie in Bild 2 dargestellt. Mit der Messeinrichtung müssen Strom und Spannung mit einer Genauigkeit von $\pm 1 \%$ oder weniger eingestellt und gemessen werden können.

Die Stromversorgung muss den konstanten Ladestrom für das Laden des Kondensators mit 95%igem Ladewirkungsgrad liefern und die Einstellfunktion für die Dauer der Konstantspannungsladung vorsehen. Die Konstantstrom-Entladeeinrichtung muss einen konstanten Entladestrom nach Tabelle 1 bzw. Tabelle 2 liefern. Das Gleichspannungsaufzeichnungsgerät muss Messungen durchführen können, und es muss mit einer Auflösung von 5 mV und einem Messintervall von 100 ms oder weniger aufzeichnen.



Legende

U_R	Bemessungsspannung (V)
U_1	Berechnungsanfangsspannung (V)
U_2	Berechnungsendspannung (V)
ΔU_3	Spannungsfall (V)
T_{CV}	Dauer des Konstantspannungsladens (s)

Bild 2 – Spannung-Zeit-Kennlinie zwischen den Kondensatoranschlüssen bei der Messung von Kapazität und Innenwiderstand

6.1.3 Messverfahren

6.1.3.1 Allgemeines

Die Messung muss durchgeführt werden, indem die Spannung-Zeit-Kennlinie zwischen den Kondensatoranschlüssen analysiert wird.

Entsprechend der jeweiligen Klasse (siehe Anhang A) muss das Messverfahren nach 6.1.3.2 bzw. 6.1.3.3 angewendet und in der Bauartspezifikation festgelegt werden.

Vor der Messung müssen eine Spannungsvorbehandlung nach 5.2.3 sowie eine Temperaturvorbehandlung nach 5.2.4 und kann eine Trocknung nach 5.3, sofern in der Bauartspezifikation festgelegt, durchgeführt werden.

Während des gesamten Messvorgangs muss die Spannung zwischen den Kondensatoranschlüssen als Funktion der Zeit gemessen und aufgezeichnet werden.

6.1.3.2 Messverfahren 1A (Klassen 1, 2, 3 und 4)

Sofern in der Bauartspezifikation nicht anders festgelegt, gelten die Messbedingungen nach Tabelle 1. Der konstante Ladestrom (I_{cc}) muss den Kondensator mit 95%igem Ladewirkungsgrad laden können und wird unter Verwendung der Bemessungsspannung (U_R) und des Nenninnenwiderstands (R_N) mit $I_{cc} (= U_R / 38 R_N)$ eingestellt. Die konstanten Entladeströme werden für die Messung der Kapazität bzw. des Innenwiderstands entsprechend der Nennkapazität des Kondensators eingestellt.

Das Messverfahren muss wie folgt durchgeführt werden:

- Der Kondensator muss mit dem konstanten Ladestrom aufgeladen werden.
- Wenn die Ausgangsspannung der Stromquelle den festgelegten Wert erreicht, muss die Ladung des Kondensators mit der konstanten Spannung fortgesetzt werden.

- c) Der Kondensator muss anschließend über die Konstantstrom-Entladeeinrichtung entladen werden.
- d) Dann muss die Zeit vom Entladebeginn bis zu dem Punkt, an dem die Spannung zwischen den Kondensatoranschlüssen U_1 bzw. U_2 entspricht (siehe Bild 2), gemessen werden.

Tabelle 1 – Messbedingungen für das Messverfahren 1A

Messbedingungen	Klasse Anwendung			
	Klasse 1 Erhalt von Speichern	Klasse 2 Energie- speicherung	Klasse 3 Leistungsan- wendungen	Klasse 4 Moment- anleistung
Konstantstromladung A	Ladewirkungsgrad von 95 % ^a			
Konstantspannungs-Ladedauer min	30			
Konstanter Entladestrom für die Kapazitätsmessung ^b mA	$1 \times C_N$	$0,4 \times C_N U_R$	$4 \times C_N U_R$	$40 \times C_N U_R$
Konstanter Entladestrom für die Messung des Innenwiderstands ^c mA	$10 \times C_N$	$4 \times C_N U_R$	$40 \times C_N U_R$	$400 \times C_N U_R$
U_1	$0,8 \times U_R$			
U_2	$0,4 \times U_R$			
Für Klasse 3 und Klasse 4 darf das Messverfahren 1B angewendet werden.				
Die Anzahl der signifikanten Stellen für den Wert des Entladestromes von 10 A oder geringer muss einer Stelle entsprechen; die zweite Stelle des berechneten Wertes sollte abgerundet werden.				
Die Anzahl der signifikanten Stellen für den Wert des Entladestromes über 10 A muss zwei Stellen entsprechen; die dritte Stelle des berechneten Wertes sollte abgerundet werden.				
^a Zum allgemeinen Konzept des Lade- und Entladewirkungsgrades siehe Anhang D.				
^b Wenn ΔU_3 5 % der Ladespannung ($0,05 \times U_R$) in der Anfangskennlinie überschreitet, darf der Wert des Entladestromes um die Hälfte, ein Fünftel oder ein Zehntel verringert werden.				
^c Wenn ΔU_3 20 % der Ladespannung ($0,2 \times U_R$) in der Anfangskennlinie überschreitet, darf der Wert des Entladestromes um die Hälfte, ein Fünftel oder ein Zehntel verringert werden.				

6.1.3.3 Messverfahren 1B (Klassen 3, 4 und 5)

Sofern in der Bauartspezifikation nicht anders festgelegt, gelten die Messbedingungen nach Tabelle 2. Der konstante Ladestrom (I_{cc}) muss den Kondensator mit 95%igem Ladewirkungsgrad laden können und wird unter Verwendung der Bemessungsspannung (U_R) und des Nenninnenwiderstands (R_N) mit $I_{cc} (= U_R / 38 R_N)$ eingestellt. Der konstante Entladestrom (I_d) muss den Kondensator mit 95 %igem Entladewirkungsgrad entladen können und wird unter Verwendung der Bemessungsspannung (U_R) und des Nenninnenwiderstands (R_N) mit $I_d (= U_R / 40 R_N)$ eingestellt.

Das Messverfahren muss wie folgt durchgeführt werden:

- a) Der Kondensator muss mit dem konstanten Ladestrom aufgeladen werden.
- b) Wenn die Ausgangsspannung der Stromquelle den festgelegten Wert erreicht, muss die Ladung des Kondensators mit der konstanten Spannung fortgesetzt werden.

- c) Der Kondensator muss anschließend über die Konstantstrom-Entladeeinrichtung entladen werden.
- d) Dann muss die Zeit vom Entladebeginn bis zu dem Punkt, an dem die Spannung zwischen den Kondensatoranschlüssen U_1 bzw. U_2 entspricht (siehe Bild 2), gemessen werden.

