

DIN EN 61189-5-503

ICS 31.180

Einsprüche bis 2016-03-08

Entwurf

**Prüfverfahren für Elektromaterialien, Leiterplatten und andere Verbindungsstrukturen und Baugruppen –
Teil 5-503: Allgemeine Prüfverfahren für Materialien und Baugruppen –
Leitfähige anodische Fasern (CAF), Prüfung für Leiterplatten
(IEC 91/1307/CD:2015)**

Test methods for electrical materials, printed boards and other interconnection structures and assemblies –

Part 5-503: General test methods for materials and assemblies –

Conductive Anodic Filaments (CAF) testing of circuit boards

(IEC 91/1307/CD:2015)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-01-08 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de 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/stellungnahme 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 45 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Prüfbedingungen	7
4.1 Normalklima.....	7
4.2 Referenzbedingungen	7
5 Prüflinge	8
5.1 Kurze Darlegung der CAF-Prüfmusterkonstruktion.....	8
5.1.1 Bewertungskonstruktion für die Glasgewebefaserrichtung.....	8
5.1.2 Konstruktion von metallisierten Löchern	9
5.2 CAF-Prüfleiterplatte	10
5.2.1 Beispiel A.....	10
5.2.2 Beispiel B.....	11
5.3 Anzahl der Prüflinge	13
6 Einrichtungen/Geräte oder Materialien.....	13
6.1 Klimaprüfkammer	13
6.2 Messeinrichtung	13
6.3 Spannungsversorgung	14
6.4 Strombegrenzende Widerstände.....	14
6.5 Anschlussleitung.....	14
6.6 Weitere zugehörige Vorrichtungen.....	14
7 Widerstandsmessverfahren.....	14
7.1 Manuelles Messverfahren für den Isolationswiderstand	14
7.2 Automatisches Messverfahren für den Isolationswiderstand.....	15
8 Prüfverfahren.....	16
8.1 Auswahl des Prüfverfahrens	16
8.2 Prüfung bei konstanter Temperatur und Luftfeuchte.....	16
8.2.1 Zweck	16
8.2.2 Prüfbedingungen	16
8.3 Zyklische Temperatur-Feuchte-Prüfung (12 h + 12 h)	17
8.3.1 Zweck	17
8.3.2 Prüfbedingungen	17
8.3.3 Anzahl der Prüfzyklen	17
8.4 Zyklische Temperatur-Feuchte-Prüfung mit und ohne Belastung bei niedriger Temperatur	17
8.4.1 Zweck	17
8.4.2 Prüfbedingungen	17
8.5 Prüfung bei konstanter hoher Temperatur und Luftfeuchte (ungesättigter Druckdampf)	18

	Seite
8.5.1 Zweck	18
8.5.2 Prüfbedingungen	18
8.6 Zyklische Betauungsprüfung	18
8.6.1 Zweck	18
8.6.2 Darstellung der Prüfbedingungen	18
8.6.3 Prüfbedingungen	20
9 Verfahrensweise	20
9.1 Vorbereitung der Prüflinge	20
9.1.1 Kennzeichnung der Prüflinge	20
9.1.2 Vorprüfung auf Unterbrechungen und Kurzschlüsse	20
9.1.3 Reinigung	20
9.1.4 Anschlussleitung	21
9.1.5 Reinigung nach der Befestigung	21
9.1.6 Trocknung	21
9.2 Vorbehandlung	21
9.3 Prüfverfahren	21
9.3.1 Anordnung der Prüflinge	21
9.3.2 Prüfspannung und Messspannung	21
9.3.3 Temperatur- und Feuchtebedingungen zu Beginn der Prüfung bei Anlegen der Prüfspannung	22
9.3.4 Messung	22
9.3.5 Verfahren bei Unterbrechung der Prüfung	23
9.3.6 Ende der Prüfung	23
9.4 Sichtprüfung	23
9.4.1 Formen der elektrochemischen Migration	23
Anhang A (informativ) Formen der elektrochemischen Migration	24
A.1 Beispiel einer dendritenförmigen Migration	24
A.2 CAF (Beispiel der elektrochemischen Migration entlang der Glasfaser)	24
Literaturhinweise	25
Bilder	
Bild 1 – Schematische Darstellung eines linearen Prüfkamms mit möglicher Ausfallstelle	8
Bild 2 – Schematische Darstellung eines versetzten Prüfkamms mit möglicher Ausfallstelle	9
Bild 3 – Manhattan-Abstand	9
Bild 4 – Schematischer Querschnitt eines Durchkontaktierungspaares mit angelegter Vorspannung	10
Bild 5 – Beispiel für die Konstruktion mit Anschlussflächen der Durchkontaktierung und Leiterbildern auf Innenlagen	10
Bild 6 – Beispiel für die Konstruktion ohne Anschlussflächen der Durchkontaktierung und mit Leiterbildern auf Innenlagen	10
Bild 7 – Prüfbild zur Isolationsbewertung für Durchgangslöcher und Durchkontaktierungen	11
Bild 8 – Gestaltung der beiden CAF-Prüfleiterplattenausführungen	12

