

DIN EN 62899-2-1

ICS 31.180

Einsprüche bis 2014-12-24

Entwurf**Gedruckte Elektronik –
Materialien –
Teil 2-1: Leitfähige Tinte
(IEC 119/49A/CD:2014)**

Printed electronics –
Materials –
Part 2-1: Conductive Material Ink
(IEC 119/49A/CD:2014)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-10-24 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 im 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 55 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	4
1 Anwendungsbereich.....	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
4 Klimabedingungen für die Bewertung und Konditionierung	8
5 Bewertung der Eigenschaften leitfähiger Tinte	8
5.1 Proben	8
5.2 Inhaltsstoffe	8
5.3 Physikalische Eigenschaften	10
6 Bewertung der Eigenschaften der leitfähigen Schicht.....	13
6.1 Probekörper.....	13
6.2 Elektrische Eigenschaften	13
6.3 Optische Eigenschaften.....	19
7 Lagerung	22
7.1 Lagerungsbedingungen.....	22
7.2 Messverfahren zur Ermittlung des alterungsbedingten Abbaus	22
Anhang A (informativ) Beispiele für den Vierpunkt-Tastkopf zur Beaufschlagung mit einer geeigneten Kraft	24
A.1 Innerer Aufbau	24
A.2 Beispiel für die Gesamtansicht.....	24
Anhang B (informativ) Gleichung für den Korrekturfaktor F	25
B.1 Allgemeines	25
B.2 Bedingungen für den Korrekturfaktor F	25
B.3 Gleichung für den Korrekturfaktor F	26
Anhang C (informativ) Einfluss von Messort und Größe des Probekörpers auf den Widerstand	27
C.1 Einfluss des Messorts auf den Widerstand	27
C.2 Einfluss der Größe des Probekörpers auf den Widerstand.....	27
Literaturhinweise.....	29
Bilder:	
Bild 1 – Beispiel für die Messung mit einem Vierpunkt-Tastkopf	14
Bild 2 – Beispiel für eine Messeinrichtung mit vier Tastspitzen.....	14
Bild 3 – Messorte für die Widerstandsmessung (Typ A)	16
Bild 4 – Messorte für die Widerstandsmessung (Typ B)	16
Bild 5 – Messorte für die Widerstandsmessung (Typ C)	17
Bild A.1 – Beispiel für den inneren Aufbau einer Tastspitze	24
Bild A.2 – Beispiel für eine Gesamtansicht eines Tastkopfs	24
Bild B.1 – Schematische Darstellung der Geometrie der leitfähigen Schicht und der Anordnung der Tastspitzen A, B, C und D	25

	Seite
Bild C.1 – Messmodell zur Ermittlung des Einflusses des Messorts auf den Widerstand der Tafel.....	27
Bild C.2 – Messmodell zur Ermittlung des Einflusses der Größe des Probekörpers.....	28
Tabellen:	
Tabelle 1 – Widerstandsbereich des Probekörpers und angelegter Strom	15
Tabelle 2 – Liste der Probengrößen.....	16

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 119/49A/CD:2014 „Printed electronics – Materials – Part 2-1: Conductive Material Ink“ (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 119 „Printed Electronics“ 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 GUK 682.1 „Gedruckte Elektronik“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnietsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen 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.

**Gedruckte Elektronik –
Materialien –
Teil 2 1: Leitfähige Tinte**

1 Anwendungsbereich

Mit dem vorliegenden Dokument werden Begriffe definiert und normierte Verfahren für die Beschreibung und Bewertung festgelegt.

Dieses Dokument ist anwendbar auf leitfähige Tinte und aus leitfähiger Tinte hergestellte leitfähige Schichten.

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).

ISO 5-2:2009, *Photography and graphic technology – Density measurements – Part 2: Geometric conditions for transmittance density*

ISO 5-3:2009, *Photography and graphic technology – Density measurements – Part 3: Spectral conditions*

ISO 124:2011, *Latex, rubber – Determination of total solids content*

ISO 291:1997, *Plastics – Standard atmospheres for conditioning and testing*

ISO 304:1985, *Surface active agents – Determination of surface tension by drawing up liquid films*

ISO 489:1999, *Plastics – Determination of refractive index*

ISO 758:1976, *Liquid chemical products for industrial use – Determination of density at 20 degrees C*

ISO 1183-1:2012, *Plastics – Methods for determining the density of non-cellular plastics – Part 1: Immersion method, liquid pycnometer method and titration method*