Tabelle 2 – Messbedingungen für das Messverfahren 1B

Messbedingungen	Klasse Anwendung		
	Klasse 3 Leistungsan- wendungen	Klasse 4 Momentanleistung	Klasse 5 Hochleistung
Konstantstromladung A	Ladewirkungsgrad von 95 % ^a		
Konstantspanungs-Ladedauer min	5		
Konstantstromentladung A	Entladewirkungsgrad von 95 % ^a		
U_1	$0,8 \times U_R$		
U_2	$0,4 \times U_R$		
Für Klasse 3 und Klasse 4 darf das Messverfahren 1A angewendet werden.			
Die Anzahl der signifikanten Stellen für den Wert des Entladestromes von 10 A oder geringer muss einer Stelle entsprechen; die zweite Stelle des berechneten Wertes sollte abgerundet werden.			
Die Anzahl der signifikanten Stellen für den Wert des Entladestromes über 10 A muss zwei Stellen entsprechen; die dritte Stelle des berechneten Wertes sollte abgerundet werden.			
^a Zum allgemeinen Konzept des Lade- und Entladewirkungsgrades siehe Anhang D.			

6.1.4 Berechnungsverfahren für die Kapazität

6.1.4.1 Allgemeines

Die Kapazität muss nach dem Verfahren der Geraden-Annäherung (Regression) oder dem Energieumsetzungsverfahren berechnet werden.

6.1.4.2 Verfahren der Geraden-Annäherung (Messverfahren 1A)

Die Kapazität C eines Kondensators muss mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$C = \frac{I_d \times (t_2 - t_1)}{U_1 - U_2}$$

Dabei ist

- C die Kapazität des Kondensators (F);
- I_d der Entladestrom (A);
- U_1 die gemessene Anfangsspannung (V);
- U_2 die gemessene Endspannung (V);
- t_1 die Dauer vom Entladebeginn bis zum Erreichen des Wertes der Kondensatoranschlussspannung U_1 (s);
- t_2 die Dauer vom Entladebeginn bis zum Erreichen des Wertes der Kondensatoranschlussspannung U_2 (s).

6.1.4.3 Energieumsetzungsverfahren (Messverfahren 1B)

Die Kapazität C eines Kondensators muss mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$C = \frac{2W}{U_1^2 - U_2^2}$$

Dabei ist

- C die Kapazität des Kondensators (F);
- W die Gesamtentladeenergie (J), die durch Integration der Entladeenergie (J) für jedes eingestellte Probenahmeintervall von der gemessenen Anfangsspannung U_1 bis zur gemessenen Endspannung U_2 ermittelt wird;
- U_1 die gemessene Anfangsspannung (V);
- U_2 die gemessene Endspannung (V).

6.1.5 Berechnungsverfahren für den Innenwiderstand**6.1.5.1 Allgemeines**

Der Innenwiderstand muss mit der Methode der kleinsten Quadrate für den Innenwiderstand oder dem Schnittlinienverfahren für den Innenwiderstand berechnet werden.

6.1.5.2 Schnittlinienverfahren für den Innenwiderstand (Messverfahren 1A)

Der Innenwiderstand R eines Kondensators muss mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$R = \frac{\Delta U_3}{I_d}$$

Dabei ist

- R der Innenwiderstand des Kondensators (Ω);
- I_d der Entladestrom (A);
- ΔU_3 der Spannungsfall (V).

ANMERKUNG Der Spannungsfall wird mittels einer Hilfskurve durch Verlängerung des vom Spannungsaufzeichnungsgerät nach Bild 2 erfassten geraden Teils der zeitveränderlichen Spannungen zwischen den Kondensatoranschlüssen bestimmt.

6.1.5.3 Methode der kleinsten Quadrate zur Berechnung des Innenwiderstands (Messverfahren 1B)

Der Innenwiderstand R eines Kondensators muss mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$R = \frac{\Delta U_3}{I_d}$$

Dabei ist

- R der Innenwiderstand des Kondensators (Ω);
- I_d der Entladestrom (A);
- ΔU_3 der Spannungsfall (V).

Die Geraden-Annäherung (Regression) ist mit der Methode der kleinsten Quadrate auf die Spannungsfalkennlinie von der Berechnungsanfangsspannung (U_1) bis zur Berechnungsendspannung (U_2) anzuwenden. Der Schnittpunkt (Spannungswert) der Geraden zur Entladeanfangszeit ist zu bestimmen. ΔU_3 ist die Differenz zwischen dem Spannungswert am Schnittpunkt und dem eingestellten Wert für das Konstantspannungsladen (V).

6.1.6 Erforderliche Angaben in der Bauartspezifikation

Die Bauartspezifikation muss folgende Angaben enthalten:

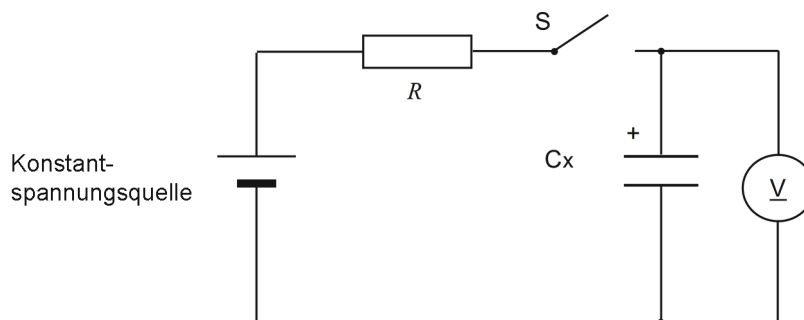
- a) Verfahren zur Klassifizierung;
- b) anzulegende Spannung, falls abweichend von der Bemessungsspannung;
- c) Ladedauer, falls abweichend von 30 min (siehe Tabelle 21) oder von 5 min (siehe Tabelle 32);
- d) Wert des konstanten Entladestromes, falls abweichend von Tabelle 21 oder Tabelle 32;
- e) U_1 und U_2 zum Zeitpunkt des Absinkens der Entladespannung, falls abweichend von Tabelle 21 oder Tabelle 32.

6.2 Messverfahren 2 für Kapazität und Innenwiderstand

6.2.1 Ladeverfahren mit konstantem Widerstand für die Kapazitätsmessung

6.2.1.1 Messschaltung

Die Messung muss mit der Messschaltung nach Bild 3 durchgeführt werden.



Legende

- R Reihenwiderstand
- S Schalter
-  Gleichspannungsmessgerät
- C_x zu prüfender Kondensator

Bild 3 – Schaltung für das Ladeverfahren mit konstantem Widerstand

6.2.1.2 Messverfahren

Das Messverfahren muss wie folgt durchgeführt werden:

- a) Vor der Messung sind die Kondensatoranschlüsse für 30 min oder länger kurzzuschließen, um eine ausreichende Entladung des Kondensators sicherzustellen.
- b) Der Wert von R ist so einzustellen, dass die Zeitkonstante τ 60 s bis 120 s beträgt.
- c) Die Zeitkonstante τ ist bei anliegender Gleichspannung U_R zu messen, und der Wert der Kapazität ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$C = \frac{\tau}{R}$$

Dabei ist

- C die Kapazität (F);
 τ die Zeitkonstante: Ladedauer bis zum Erreichen von $0,632 \times U_R$ (s);
 R der Reihenwiderstand (Ω).