	Seite
Bild 9 – Messung mit Isolationswiderstandsmessgerät (Beispiel für die Messung in der Prüfkammer)	15
Bild 10 – Prüftemperaturprofil	19
Bild 11 – Temperatur und Luftfeuchte in einer Prüfung	22
Bild A.1 – Beispiel einer dendritenförmigen Migration auf der Leiterplattenoberfläche	24
Bild A.2 – CAF-Beispiel	24
Tabellen	
Tabelle 1 – Maße des Prüfbildes zur Isolationsbewertung für Durchgangslöcher	11
Tabelle 2 – Konstruktionsregeln für die Prüfstrukturen A1 bis A4	12
Tabelle 3 – Konstruktionsregeln für die Prüfstrukturen B1 bis B4	13
Tabelle 4 – Ungefähre Anzahl der erforderlichen Prüflinge in Abhängigkeit vom Prüfzweck	13
Tabelle 5 – Prüfbedingungen	16
Tabelle 6 – Anzahl der Prüfzyklen	17
Tabelle 7 – Prüfbedingungen	17
Tabelle 8 – Prüfbedingungen (IEC 60068-2-66)	18
Tabelle 9 – Prüfbedingungen für die zyklische Betauung	20

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 91/1307/CD:2015 „Test methods for electrical materials, printed boards and other interconnection structures and assemblies – Part 5-503: General test methods for materials and assemblies – Conductive Anodic Filaments (CAF) testing of circuit boards“ (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 91 „Electronics assembly technology“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die 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 prEN nur 2 Monate 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 K 682 „Montageverfahren für elektronische Baugruppen“ 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. ISO [und/oder] IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

**Prüfverfahren für Elektromaterialien, Leiterplatten und andere
Verbindungsstrukturen und Baugruppen –
Teil 5-503: Allgemeine Prüfverfahren für Materialien und Baugruppen –
Leitfähige anodische Fasern (CAF), Prüfung für Leiterplatten**

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm beschreibt die leitfähige anodische Faser (nachfolgend als CAF bezeichnet) und legt nicht nur die Prüfung bei konstanter Temperatur und Luftfeuchte, sondern auch die zyklische Temperatur-Feuchte-Prüfung, die Prüfung mit ungesättigtem Druckdampf (allgemein als HAST – Highly Accelerated temperature and humidity Stress Test – bezeichnet) und die zyklische Betauungsprüfung fest.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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 60068-1, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60068-3-4, *Environmental testing – Part 3-4: Supporting documentation and guidance – Damp heat tests*

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

IEC 60068-2-38, *Environmental testing – Part 2-38: Tests – Test Z/AD: Composite temperature/humidity cyclic test*

IEC 60068-2-66, *Environmental testing – Part 2: Test methods – Test Cx: Damp heat, steady state (unsaturated pressurized vapour)*

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

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

IEC 60194, *Printed board design, manufacture and assembly – Terms and definitions*

IPC-TM-650 No.2.6.14, *Electrochemical Migration resistance Test*

IPC-TM-650 No.2.6.25, *Conductive Anodic Filament (CAF) Test: X-Y Axis*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60194 und IEC 60068-1 sowie die folgenden Begriffe.

3.1

elektrochemische Migration

Phänomen, bei dem die Isolationseigenschaften zwischen den Leitern in feuchter Umgebung und bei angelegter Spannung zwischen den Leitern einer Leiterplatte infolge der elektrochemischen Elution von Ionen aus dem Leiter beeinträchtigt werden; außerdem tragen ionische Verunreinigungen in der Isolierung zur Isolationsbeeinträchtigung bei

Anmerkung 1 zum Begriff: Elektrochemische Migration kann die Form eines Dendriten (3.2) oder einer leitfähigen anodischen Faser (3.3) annehmen.