ISO 2555:1999, *Plastics – Resins in the liquid state or as emulsions or dispersions – Determination of apparent viscosity by the Brookfield Test method*

ISO 2592:2000, *Determination of flash and fire points – Cleveland closed cup method*

ISO 2719:2002, *Determination of flash point – Pensky-Martens closed cup method*

ISO 2811-1:2011, *Paints and varnishes – Determination of density – Part 1: Pycnometer method*

ISO 2811-2:2011, *Paints and varnishes – Determination of density – Part 2: Immersed body (plummet) method*

ISO 2884-1:1999, *Paints and varnishes – Determination of viscosity using rotary viscometers – Part 1: Cone-and-plate viscometer operated at a high rate of shear*

ISO 3219:1993, *Plastics – Polymers/resins in the liquid state or as emulsions or dispersions – Determination of viscosity using a rotational viscometer with defined shear rate*

ISO 3451-1:1997, *Plastics – Determination of ash – Part 1: General methods*

ISO 3664:2009, *Graphic technology and photography – Viewing conditions*

ISO 3679:2004, *Determination of flash and fire points – Cleveland open cup method*

ISO 4576:1996, *Plastics – Polymer dispersions – Determination of sieve residue (gross particle and coagulum content)*

ISO 9276-2:2001, *Representation of results of particle size analysis – Part 2: Calculation of average particle sizes/diameters and moments from particle size distributions*

ISO 9276-3:2008, *Representation of results of particle size analysis – Part 3: Adjustment of an experimental curve to a reference model*

ISO 9276-5:2005, *Representation of results of particle size analysis – Part 5: Methods of calculation relating to particle size analyses using logarithmic normal probability distribution*

ISO 9276-6:2008, *Representation of results of particle size analysis – Part 6: Descriptive and quantitative representation of particle shape and morphology*

ISO 11664-4:2008 (CIE S 014-4/E:2007), *Colorimetry – Part 4: CIE 1976 L*a*b* Colour Space*

ISO 13319:2007, *Determination of particle size distributions – Electrical sensing zone method*

ISO 13320:2009, *Particle size analysis – Laser diffraction methods*

ISO 13321:1996, *Particle size analysis – Photon correlation spectroscopy*

ISO 13322-1:2004, *Particle size analysis – Image analysis methods – Part 1: Static image analysis methods*

ISO 13468-1:1996, *Plastics – Determination of the total luminous transmittance of transparent materials – Part 1: Single beam instrument*

ISO 13468-2:1999, *Plastics – Determination of the total luminous transmittance of transparent materials – Part 2: Double-beam instrument*

ISO 13655:2009, *Graphic technology – Spectral measurement and colorimetric computation for graphic arts images*

ISO 14488:2007, *Particulate materials – Sampling and sample splitting for the determination of particulate procedures*

ISO 14782:1999, *Plastics – Determination of haze for transparent materials*

ISO 14887:2000, *Sample preparation – Dispersing procedures for powders in liquids*

ISO 14981:2000, *Graphic technology – Process control – Optical, geometrical and metrological requirements for reflection densitometers for graphic arts use*

ISO 20998-1:2006, *Measurement and characterization of particles by acoustic methods – Part 1: Concepts and procedures in ultrasonic attenuation spectroscopy*

3 Begriffe

3.1

leitfähiges Material

Inhaltsstoff eines Druck- oder Beschichtungsmaterials, welches von sich aus elektrisch leitend ist oder durch eine Nachbehandlung wie Erwärmung elektrisch leitend wird

3.2

leitfähige Tinte

Fluide, in denen ein oder mehrere kleine Moleküle, Polymere oder Partikel gelöst oder verteilt sind, und welche durch Nachbehandlung wie Erwärmung eine elektrisch leitfähige Schicht (3.3) bilden

3.3

leitfähige Schicht

filmartige, durch Nachbehandlung wie Erwärmung elektrisch leitfähige Masse aus leitfähiger Tinte (3.2), welche auf ein Substrat gedruckt wird oder mit der ein Substrat beschichtet wird

3.4

leitfähiger Film

Substrat (Tafel oder Rolle) mit einer leitfähigen Schicht (3.3)

3.5

Feststoffgehalt

Massenanteil eines Inhaltsstoffs, welcher in einer leitfähigen Tinte (3.2) als leitfähige Substanz wirkt

3.6

nichtflüchtiger Anteil

Massenanteil des Rückstands in leitfähiger Tinte (3.2), welcher durch Abdampfen der flüchtigen Lösemittel unter spezifischen Bedingungen erhalten wird