6.2.1.3 Erforderliche Angaben in der Bauartspezifikation

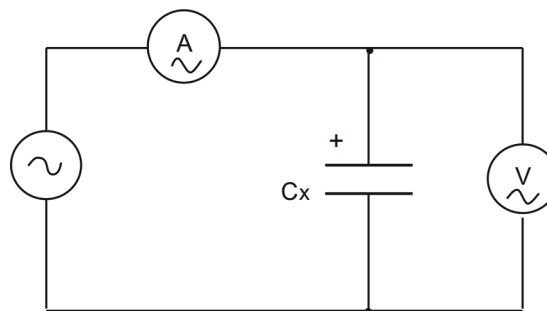
Die Bauartspezifikation muss folgende Angaben enthalten:

- anzulegende Spannung, falls abweichend von der Bemessungsspannung;
- Reihenwiderstand R , falls die Zeitkonstante von 60 s bis 120 s abweicht.

6.2.2 Messverfahren für den Wechselstrominnenwiderstand

6.2.2.1 Messschaltung

Die Messung muss mit der Messschaltung nach Bild 4 durchgeführt werden.



Legende

- Oszillator
 Wechselstrommessgerät
 Wechselspannungsmessgerät
 C_x zu prüfender Kondensator

Bild 4 – Schaltung für den Wechselstrominnenwiderstand

6.2.2.2 Messverfahren

Das Messverfahren muss wie folgt durchgeführt werden:

- Die Messfrequenz muss 1 kHz betragen.
- Der Wechselstrom muss im Bereich von 1 mA bis 10 mA liegen.
- Der Innenwiderstand R_a eines Kondensators muss mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$R_a = \frac{U}{I}$$

Dabei ist

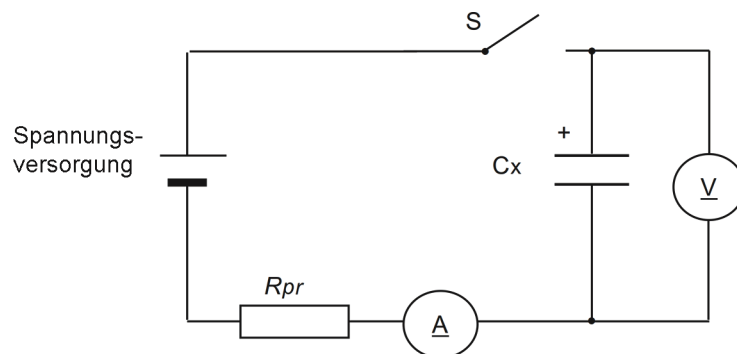
- R_a der Wechselstrominnenwiderstand (Ω);
 U der Effektivwert der Wechselspannung (V);
 I der Effektivwert des Wechselstromes (A).

6.3 Reststrom

6.3.1 Messverfahren

Das Messverfahren muss wie folgt durchgeführt werden.

- Vor der Messung müssen die Kondensatoren vollständig entladen werden. Der Entladevorgang muss zwischen 1 h und 24 h dauern und in der Bauartspezifikation festgelegt werden.
- Wenn in der Bauartspezifikation nicht anders festgelegt, muss der Reststrom mit der der Prüftemperatur entsprechenden Gleichspannung (U_R) gemessen werden. Die längste Ladezeit beträgt 30 min, um 95 % des verwendeten Spannungspegels zu erreichen. Die Einwirkdauer bei Gleichspannung muss aus einer Reihe von 0,5 h, 1 h, 2 h, 4 h, 8 h, 12 h, 24 h oder 48 h ausgewählt und in der Bauartspezifikation festgelegt werden.
- Der Reststrom wird nach Ablauf der Einwirkdauer entsprechend dem Strommessgerätergebnis gemessen.
- Es muss ein stabilisiertes geregeltes Stromversorgungsgerät verwendet werden.
- Wenn in der Bauartspezifikation nicht anders festgelegt, muss die Spannung über einen Schutzwiderstand von 1 000 Ω oder weniger an den Kondensator angelegt werden. Wenn ein Schutzwiderstand verwendet wird, muss die Spannung über den gesamten Kondensator zur Zeit der Reststrommessung 95 % des verwendeten Spannungspegels oder mehr betragen.



Legende

- R_{pr} Schutzwiderstand
 S Schalter
 Gleichspannungsmessgerät
 Gleichstrommessgerät
 C_x zu prüfender Kondensator

Bild 5 – Prüfkurve der Erhaltungsspannung

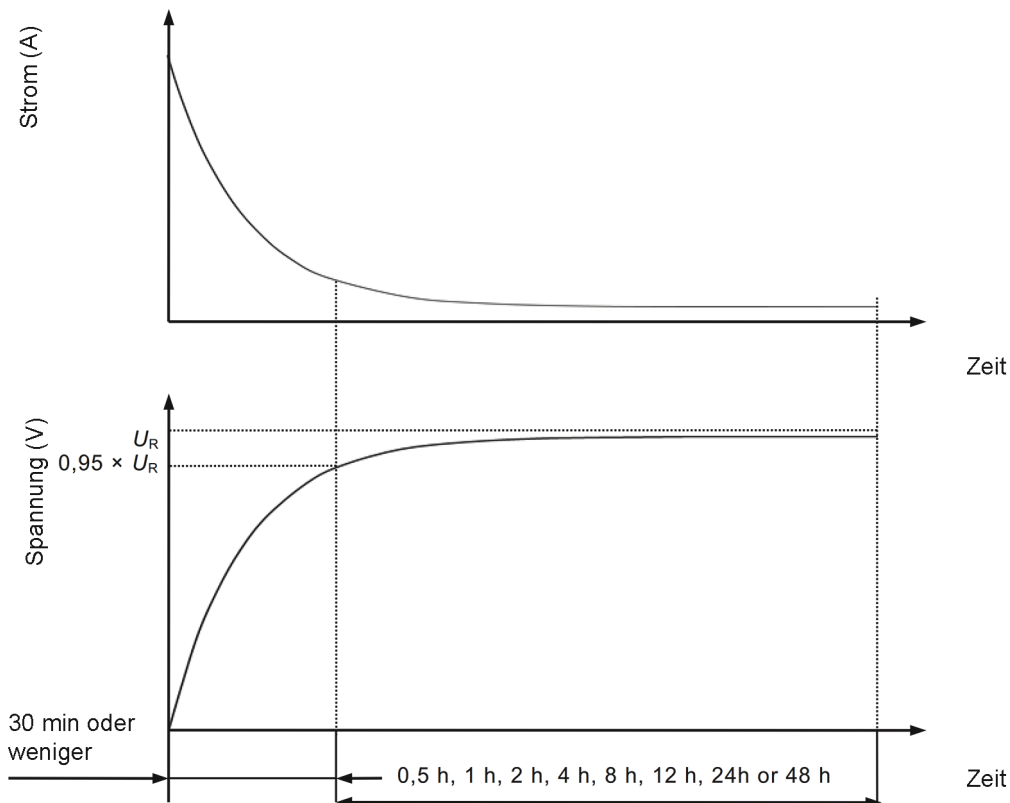


Bild 6 – Diagramm der Strom- und Spannungsänderungen zur Zeit der Reststrommessung