3.2

Dendrit

Metallmigration, die als Verästelungs- oder baumartige Struktur auf der Oberfläche, der Grenzfläche zwischen den Lagen usw. einer Leiterplatte beobachtet werden kann

3.3

leitfähige anodische Faser

CAF (Conductive Anodic Filament)

Migration, die entlang des Einzelfadens eines verstärkenden Materials wie Glasgewebe in einem Innenlagenteil einer Leiterplatte auftritt

3.4

Temperatur-Feuchte-Prüfung mit hochbeschleunigter Wirkung

HAST (Highly Accelerated temperature and humidity Stress Test)

Belastungsprüfung entsprechend der Prüfung mit ungesättigtem Druckdampf; siehe IEC 60068-2-66

Begriffe zu Bewertung und Messung

3.4.1

automatische Messung

Messung zur fortlaufenden oder festgelegten periodischen Erfassung von Prüfdaten unter Verwendung eines automatischen Messsystems ohne Bediener

3.4.2

manuelle Messung

Messung zur festgelegten periodischen Erfassung von Prüfdaten unter Verwendung eines Messgerätes durch einen Bediener

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Messung des Prüflings kann innerhalb oder außerhalb der Prüfkammer durchgeführt werden.

3.4.3

Prüfspannung

Spannung, mit der ein Prüfling in der Prüfumgebung belastet wird

3.4.4

Messspannung

an den Prüfling angelegte Spannung zur Messung des Isolationswiderstands

4 Prüfbedingungen

4.1 Normalklima

Die Messungen werden bei Normalklima nach IEC 60068-1, 5.3.1, durchgeführt.

Wenn Unstimmigkeiten hinsichtlich der Bewertung bei Normalklima auftreten oder wenn ausdrücklich verlangt, gelten die Referenzbedingungen nach 4.2.

Wenn sich keine Zweifel hinsichtlich der Bewertung ergeben und falls es schwierig ist, die Messungen bei Normalklima durchzuführen, oder wenn in Einzelspezifikationen festgelegt, dürfen die Messungen unter anderen Bedingungen als bei Normalklima durchgeführt werden.

4.2 Referenzbedingungen

Als Bezugsklima gilt das Normalklima für Messungen nach IEC 60068-1, 6.2.

5 Prüflinge

5.1 Kurze Darlegung der CAF-Prüfmusterkonstruktion

5.1.1 Bewertungskonstruktion für die Glasgewebefaserrichtung

Die linearen Prüfkämme umfassen mehrere abwechselnd mit der positiven und der negativen Elektrode verbundene Reihen von Durchkontaktierungen mit an den Kamm angelegter Spannung. Sie stellen die häufigsten Ausfallstellen dar, an denen CAFs auftreten können: zwischen den Wänden der Durchkontaktierungen. Die Durchkontaktierungen sind linear zueinander und entsprechend der Faserausrichtung der Glasgewebeverstärkung angeordnet. Die Stelle mit dem kleinsten Abstand zwischen einem Durchkontaktierungspaar ist die wahrscheinlichste Stelle für ein CAF-Wachstum (Beispiel in Bild 1 hervorgehoben). Die schwarzen Punkte stellen die Bohrungen dar, und die zu den Durchkontaktierungen gehörenden Kupfer-Anschlussflächen sind in Orange abgebildet.

Der Aufbau eines versetzten Prüfkamms gleicht dem der linearen Kämme, jedoch sind die Durchkontaktierungspaare mit einem Versatz von 45° angeordnet. Das bedeutet, dass der wahrscheinlichste Weg für ein mögliches CAF-Wachstum länger ist, da die Ausrichtung der Glasfasern ein Wachstum nur in horizontaler und vertikaler Richtung erlaubt (wie in Bild 2 durch die weißen Ellipsen dargestellt).