3.7

Aschegehalt

Massenanteil des Rückstands in leitfähiger Tinte (3.2) ohne verbrannte oder durch Pyrolyse verkohlte Inhaltsstoffe

3.8

Fremdbestandteile

Stoffe und/oder Partikel aus aggregierten Körnchen, einer einen Film bildenden Tinte und Inhaltsstoffen, die nicht als Bestandteil der leitfähigen Tinte (3.2) wirken

3.9

Kugelpartikel

Partikel mit drei etwa gleichen Maßen von Länge, Breite und Höhe

3.10

Stab

Stoff mit einer stangenartigen Form

3.11

Draht

Stoff mit einer dünnen, langen, faserartigen Form, der elektrisch leitfähig ist oder Halbleitereigenschaften besitzt

3.12

Rohr

Stoff mit einer faserartigen Hohlform

3.13

Dispersion

heterogenes System, in dem Stoffe in anderen Stoffen gleichmäßig fein verteilt sind

3.14

Flammpunkt

niedrigste Temperatur, auf die ein Produkt unter festgelegten Prüfbedingungen erhitzt werden muss, damit die dabei entstehenden Dämpfe sich augenblicklich bei Kontakt mit einer Flamme entzünden

[Quelle: IEC 60695-4:2012, 3.43]

4 Klimabedingungen für die Bewertung und Konditionierung

Das Normalklima für die Bewertung (Prüfung und Messung) und die Lagerung von Probekörpern muss eine Temperatur von $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ und eine relative Feuchte von $(50 \pm 10) \%$ nach der in ISO 291:1997 festgelegten Klasse 2 der Normalklimate sein. Wird als Probekörper ein Polymersubstrat benutzt, der mit einer leitfähigen Schicht beschichtet ist, muss das Normalklima für die Bewertung eine Temperatur von $(23 \pm 1) ^\circ\text{C}$ und eine relative Feuchte von $(50 \pm 5) \%$ nach der in ISO 291:1997 festgelegten Klasse 1 der Normalklimate sein.

Falls eine Konditionierung erforderlich ist, muss diese bei dem in dem vorangegangenen Absatz festgelegten Normalklima erfolgen.

5 Bewertung der Eigenschaften leitfähiger Tinte

5.1 Proben

Die Probe, die der Bewertung unterzogen wird, muss nach ISO 14488 oder einem gleichwertigen Verfahren vorbereitet werden. Falls erforderlich darf eine Verdünnung mit einem passenden Lösemittel erlaubt werden.

5.2 Inhaltsstoffe

5.2.1 Feststoffgehalt

5.2.1.1 Bestimmung des Feststoffgehalts

Der Feststoffgehalt von leitfähigen Materialien und nichtleitenden Materialien muss mit dem theoretischen Massenanteil (angegeben als Prozentwert) der funktionellen Inhaltsstoffe an der Gesamtmasse der Tinte bestimmt werden. Funktionelle Inhaltsstoffe umfassen leitfähige Materialien, deren Ausgangsstoffe oder Bindemittel sowie beliebige Zusätze.

5.2.1.2 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss die folgenden Angaben enthalten:

- a) eindeutige Beschreibung der Probe;
- b) Prüfdatum;
- c) Klimabedingungen bei der Prüfung;
- d) Feststoffgehalt.

5.2.2 Nichtflüchtiger Anteil

5.2.2.1 Messprinzip

Der nichtflüchtige Anteil wird durch Messung der Masse des Rückstands nach dem Abdampfen der flüchtigen Inhaltsstoffe und Berechnung des Massenanteils (angegeben als Prozentwert) an der Gesamtmasse der Tinte bestimmt.

5.2.2.2 Prüfverfahren

Das Prüfverfahren muss mit folgenden Ausnahmen den Festlegungen in ISO 1625 entsprechen:

- a) Luftdruck: 86 kPa bis 106 kPa.
- b) Wenn es vom Hersteller festgelegt ist, darf die Prüfung mit gemindertem Druck durchgeführt werden. Die Bedingungen und Verfahren der Druckminderung müssen den Festlegungen in ISO 124 oder den Herstellerangaben entsprechen.

- c) Es müssen Materialien eingesetzt werden, die während einer Untersuchung nicht mit der Tinte reagieren.
- d) Die Prüfung ist zu wiederholen, bis die Masse innerhalb von 5 % konstant bleibt.

5.2.2.3 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss die folgenden Angaben enthalten:

- a) Beschreibung der Probe;
- b) Prüfbedingungen (Luftdruck, falls gemindert, Trocknungstemperatur und –dauer);
- c) Masse der Probe;
- d) Ergebnisse.