6.3.2 Angaben in der Bauartspezifikation

Die Bauartspezifikation muss folgende Angaben enthalten:

- Grenzwert des Reststromes bei der Bezugstemperatur von 20 °C und bei weiteren festgelegten Temperaturen;
- falls erforderlich, Korrekturfaktor für Messungen, die bei von 20 °C abweichenden Temperaturen, jedoch innerhalb des Bereiches des Normklimas für Prüfungen durchgeführt werden;
- Anschlussdauer der Spannung;
- Widerstandswert des Schutzwiderstandes, falls abweichend von 1 000 Ω;
- Entladedauer.

6.4 Erhaltungsspannung

6.4.1 Messverfahren

Das Messverfahren ist wie folgt (siehe Bild 5).

- Vor der Messung müssen die Kondensatoren vollständig entladen werden. Der Entladevorgang muss zwischen 1 h und 24 h dauern und in der Bauartspezifikation festgelegt werden.
- Die Bemessungsspannung U_R wird direkt ohne Anwendung eines Schutzwiderstandes an die Kondensatoranschlüsse angelegt. Wenn in der Bauartspezifikation nicht anders festgelegt, muss die Ladedauer 8 h betragen einschließlich einer Aufladezeit von höchstens 30 min zum Erreichen von 95 % der angelegten Spannung.
- Die Kondensatoranschlüsse werden von der Spannungsquelle getrennt. Wenn in der Bauartspezifikation nicht anders festgelegt, muss der Kondensator 16 h, 24 h, 48 h oder 96 h bei Normklima gelagert werden.
- Der Innenwiderstand des Gleichspannungsmessgerätes muss mindestens 1 MΩ betragen.

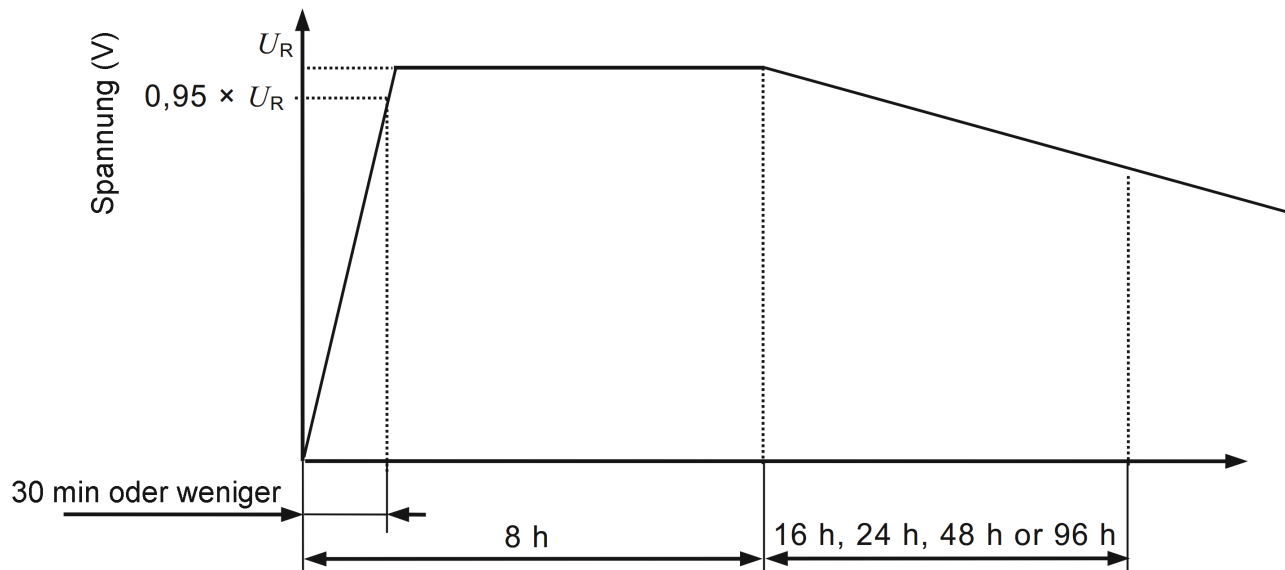


Bild 7 – Prüfungskurve der Erhaltungsspannung

6.4.2 Berechnung der Spannungserhaltungsrate

Die Spannungserhaltungsrate A muss mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$A = \frac{U_{\text{end}}}{U_R} \times 100$$

Dabei ist

- A die Spannungserhaltungsrate (%);
- U_{end} die Spannung zwischen den offenen Kondensatoranschlüssen nach Ablauf von 16 h, 24 h, 48 h oder 96 h (V);
- U_R die Bemessungsspannung (V).

6.4.3 Erforderliche Angaben in der Bauartspezifikation

Die Bauartspezifikation muss folgende Angaben enthalten:

- a) Entladedauer;
- b) anzulegende Spannung, falls abweichend von der Bemessungsspannung;
- c) Ladedauer, falls abweichend von 8 h;
- d) die Zeit zwischen dem Abklemmen des Kondensators von der Ladespannung und der Messung.

7 Mechanische Prüfungen und Messungen

7.1 Sichtprüfung und Kontrolle der Maße

7.1.1 Sichtprüfung

Zustand, Verarbeitung und Oberflächenbeschaffenheit müssen bei der Sichtprüfung zufriedenstellend sein.

Die Kennzeichnung muss bei der Sichtprüfung lesbar sein und den Anforderungen in der Bauartspezifikation entsprechen.

7.1.2 Maße (Lehrenprüfung)

Die Maße, die in der Bauartspezifikation als mit Lehren prüfbar bezeichnet werden, müssen geprüft werden und den festgelegten Werten entsprechen.

Die Messungen müssen, soweit anwendbar, nach IEC 60294 oder IEC 60717 vorgenommen werden.

7.1.3 Maße (Einzelmaße)

Alle in der Bauartspezifikation festgelegten Maße müssen geprüft werden und den festgelegten Werten entsprechen.

7.2 Widerstandsfähigkeit der Anschlüsse

7.2.1 Prüfung Ua1 – Zug

Die Kondensatoren müssen der Prüfung Ua1 nach IEC 60068-2-21, wie zutreffend, unterzogen werden.

Die anzulegende Kraft beträgt:

- für alle Anschlüsse ausgenommen Drahtanschlüsse: 20 N;
- für Drahtanschlüsse siehe Tabelle 3.