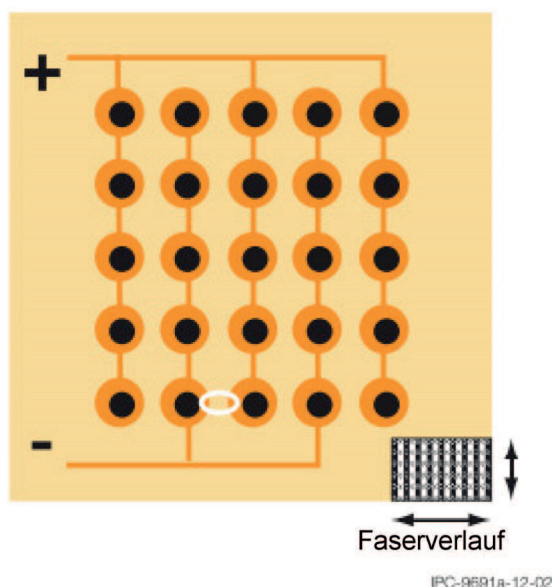


Bild 1 – Schematische Darstellung eines linearen Prüfkamms mit möglicher Ausfallstelle

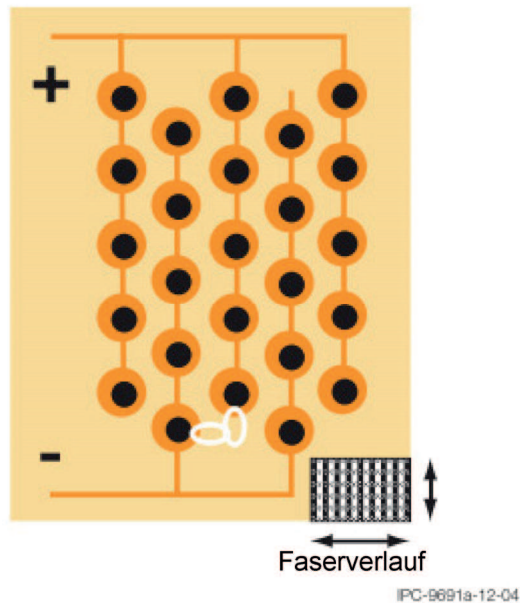


Bild 2 – Schematische Darstellung eines versetzten Prüfkamms mit möglicher Ausfallstelle

Der „Manhattan“-Abstand ist der kürzeste orthogonale Abstand längs der X- und/oder Y-Achsenlinie zwischen benachbarten Bohrungen (entspricht der orthogonalen Struktur der Glasfasergewebeverstärkung des Laminatmaterials (siehe Bild 3).

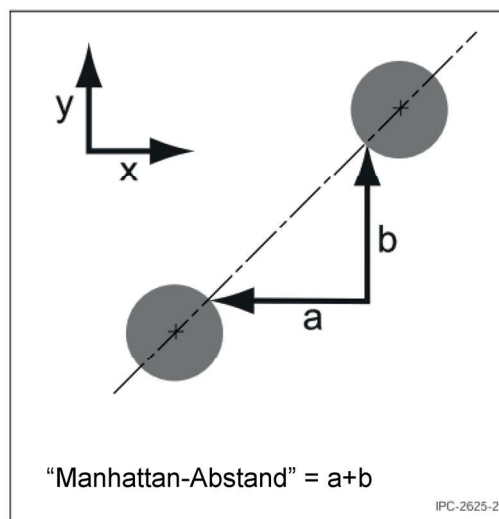


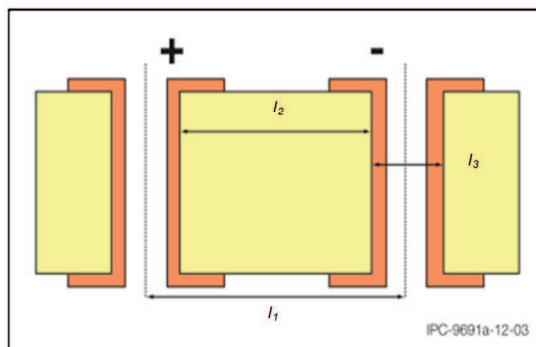
Bild 3 – Manhattan-Abstand

5.1.2 Konstruktion von metallisierten Löchern

a) Ohne Leiterbilder auf den Innenlagen

Ein Beispiel für die Konstruktion von metallisierten Löchern ohne Leiterbilder auf den Innenlagen ist in Bild 4 dargestellt, das den schematischen Querschnitt eines Durchkontaktierungspaares zeigt.

ANMERKUNG Der Abstand gilt ab der Kupfermetallisierungskante. Die Dicke der Kupfermetallisierung auf der Lochwand beträgt etwa 50 µm je Seite.