5.2.3 Aschegehalt

5.2.3.1 Prüfverfahren

Das Prüfverfahren muss mit folgenden Ausnahmen den Festlegungen von Verfahren A in ISO 3451-1:2008 entsprechen:

- a) Für eine bessere Anpassung an die Eigenschaften der Tinte darf eine andere Glühtemperatur als in ISO 3451-1 festgelegt benutzt werden.
- b) Wenn der Aschegehalt sehr gering ist, darf im Hinblick auf die Messgenauigkeit beim Wiegen eine andere Masse der Probe als in ISO 3451-1 festgelegt angewendet werden.

Die anwendbare Glühtemperatur und Masse der Probe müssen in den detaillierten Produktspezifikationen festgelegt werden.

5.2.3.2 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss die folgenden Angaben enthalten:

- a) Beschreibung der Probe;
- b) Glühtemperatur;
- c) Masse der Probe;
- d) Ergebnisse und Abweichungen.

5.2.4 Fremdbestandteile

5.2.4.1 Messprinzip

Fremdbestandteile werden durch Messung der Masse des Filtrerrückstands und Berechnung des Massenanteils (angegeben als Prozentwert) an der Gesamtmasse der Tinte bestimmt.

5.2.4.2 Prüfverfahren

Das Prüfverfahren muss mit folgenden Ausnahmen den Festlegungen in ISO 4576:1996 entsprechen:

- a) Die Masse der Probe muss 1 g bis 10 g betragen.
- b) Die Probe muss anstatt mit einem Metallsieb mit einem Membranfilter mit einer geeigneten Porengröße gefiltert werden. Die Porengröße des Filters muss den Festlegungen des Herstellers entsprechen.
- c) Zur Verdünnung der Probe oder zur Reinigung des Filtrerrückstands muss ein an die Eigenschaften der Tinte angepasstes Lösemittel benutzt werden.
- d) Vor der Filterung darf die Probe bei Bedarf in einem geeigneten Lösemittel gelöst werden. Eine weitere Behandlung ist unzulässig.

- e) Die Trocknungstemperatur für den Filter und den Filterrückstand dürfen von den Festlegungen in ISO 4576 abweichen.
- f) Die Prüfung muss durchgeführt werden, bis die Differenz zwischen den Ergebnissen von zwei aufeinander folgenden Prüfungen innerhalb von 20 % liegt; in den Prüfbericht muss das höhere Ergebnis übernommen werden.

5.2.4.3 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss die folgenden Angaben enthalten:

- a) Beschreibung der Probe;
- b) Prüfbedingungen (Porengröße des Filters und Trocknungstemperatur);
- c) Ergebnisse.

5.3 Physikalische Eigenschaften

5.3.1 Dichte

5.3.1.1 Messverfahren

Das angewendete Messverfahren muss entweder das in ISO 758, ISO 1183-1 und ISO 2811-1 festgelegte Pyknometerverfahren, das Verfahren unter Anwendung des Dichtemessgeräts nach dem Schwingerprinzip nach den Festlegungen in ISO 15212-1 oder das Tauchkörperverfahren nach den Festlegungen in ISO 2811-2 sein. Das anzuwendende Messverfahren muss in den Produktspezifikationen im Einzelnen festgelegt werden.

5.3.1.2 Messeinrichtung

Die Messeinrichtung muss den Festlegungen in den Messverfahren (siehe 5.3.1.1) entsprechen oder es muss eine als gleichwertig oder besser anerkannte Messeinrichtung angewendet werden.

5.3.1.3 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss die folgenden Angaben enthalten:

- a) Beschreibung der Probe;
- b) Messverfahren;
- c) Prüfklima (Temperatur und relative Feuchte);
- d) Ergebnisse.

5.3.2 Viskosität

5.3.2.1 Messverfahren

Die Viskosität muss mit einem Brookfield-Rotationsviskosimeter nach den Festlegungen in ISO 2555, einem Kegel-Platte-Viskosimeter nach den Festlegungen in ISO 2884-1 oder einem Rotationsviskosimeter nach den Festlegungen in ISO 3219 bestimmt werden.

Das anzuwendende Messverfahren und die Messtemperatur müssen in den detaillierten Produktspezifikationen festgelegt werden.