Tabelle 3 – Zugkraft

Nennquerschnitt (S) ^a mm ²	Entsprechender Durchmesser (d) bei runden Drähten mm	Kraft mit Grenzabweichung von $\pm 10 \%$ N
$S \leq 0,05$	$d \leq 0,25$	1
$0,05 < S \leq 0,1$	$0,25 < d \leq 0,35$	2,5
$0,1 < S \leq 0,2$	$0,35 < d \leq 0,5$	5
$0,2 < S \leq 0,5$	$0,5 < d \leq 0,8$	10
$0,5 < S \leq 1,2$	$0,8 < d \leq 1,25$	20
$1,2 < S$	$1,25 < d$	40

^a Bei Runddrähten, Band- oder Stiftanschlüssen entspricht der Nennquerschnitt dem berechneten Wert aus den in der Bauartspezifikation angegebenen Nennmaßen. Bei Litzendrähten ist der Nennquerschnitt zu berechnen aus der Summe der in der Bauartspezifikation angegebenen Querschnitte der Einzeldrähte des Kondensators.

7.2.2 Prüfung Ub – Biegen (bei der einen Hälfte der Anschlüsse)

Die Kondensatoren müssen der Prüfung Ub nach IEC 60068-2-21, wie zutreffend, unterzogen werden.

Verfahren 1: Zwei aufeinanderfolgende Biegungen müssen in jeder Richtung durchgeführt werden. Diese Prüfung darf nicht angewendet werden, wenn die Anschlüsse in der Bauartspezifikation als starr beschrieben werden.

7.2.3 Prüfung Uc – Verdrehen (bei der anderen Hälfte der Anschlüsse)

Die Kondensatoren müssen der Prüfung Uc nach IEC 60068-2-21, wie zutreffend, unterzogen werden.

Es muss Verfahren A, Schärfeegrad 2 (zwei aufeinanderfolgende Verdrehungen um 180°) angewendet werden.

Diese Prüfung darf nicht angewendet werden, wenn die Bauartspezifikation die Anschlüsse als nicht biegefähig bezeichnet, sowie bei Bauelementen mit einseitigen Drahtanschlüssen, die für die Verwendung auf gedruckten Schaltungen vorgesehen sind.

7.2.4 Prüfung Ud – Drehmoment (bei Anschlüssen mit Gewindebolzen oder Schraubanschlüssen und bei integrierten Befestigungsmitteln)

Die Kondensatoren müssen der Prüfung Ud nach IEC 60068-2-21, wie zutreffend, unterzogen werden.

Der anzuwendende Schärfeegrad muss in der Bauartspezifikation festgelegt werden (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4 – Drehmoment

Nenndurchmesser des Gewindes mm		2,6	3	3,5	4	5	6	8	10	12
Drehmoment Nm	Schärfeegrad 1	0,4	0,5	0,8	1,2	2,0	2,5	5	7	12
	Schärfeegrad 2	0,2	0,25	0,4	0,6	1,0	1,25	2,5	3,5	6

7.2.5 Sichtprüfung

Nach jeder dieser Prüfungen müssen die Kondensatoren einer Sichtprüfung unterzogen werden. Sie dürfen keine sichtbaren Schäden aufweisen.

7.3 Schwingen

7.3.1 Anfangsmessung

Die in der Bauartspezifikation vorgeschriebenen Messungen müssen durchgeführt werden.

7.3.2 Prüfung

Die Kondensatoren müssen der Prüfung Fc in IEC 60068-2-6 mit der Befestigungsart und dem Schärfeegrad aus der Bauartspezifikation unterzogen werden.

Wenn in der Bauartspezifikation festgelegt, müssen die Kondensatoren während der letzten 30 min der Beanspruchung in jeder Bewegungsrichtung elektrisch gemessen werden, um Wackelkontakte, Unterbrechungen oder Kurzschlüsse festzustellen.

Das Messverfahren muss in der Bauartspezifikation festgelegt werden.

Die Messdauer muss der Zeit entsprechen, die für einen Durchlauf von der höchsten zur niedrigsten Frequenz oder umgekehrt benötigt wird.

7.3.3 Endmessung und Anforderungen

Nach der Prüfung müssen die Kondensatoren einer Sichtprüfung unterzogen werden. Sie dürfen keine sichtbaren Schäden aufweisen. Wenn Kondensatoren nach 8.4.4 geprüft werden, müssen die Anforderungen in der Bauartspezifikation entsprechend dem Prüfverfahren vorgeschrieben werden.

Danach müssen die in der Bauartspezifikation vorgeschriebenen Messungen durchgeführt werden.

8 Umgebungs- und Klimaprüfungen

8.1 Rascher Temperaturwechsel

8.1.1 Anfangsmessung

Die in der Bauartspezifikation vorgeschriebenen Messungen müssen durchgeführt werden.

8.1.2 Prüfung

Die Kondensatoren müssen der Prüfung Na nach IEC 60068-2-14 unterzogen werden, wobei der in der Bauartspezifikation festgelegte Schärfegrad anzuwenden ist.

8.1.3 Endprüfung, Messungen und Anforderungen

Die Kondensatoren müssen einer Sichtprüfung unterzogen werden. Sie dürfen keine sichtbaren Schäden aufweisen.

8.2 Feuchte Wärme, konstant

8.2.1 Anfangsmessung

Die in der Bauartspezifikation vorgeschriebenen Messungen müssen durchgeführt werden.

8.2.2 Prüfung

Die Kondensatoren müssen der Prüfung Cab nach IEC 60068-2-78 mit dem in der Bauartspezifikation angegebenen Schärfegrad unterzogen werden.

8.2.3 Endmessung

Danach müssen die in der Bauartspezifikation vorgeschriebenen Messungen durchgeführt werden.

8.3 Dauerprüfung

8.3.1 Anfangsmessungen

Die in der Bauartspezifikation vorgeschriebenen Messungen müssen durchgeführt werden.

8.3.2 Prüfung

8.3.2.1 Allgemeines

Prüfung Bb nach IEC 60068-2-2:2007 muss mit folgenden Ausnahmen angewendet werden:

- Die Kondensatoren dürfen bei einer beliebigen Temperatur zwischen der Raumtemperatur und der festgelegten Prüftemperatur in die Prüfkammer eingebracht werden.
- Eine festgelegte Spannung muss während der Prüfung an den Kondensator angelegt werden, jedoch erst, wenn der Kondensator die Prüfkammertemperatur erreicht hat.

Die Kondensatoren müssen so in der Prüfkammer angeordnet werden, dass der Mindestabstand zwischen den Prüflingen 5 mm beträgt.

8.3.2.2 Prüfbedingungen

Es gelten folgende Prüfbedingungen:

- a) anzulegende Spannung: Bemessungsspannung;
- a) Prüftemperatur: obere Kategorietemperatur;
- b) Prüfdauer: 1 000 h oder wie in der Bauartspezifikation festgelegt.