**Legende**

1. Rasterabstand der Durchkontaktierungen (l_1)
2. Abstand zwischen den Durchkontaktierungen (l_2)
3. Durchmesser der Durchkontaktierung (l_3)

Bild 4 – Schematischer Querschnitt eines Durchkontaktierungspaares mit angelegter Vorspannung

b) Mit Leiterbildern auf den Innenlagen

Es gibt zwei Konstruktionen: zum einen die Konstruktion mit Anschlussflächen der Durchkontaktierung und Leiterbildern auf Innenlagen nach Bild 5, zum anderen die Konstruktion ohne Anschlussflächen der Durchkontaktierung und mit Leiterbildern auf Innenlagen nach Bild 6.

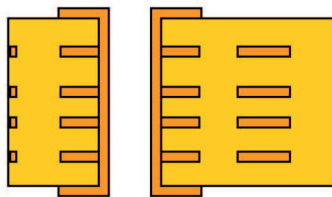


Bild 5 – Beispiel für die Konstruktion mit Anschlussflächen der Durchkontaktierung und Leiterbildern auf Innenlagen

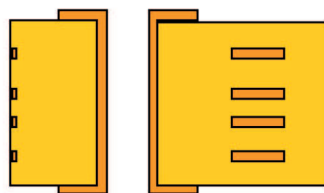
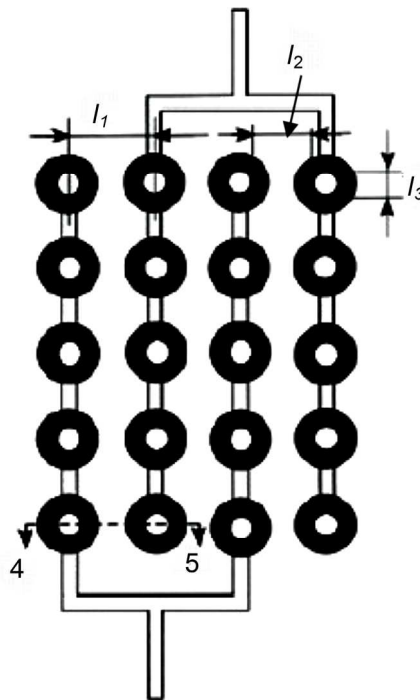


Bild 6 – Beispiel für die Konstruktion ohne Anschlussflächen der Durchkontaktierung und mit Leiterbildern auf Innenlagen

5.2 CAF-Prüfleiterplatte

5.2.1 Beispiel A

Diese Konstruktion basiert auf 5.1. Die Bewertung der Isolation zwischen den Durchgangslöchern erfolgt anhand des gitterartigen Prüfbildes von Durchgangslöchern nach Bild 7. Der Durchmesser der Löcher wird konstant gehalten. Die Lochmaße sind in Tabelle 1 festgelegt. Das Prüfbild sollte mehr als fünf Löcher je Reihe aufweisen. Die Anzahl ist zwischen dem Anwender und dem betreffenden Lieferanten zu vereinbaren.



Legende

1. Rasterabstand der Durchkontaktierungen (l_1)
2. Abstand zwischen den Durchkontaktierungen (l_2)
3. Durchmesser der Durchkontaktierung (l_3)
4. Querschnitt 4-5

Bild 7 – Prüfbild zur Isolationsbewertung für Durchgangslöcher und Durchkontaktierungen

Tabelle 1 – Maße des Prüfbildes zur Isolationsbewertung für Durchgangslöcher

Durchmesser der Durchkontaktierung (l_3) (μm)	300					
Abstand zwischen den Durchkontaktierungen (l_2) (μm)	150	200	250	300	350	400
Rasterabstand der Durchkontaktierungen (l_1) (μm)	450	500	550	600	650	700
Prüfbildanordnung	n Löcher $\times$ 4 Reihen ($n: \geq 5$)					

5.2.2 Beispiel B

Die Prüfleiterplatten IPC-9253 und IPC-9254 umfassen 10 Lagen, und ihre Abmessungen betragen etwa 125 mm $\times$ 175 mm. Die Konstruktion der Prüfleiterplatten zur Bewertung der CAF-Beständigkeit muss für die metallisierten Löcher unterschiedliche Abstände von Bohrungswand zu Bohrungswand vorsehen. Diese Abstände können von 0,15 mm bei wechselnden Laminatwerkstoffen mit zu erwartender sehr hoher CAF-Beständigkeit und minimalem Kupfer-Dochteffekt im metallisierten Loch bis hin zu 0,89 mm für die Bewertung von Steckverbinderanwendungen betragen. Zur Sicherstellung der entsprechenden Abstände sind in der Fertigungszeichnung von unbestückten Leiterplatten die Maße für die Bohrung und nicht für das Endloch festgelegt.