8.3.3 Endprüfung, Messungen und Anforderungen

Nach der festgelegten Beanspruchungsdauer müssen die Kondensatoren auf einen Temperaturwert des Normalklimas für Prüfungen abkühlen und, falls in der Bauartspezifikation festgelegt, einer Nachbehandlung unterzogen werden.

Die Kondensatoren müssen anschließend einer Sichtprüfung unterzogen werden.

Die in der Bauartspezifikation festgelegten Messungen müssen durchgeführt werden. Ein Kondensator muss als fehlerhaft angesehen werden, wenn er während oder am Ende der Prüfung die in der Bauartspezifikation festgelegten Anforderungen nicht erfüllt.

8.4 Eigenschaften bei hoher und niedriger Temperatur

8.4.1 Allgemeines

Die Kondensatoren müssen den Prüfungen „Trockene Wärme“ (nach 8.4.3) und „Kälte“ (nach 8.4.4) mit den folgenden Einzelheiten unterzogen werden.

8.4.2 Prüfverfahren

Der Schärfegrad für diese Prüfungen muss der gleiche wie für die Prüfungen „Trockene Wärme“ und „Kälte“ sein. Die Bauartspezifikation darf Zwischentemperaturen vorschreiben.

Die in der Bauartspezifikation vorgeschriebenen Messungen müssen durchgeführt werden.

8.4.3 Trockene Wärme

Die Kondensatoren müssen der Prüfung Bb nach IEC 60068-2-2 entweder für 2 h oder mehr nachdem das Wärmegleichgewicht erreicht wurde oder nach den Festlegungen der Bauartspezifikation (siehe Anhang C) mit dem Schärfegrad für die obere Kategorietemperatur unterzogen werden.

Unmittelbar vor Ende der Temperaturbeanspruchung und noch bei der festgelegten hohen Temperatur müssen die in der Bauartspezifikation vorgeschriebenen Messungen durchgeführt werden.

8.4.4 Kälte

Die Kondensatoren müssen der Prüfung Bb nach IEC 60068-2-1 entweder für 2 h oder mehr nachdem das Wärmegleichgewicht erreicht wurde oder nach den Festlegungen der Bauartspezifikation (siehe Anhang C) mit dem Schärfegrad für die untere Kategorietemperatur unterzogen werden.

Unmittelbar vor Ende der Temperaturbeanspruchung und noch bei der festgelegten niedrigen Temperatur müssen die in der Bauartspezifikation vorgeschriebenen Messungen durchgeführt werden.

8.4.5 Endmessung und Anforderungen

Die Kondensatoren dürfen die in der Bauartspezifikation vorgeschriebenen Grenzwerte nicht überschreiten.

9 Prüfungen bezüglich der Bauelementmontage

9.1 Lötwärmebeständigkeit

9.1.1 Vorbehandlung und Anfangsmessung

Wenn in der Bauartspezifikation verlangt, müssen die Kondensatoren nach dem in 5.3 beschriebenen Verfahren getrocknet werden.

Die Kondensatoren müssen nach den Angaben der Bauartspezifikation gemessen werden.

9.1.2 Prüfung

Wenn in der Bauartspezifikation nicht anders festgelegt, muss eine der folgenden Prüfungen, wie in der Bauartspezifikation angegeben, angewendet werden.

Die Prüfbedingungen müssen in der Bauartspezifikation festgelegt werden.

- a) Für alle Kondensatoren, außer den unter b) und c) genannten: IEC 60068-2-20, Prüfung Tb, Verfahren 1 (Lötbad).
- b) Für Kondensatoren, die nach der Bauartspezifikation nicht für die Verwendung auf Leiterplatten bestimmt, aber mit Anschlüssen für das Löten versehen sind:
 - 1) IEC 60068-2-20, Prüfung Tb, Verfahren 1 (Lötbad);
 - 2) IEC 60068-2-20, Prüfung Tb, Verfahren 2 (LötKolben).
- c) Für oberflächenmontierbare Kondensatoren: IEC 60068-2-58, Verfahren 2 (Aufschmelzlöten) oder Verfahren 1 (Lötbad).

9.1.3 Nachbehandlung

Wenn in der Bauartspezifikation nicht anders festgelegt, muss die Dauer der Nachbehandlung 2 h oder mehr betragen (siehe Anhang C).

9.1.4 Endprüfung, Messungen und Anforderungen

Für alle Kondensatoren, mit Ausnahme von oberflächenmontierbaren Kondensatoren, muss Folgendes gelten:

- Nach der Prüfung müssen die Kondensatoren einer Sichtprüfung unterzogen werden.
- Es dürfen keine Schäden sichtbar und die Kennzeichnung muss lesbar sein.
- Die Kondensatoren müssen dann nach den Angaben der Bauartspezifikation gemessen werden und die Anforderungen erfüllen.

Oberflächenmontierbare Kondensatoren müssen einer Sichtprüfung unterzogen und gemessen werden; sie müssen die in der Bauartspezifikation festgelegten Anforderungen erfüllen.

9.2 Lötbarkeit

9.2.1 Allgemeines

Diese Prüfung darf nicht bei Anschlüssen angewendet werden, die nach der Bauartspezifikation nicht für das Löten vorgesehen sind.

9.2.2 Vorbehandlung

Die Bauartspezifikation muss festlegen, ob eine Alterung durchgeführt werden muss. Wenn eine beschleunigte Alterung gefordert wird, muss eines der Alterungsverfahren nach IEC 60068-2-20 angewendet werden.

Wenn in der Bauartspezifikation nicht anders angegeben, muss die Prüfung mit nicht aktiviertem Flussmittel durchgeführt werden.

9.2.3 Kondensatoren mit Anschlussdrähten

9.2.3.1 Allgemeines

Die Kondensatoren müssen nach IEC 60068-2-20, Prüfung Ta, entweder nach dem Lötbadverfahren (Verfahren 1) oder nach dem Verfahren mit LötKolben (Verfahren 2), wie in der Bauartspezifikation festgelegt, geprüft werden.

Wenn das Lötbadverfahren (Verfahren 1) festgelegt ist, gelten die folgenden Bedingungen.

9.2.3.2 Prüfbedingungen

Wenn in der Bauartspezifikation nicht anders festgelegt, muss eine der folgenden Prüfungen, wie in der Bauartspezifikation angegeben, angewendet werden.

Die Prüfbedingungen müssen in der Bauartspezifikation festgelegt werden.

a) Für alle Kondensatoren, außer den unter b) genannten:

- 1) IEC 60068-2-20, Prüfung Ta, Verfahren 1 (Lötbad).

Eintauchtiefe (ab Auflagefläche oder Bauelementekörper): $2_{-0,5}^0$ mm mit $(1,5 \pm 0,5)$ mm dickem Wärmeschirm;

- 2) IEC 60068-2-20, Prüfung Ta, Verfahren 2 (LötKolben);
- 3) IEC 60068-2-69, Lötbad-Benetzungswaagenverfahren.

ANMERKUNG IEC 60068-2-69 ist nur dann anzuwenden, wenn dies in der Bauartspezifikation festgelegt ist oder zwischen Hersteller und Kunde vereinbart wurde.

b) Für Kondensatoren, die nach der Bauartspezifikation nicht für die Verwendung auf Leiterplatten bestimmt, aber mit Anschlüssen für das Löten versehen sind:

- 1) IEC 60068-2-20, Prüfung Ta, Verfahren 1 (Lötbad);

Eintauchtiefe (ab Auflagefläche oder Bauelementekörper): $3,5_{-0,5}^0$ mm;

- 2) IEC 60068-2-20, Prüfung Ta, Verfahren 2 (LötKolben).

9.2.3.3 Endprüfung, Messungen und Anforderungen

Die Anschlüsse müssen auf gute Verzinnung geprüft werden, gekennzeichnet durch freies Fließen des Lots mit Benetzen der Anschlüsse.

9.2.4 Oberflächenmontierbare Kondensatoren

9.2.4.1 Allgemeines

Oberflächenmontierbare Kondensatoren müssen der Prüfung Td nach IEC 60068-2-58 unterzogen werden. Die Bauartspezifikation muss den Schärfegrad und die Anordnung für das Be- und Entnetzen oder die Widerstandsfähigkeit gegenüber Auflösen der Metallisierung festlegen.

Die Bauartspezifikation muss auch die speziellen Flächen des Prüflings festlegen, die nach dem Benetzen zu untersuchen sind.

9.2.4.2 Endprüfung, Messungen und Anforderungen

Die oberflächenmontierbaren Kondensatoren müssen die in der Bauartspezifikation festgelegten Anforderungen erfüllen.

9.3 Lösemittelbeständigkeit des Bauelements

9.3.1 Anfangsmessungen

Die in der Bauartspezifikation vorgeschriebenen Messungen müssen durchgeführt werden.

9.3.2 Prüfung

Die Bauelemente müssen der Prüfung XA nach IEC 60068-2-45 mit folgenden Einzelheiten unterzogen werden:

- a) zu verwendendes Lösemittel: 2-Propanol (IEC 60068-2-45:1980/AMD1:1993, 3.1.2);
- b) Lösemitteltemperatur: $23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, falls in der Bauartspezifikation nicht anders festgelegt;
- c) Beanspruchung: Verfahren 2 (ohne Reiben);
- d) Nachbehandlungsdauer: 2 h oder länger (siehe Anhang C), soweit in der Bauartspezifikation nicht anders festgelegt.

9.3.3 Anforderungen

Anschließend müssen die in der Bauartspezifikation vorgeschriebenen Messungen durchgeführt werden. Die festgelegten Anforderungen müssen erfüllt sein.

9.4 Lösemittelbeständigkeit der Kennzeichnung

9.4.1 Prüfung

Die Bauelemente müssen der Prüfung XA nach IEC 60068-2-45 mit folgenden Einzelheiten unterzogen werden:

- a) zu verwendendes Lösemittel: 2-Propanol (IEC 60068-2-45:1980/AMD1:1993, 3.1.2);
- b) Lösemitteltemperatur: $23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$;
- c) Prüfbeanspruchung: Verfahren 1 (mit Reiben);
- d) Reibwerkstoff: Watte;
- e) Nachbehandlungszeit: Nicht anwendbar, sofern in der Bauartspezifikation nicht anders festgelegt.

9.4.2 Anforderungen

Nach der Prüfung muss die Kennzeichnung lesbar sein.

10 Sicherheitsrelevante Prüfungen

10.1 Passive Entflammbarkeit

10.1.1 Prüfverfahren

Die Kondensatoren müssen nach folgendem Verfahren geprüft werden.

- a) Die Prüfung muss entsprechend IEC 60695-11-5 durchgeführt werden.
- b) Der zu prüfende Kondensator muss in einer Position in die Flamme gehalten werden, die das Entflammen am stärksten begünstigt (ist diese Position nicht in der Bauartspezifikation angegeben, muss sie durch Vorversuche ermittelt werden). Jeder Prüfling darf nur einmal der Flamme ausgesetzt werden.
- c) Es müssen die kleinste, eine mittlere (bei mehr als vier Gehäusegrößen) und die größte Gehäusegröße geprüft werden. Von jeder Gehäusegröße müssen je 3 Prüflinge mit dem größten und kleinsten Kapazitätswert geprüft werden, insgesamt 6 Prüflinge je Gehäusegröße.

Zur Dauer der Flammeneinwirkung und zur Brenndauer siehe Tabelle 5. Die Bauartspezifikation muss, falls zutreffend, die Kategorie der passiven Entflammbarkeit angeben.

10.1.2 Anforderungen

Die Brenndauer für jeden Prüfling darf die in Tabelle 5 angegebene Zeit nicht überschreiten.

Brennende Tropfen oder glühende Teile, die herunterfallen, dürfen das unterliegende Papiertuch nicht entzünden.

Tabelle 5 – Schärfegrade und Anforderungen

Entflammbarkeitskategorie	Schärfegrade				Höchstzulässige Brenndauer s
	Einwirkungsdauer der Flamme, in Sekunden, für Kondensatoren der Volumenbereiche ^a				
	mm ³				
	Volumen ≤ 250	250 < Volumen ≤ 500	500 < Volumen ≤ 1 750	1 750 < Volumen ≤ 12 000	
A	15	30	60	120	3
B	10	20	30	60	10
C	5	10	20	30	30

^a Kondensatoren mit Volumina von mehr als 12 000 mm³ können nach IEC 60695-2-11 (Prüftemperatur 750 °C) geprüft werden,eine Entflammbarkeitsprüfung des Kondensators ist nicht erforderlich, wenn selbst verlöschende Werkstoffe mit einer Glühdrahtentflammbarkeitszahl (GWFI, en: Glow-Wire Flammability Index) von 750 °C oder entsprechend der Festlegungen in der Einzelbestimmung verwendet werden.

10.2 Druckentlastung (soweit zutreffend)

10.2.1 Prüfung

Soweit in der Bauartspezifikation nicht anders festgelegt, muss eine Gleichspannung mit einer für die Erzeugung einer Stromstärke von mindestens 10 mA/F erforderlichen Amplitude an den Kondensator in Vorwärtsrichtung angelegt werden.

10.2.2 Anforderungen

Die Druckentlastungseinrichtung muss so öffnen, dass eine Explosions- oder Brandgefahr vermieden wird.

11 Qualitätsbewertungsverfahren

Siehe Anhang Q.

Anhang A (normativ)

Klassifizierung nach Kapazität und Innenwiderstand

A.1 Allgemeines

Dieser Anhang beschreibt die Klassifizierung von Kondensatoren nach ihrem Kapazitäts- und Innenwiderstandswert in Abhängigkeit von der Anwendung.