Ausgleichsflächen am Außenrand der inneren Masse-/Spannungslagen sind zulässig. Die Prüfleiterplatten sollten so gefertigt sein, dass die Maschinen-/Faserrichtung der Gewebefaserverstärkung senkrecht zu den Reihen der in Serie geschalteten Durchkontaktierungen eines Netzwerks für die Prüfstrukturen A1 bis A4 verläuft (die Maschinen-/Faserrichtung wird gewöhnlich zuerst nicht eingehalten).

Die Leiterplattenkonstruktion muss hinreichende Mindestabstände auf den Außenlagen vorsehen, um sicherzustellen, dass keine Ausfälle infolge der Nichteinhaltung des Oberflächenisolationswiderstands auftreten. Die Strukturgestaltung der Prüfleiterplatten IPC-9253 und IPC-9254 (CAF-Prüfleiterplatten) ist in Bild 8 dargestellt. Die Konstruktionsregeln für die Prüfleiterplatten sind in Tabelle 2 und Tabelle 3 angegeben.

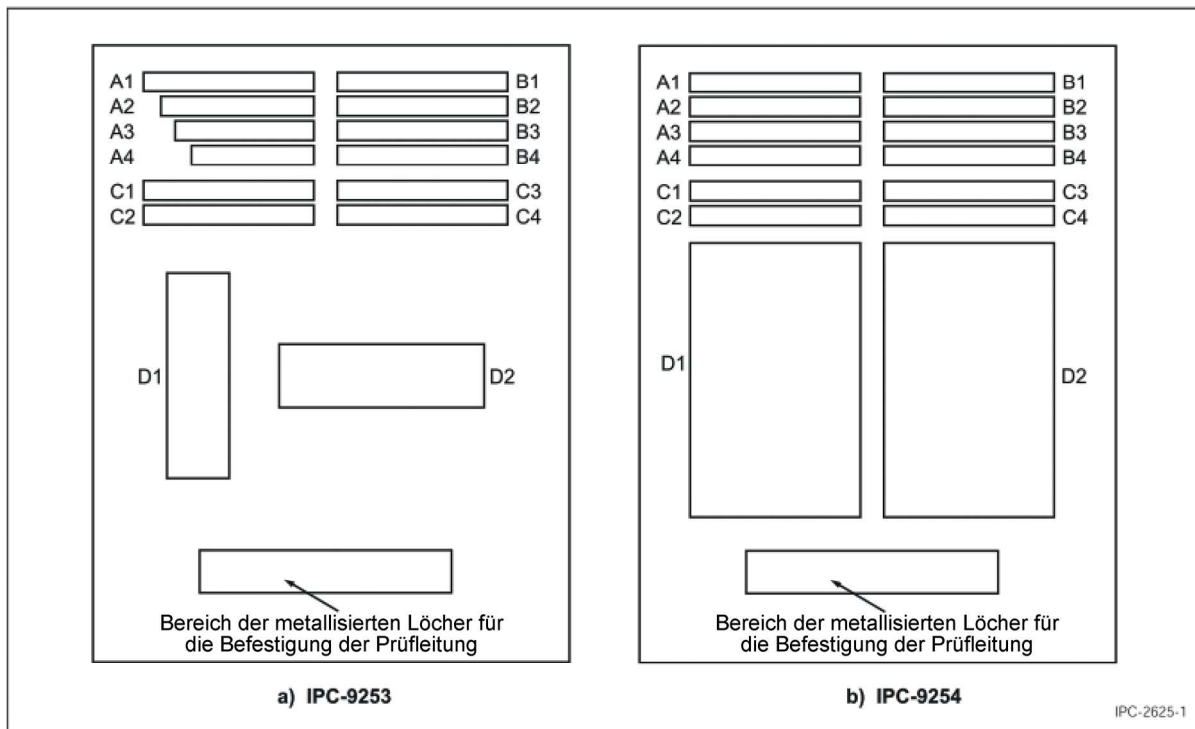


Bild 8 – Gestaltung der beiden CAF-Prüfleiterplattenausführungen

Tabelle 2 – Konstruktionsregeln für die Prüfstrukturen A1 bis A4

	A1	A2	A3	A4
Größe der Außenlagen-Anschlussfläche	0,86 mm (0,0339 in)	0,81 mm (0,0319 in)	0,75 mm (0,0295 in)	0,69 mm (0,0272 in)
Größe der Innenlagen-Anschlussfläche	0,86 mm (0,0339 in)	0,81 mm (0,0319 in)	0,75 mm (0,0295 in)	0,69 mm (0,0272 in)
Bohrungsgröße	0,74 mm (0,0291 in)	0,63 mm (0,0248 in)	0,51 mm (0,0201 in)	0,37 mm (0,0256 in)
von Durchkontaktierungskante zu Durchkontaktierungskante (kürzester Abstand)	0,27 mm (0,0106 in)	0,38 mm (0,0150 in)	0,51 mm (0,0201 in)	0,65 mm (0,0256 in)
von Durchkontaktierungskante zu Durchkontaktierungskante (Manhattan-Abstand)	0,27 mm (0,0106 in)	0,38 mm (0,0150 in)	0,51 mm (0,0201 in)	0,65 mm (0,0256 in)
Nur bei IPC-9254, Vorspannung angelegt zwischen:	J1, J5	J2, J5	J3, J5	J4, J5

Tabelle 3 – Konstruktionsregeln für die Prüfstrukturen B1 bis B4

	B1	B2	B3	B4
Größe der Außenlagen-Anschlussfläche	0,94 mm (0,0370 in)	0,89 mm (0,0350 in)	0,84 mm (0,0330 in)	0,75 mm (0,0300 in)
Größe der Innenlagen-Anschlussfläche	0,94 mm (0,0370 in)	0,89 mm (0,0350 in)	0,84 mm (0,0331 in)	0,75 mm (0,0295 in)