A.2 Klassifizierung nach Kapazität und Innenwiderstand

Die Messungen der Kapazität und des Innenwiderstandes nach dem Konstantstrom-Entladeverfahren bzw. dem Gleichstrom-Widerstandsverfahren erfordern längere Messzeiten, die von den Bemessungswerten des Erzeugnisses abhängen, vorausgesetzt, die Messbedingungen sind mit dem Genauigkeitsgrad dieser Messverfahren genormt. Deshalb ist es notwendig, effiziente Messbedingungen auszuwählen. Aus diesem Grund wurde die folgende Anwendungsklassifizierung entwickelt, die vier Messbedingungen vorsieht (siehe Bild A.1).

In der Zwischenzeit wurde darauf hingewiesen, dass die gleiche Bedingung für den Entladestrom für die Kapazität und den Innenwiderstand bei jeder Anwendung der fünf Klassen geeignet sein kann. Die Klassifizierung wurde jedoch hinsichtlich der Messunsicherheit vorgenommen. Es ist zu beachten, dass die gleichen Messbedingungen für die Kapazität und den Innenwiderstand für den Bereich der Kondensatoren angewendet werden dürfen, bei denen offensichtlich genaue Messungen erfolgen können.

Klasse 1 (Erhalt von Speichern)

Diese Klasse ist für Kondensatoren geeignet, die hauptsächlich für den Datenerhalt von RAM-Speichern verwendet werden, wobei die Entladeströme im Bereich von nA bis μ A liegen. Die Kennwerte der Kondensatoren für diese Anwendung sind eine relativ geringe Kapazität und ein hoher Innenwiderstand.

Klasse 2 (Energiespeicherung)

Diese Klasse ist für Energiespeicherkondensatoren geeignet, die hauptsächlich im Langzeitbetrieb arbeiten und Entladeströme im Bereich von mA bis A erfordern. Die Kennwerte der Kondensatoren für diese Anwendung sind hohe Kapazitäten ohne Berücksichtigung des Innenwiderstandes. Die Innenwiderstände, die bei dieser Klasse vorliegen, sind höher als bei den Leistungsanwendungen nach Klasse 3.

Klasse 3 (Leistungsanwendungen)

Diese Klasse ist für Kondensatoren geeignet, die hauptsächlich für Antriebsmotoren eingesetzt werden, von denen eine Leistung mit Entladeströmen gefordert wird, die im Bereich von mA bis A liegen. Die Kennwerte der Kondensatoren für diese Anwendung sind eine relativ hohe Kapazität und ein niedriger Innenwiderstand.

Klasse 4 (Momentanleistung)

Diese Klasse ist für Anwendungen geeignet, bei denen selbst bei einer kurzen Betriebsdauer eine Momentanleistung (relativ hoher Strom) gefordert ist. Die Kennwerte der Kondensatoren für diese Anwendung sind eine relativ geringe Kapazität und ein geringer Innenwiderstand.

Klasse 5 (Hochleistung)

Diese Klasse ist für Anwendungen (d. h. Automobil- und Eisenbahnanwendungen) geeignet, bei denen eine hohe Leistung (relativ hoher Strom) mit einer großen Anzahl an Lade-/Entladezyklen gefordert ist. Die Kondensatoren für diese Anwendung haben im Vergleich zu den Kondensatoren der Klasse 3 einen höheren Kapazitätswert und einen niedrigeren Innenwiderstandswert.

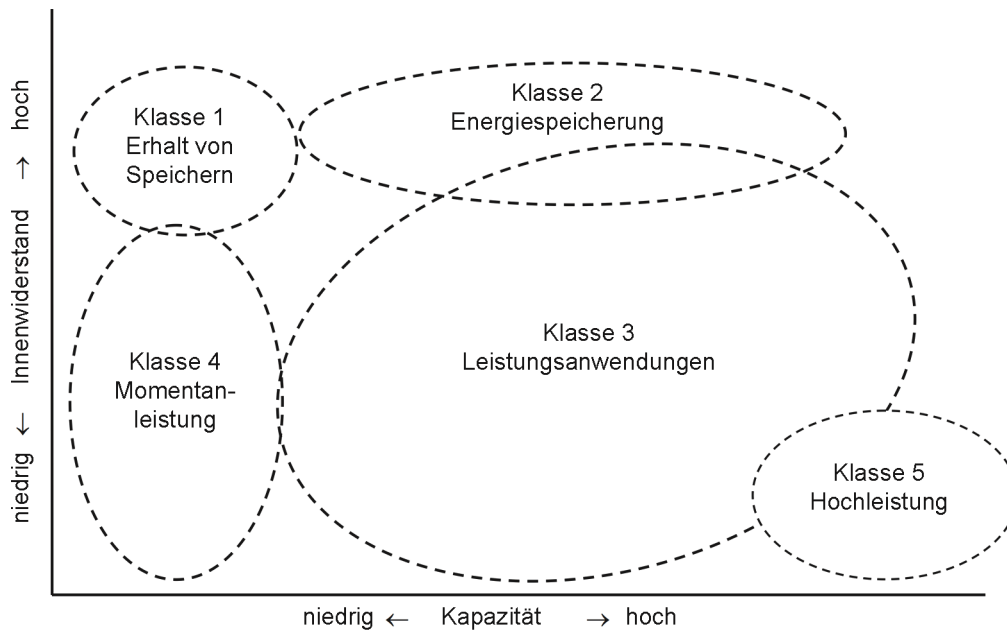


Bild A.1 – Konzeptionelle, an den Kennwerten der einzelnen Klassen orientierte Darstellung

Sofern in den Bauartspezifikationen nicht anders festgelegt, sollten die elektrischen Betriebskenngrößen und die Messverfahren aus Tabelle A.1 nach den vorstehend angegebenen anwendungsbezogenen Klassen ausgewählt werden.

Tabelle A.1 – Elektrische Betriebskenngrößen und Messverfahren nach der Klasse

Messgrößen und -bedingungen		Nr. des Unterabschnitts	Klasse				
			Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Kapazität	Entladeverfahren mit Konstantstrom 1A	6.1.4.2	A	A	A	A	C
	Entladeverfahren mit Konstantstrom 1B	6.1.4.3	C	C	B	B	A
	Ladeverfahren mit konstantem Widerstand	6.2.1	B	B	B	B	C
Innenwiderstand	Gleichstrom-Widerstandsverfahren 1A	6.2.2	C	A	A	A	C
	Gleichstrom-Widerstandsverfahren 1B	6.1.5.3	C	B	B	B	A
	Wechselstrom-Widerstandsverfahren	6.2.2	A	B	B	B	C

Messgrößen und -bedingungen	Nr. des Unterab- schnitts	Klasse				
		Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Reststrom	6.3	C	C	C	C	C
Erhaltungsspannung	6.4	A	C	C	C	C
<p>Auswahlklassifizierung A: ist als Norm anzuwenden;</p> <p>B: ist als vereinfachtes Verfahren anzuwenden;</p> <p>C: ist bei Bedarf anzuwenden.</p> <p>Die Auswahlklassifizierung muss in der Bauartspezifikation festgelegt werden. Zur Kapazität siehe Anhang B.</p>						