Bohrungsgröße	0,81 mm (0,0319 in)	0,71 mm (0,0280 in)	0,57 mm (0,0224 in)	0,46 mm (0,0181 in)
von Durchkontaktierungskante zu Durchkontaktierungskante (kürzester Abstand)	0,26 mm (0,0102 in)	0,37 mm (0,0146 in)	0,51 mm (0,0201 in)	0,62 mm (0,0244 in)
von Durchkontaktierungskante zu Durchkontaktierungskante (Manhattan-Abstand)	0,37 mm (0,0146 in)	0,52 mm (0,0205 in)	0,72 mm (0,0283 in)	0,88 mm (0,0346 in)
Nur bei IPC-9254, Vorspannung angelegt zwischen:	J7, J11	J8, J11	J9, J11	J10, J11

5.3 Anzahl der Prüflinge

Die in einer Prüfung erforderliche Anzahl der Prüflinge hängt vom Prüfzweck ab, z. B. Prüfung von Prüfprodukten oder Massenprodukten. In Tabelle 4 sind grobe Richtwerte für die Anzahl der erforderlichen Prüflinge entsprechend dem Prüfzweck angegeben.

Tabelle 4 – Ungefähre Anzahl der erforderlichen Prüflinge in Abhängigkeit vom Prüfzweck

Zweck		Prüflingsanzahl
Unterschiedliche Produktionsstufen	Bewertung der Konstruktion und Prüfproduktion	Einzelbauelemente: $n \geq 5$ $n \geq 10$ wird empfohlen
	Bewertung von Massenprodukten	Einzelbauelemente: $n \geq 10$

6 Einrichtungen/Geräte oder Materialien

6.1 Klimaprüfkammer

- Eine saubere Prüfkammer, in der eine Temperatur von $(65 \pm 2)^\circ\text{C}$ oder $(85 \pm 2)^\circ\text{C}$ und eine relative Luftfeuchte von $(87 \pm 2)\%$ erzeugt und aufgezeichnet werden können, und die mit einem Kabelzugang versehen ist, um die Befestigung der Messleitungen an den Prüflingen zu ermöglichen.
- Temperatur und Luftfeuchte in der Prüfkammer können aufgezeichnet und überwacht werden.
- Das Befeuchtungswasser in der Prüfkammer kann ununterbrochen ohne Wiederverwendung eingespeist werden.
- Kondensierte Wassertropfen fallen nicht von den Wänden oder der Decke der Prüfkammer.
- Verunreinigungen und Restsubstanzen aus der vorhergehenden Prüfung sind zu entfernen, damit sie sich nicht auf die Prüfung auswirken.
- Die Prüfkammer sollte aus Materialien bestehen, die keinen Einfluss auf den Prüfling und das Befeuchtungswasser haben.

6.2 Messeinrichtung

Ein hochohmiges Widerstandsmessgerät entsprechend der Beschreibung in ASTM D-257 mit einem Bereich bis zu $10^{12} \Omega$, das bei $10^{10} \Omega$ und angelegter Gleichspannung von $(100 \pm 2) \text{ V}$ eine Genauigkeit von $\pm 5\%$

erreicht, oder ein Strommessgerät mit Anzeigewerten von 10^{-10} A, das bei einer Versorgungsspannung von (100 ± 2) V eine Genauigkeit von ± 5 % erreicht. Die Werte der eingesetzten Widerstände sind durch Bezugswiderstände unter Verwendung bekannter Industriestandards oder nationaler Normen zu überprüfen.

6.3 Spannungsversorgung

Eine Spannungsversorgung, die ein konstantes Vorspannungspotential von 10 V DC bis 100 V DC mit einer Grenzabweichung von ± 2 V DC liefern kann und über eine Stromversorgungskapazität von mindestens 1 A verfügt.

6.4 Strombegrenzende Widerstände

Die strenge Kontrolle des strombegrenzenden Gesamtwiderstandswertes ist für dieses Prüfverfahren entscheidend. Für jeden Strompfad ist ein Reihenwiderstand von $10^6 \Omega$ zu verwenden. Die strombegrenzenden Widerstände sind in Reihe mit den zu jedem Prüfbild führenden Anschlusszuleitungen zu schalten. Es ist zu beachten, dass einige Prüfeinrichtungen im Prüfsystem integrierte strombegrenzende Widerstände haben. Im Rahmen dieser Standardprüfung darf der Gesamtserienwiderstand der Messeinrichtung und der Zuleitungen, ausgenommen die strombegrenzenden Widerstände, für jeden CAF-Prüfkreis nicht mehr als 200Ω betragen. Ein geringerer Gesamtwiderstandswert erhöht bei Auftreten eines CAF-Ausfalls die Gefahr einer möglichen Beschädigung der Prüfleiterplatte. Ein höherer strombegrenzender Gesamtwiderstandswert für jeden Prüfkreis bewirkt eine weitere Abweichung der Prüfbedingungen von den tatsächlichen Anwendungsbedingungen und wird nicht empfohlen.

6.5 Anschlussleitung

PTFE- oder PFE-isolierte Kupferleitungen sind zu verwenden, und die Kupferleitung ist direkt an die Leiterplatte zu löten, um die Prüfpunkte auf jeder Prüfleiterplatte mit dem Messgerät zu verbinden.

6.6 Weitere zugehörige Vorrichtungen

Starre Leitungen gehören zum Standard-Verbindungsverfahren. Andere geeignete Vorrichtungen dürfen verwendet werden, sofern die Vorrichtung den Widerstandswert um nicht mehr als eine zehntel Dekade gegenüber einem vergleichbaren System mit starren Leitungen verändert, wenn die Messung unter den Prüfbedingungen durchgeführt wird. Diese Vorrichtungen sollten häufig auf ihre Widerstandswerte hin überprüft werden. Die Farbe der an die Plus- und die Minus-Elektrode der Messeinrichtung angeschlossenen Leitungen sollte geändert werden. Rot wird üblicherweise für die mit dem Plus-Anschluss und Schwarz für die mit dem Minus-Anschluss verbundene Leitung verwendet.

7 Widerstandsmessverfahren

7.1 Manuelles Messverfahren für den Isolationswiderstand

Mit der Widerstandsmesseinheit können Widerstandswerte im Bereich von $10^6 \Omega$ bis $10^{12} \Omega$ gemessen werden. In Bild 9 ist ein manuelles Messsystem mit einem Isolationswiderstandsmessgerät beispielhaft dargestellt. Dieses Messsystem verfügt über eine integrierte Spannungsquelle, kann die Prüfspannung und die Messspannung beliebig wählen und Widerstandswerte von bis zu $10^{13} \Omega$ unter Verwendung von doppelt geschirmten Kabeln und einer geschirmten Prüfkammer messen.