5.3.2.2 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss die folgenden Angaben enthalten:

- a) Nummer der Norm, in der das Messverfahren beschrieben ist;

- b) Beschreibung der Probe;
- c) Messtemperatur;
- d) Modell des Viskosimeters;
- e) Viskosität angegeben in Millipascal-Sekunden (mPa · s).

5.3.3 Oberflächenspannung

5.3.3.1 Messverfahren

Die Oberflächenspannung muss mit folgenden Ausnahmen mit dem Aufzieh-Verfahren flüssiger Filme (Wilhelmy-Verfahren) nach den Festlegungen in ISO 304 gemessen werden:

- a) Es darf eine Messeinrichtung angewendet werden, die der in ISO 304 festgelegten Messeinrichtung gleichwertig ist.
- b) Die Prüfvorrichtung muss aus Platin bestehen.
- c) Die Einrichtung muss mit destilliertem Wasser und einem hängenden Gewicht kalibriert werden.

5.3.3.2 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss die folgenden Angaben enthalten:

- a) Beschreibung der Probe;
- b) Messtemperatur;
- c) Oberflächenspannung angegeben in Millinewton je Meter (mN/m).

5.3.4 Größe des leitfähigen Materials

5.3.4.1 Probenahme

Die für die Messung der Größe des leitfähigen Materials eingesetzte Probe muss mit dem in ISO 14488 festgelegten Probenahmeverfahren oder einem ähnlichen Verfahren entnommen werden. Wenn ein Redispergieren erforderlich ist, muss es nach dem in ISO 14887 festgelegten Verfahren oder einem ähnlichen Verfahren durchgeführt werden.

5.3.4.2 Kugelpartikel

5.3.4.2.1 Messverfahren

Die mittlere Partikelgröße von Kugelpartikeln oder nahezu kugelförmigen Partikeln (wie Equanten) muss mit dem in ISO 13319 festgelegten Verfahren der elektrischen Feldstörung, dem in ISO 13320 festgelegten Verfahren der Laserlichtbeugung, dem in ISO 13321 festgelegten Photonenkorrelationsverfahren oder dem in ISO 20998-1 festgelegten spektroskopische Analyseverfahren der Ultraschalldämpfung gemessen werden.

Die Messeinrichtung muss einer der angegebenen Normen entnommen werden. Es darf eine Messeinrichtung angewendet werden, die nach einem der in diesen Normen festgelegten Verfahren arbeitet.

In Abhängigkeit vom Messverfahren wird die mittlere Partikelgröße als kugeläquivalenter Durchmesser oder kreisäquivalenter Durchmesser erhalten. Die Art des Durchmessers muss aufgezeichnet und in den Prüfbericht aufgenommen werden.

ANMERKUNG Equanten bezeichnen Partikel mit ähnlicher Länge, Breite und Dicke; dazu gehören sowohl würfelförmige als auch kugelförmige Partikel.

5.3.4.2.2 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss die folgenden Angaben enthalten:

- a) Beschreibung der Probe;
- b) mittlere Partikelgröße;
- c) Art des Durchmessers.

5.3.4.3 Stab, Draht, Rohr

5.3.4.3.1 Messverfahren

Stäbe, Drähte und Rohre müssen mit dem in ISO 13322-1 festgelegten Verfahren oder einem gleichwertigen Verfahren gemessen werden. Da mit diesem Verfahren Breite und Länge von Partikeln im Bild eines Elektronenmikroskops gemessen werden, wird ein Längennormal benötigt. Als Längennormal darf die im Bild dargestellte Skale benutzt werden. Zur Festlegung des Längennormals dürfen als Referenz für die Kalibrierung der Skale auf der Fotografie Partikel mit einer genau bekannten Größe in die Probe gemischt und mit der Probe fotografiert werden. Die erforderliche kleinste Partikelanzahl für die Ermittlung der mittleren Breite und Länge wird nach ISO 13322-1 bestimmt.

ISO 9276-6 behandelt Stäbe, Drähte und Rohre als nadelförmige oder säulenförmige Partikel und legt ein Verfahren für deren Längenmessung fest. Breite und Länge dürfen mit diesem Verfahren und darauf basierender Software ermittelt werden.

ANMERKUNG 1 Nadelförmige Partikel: schmale, nadelartige Partikel mit ähnlicher Breite und Dicke.

ANMERKUNG 2 Säulenförmige Partikel: lange, dünne Partikel, die breiter und dicker sind als nadelförmige Partikel.

5.3.4.3.2 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss die folgenden Angaben enthalten:

- a) Beschreibung der Probe;
- b) Breite und Länge der Partikel;
- c) Definition des Längennormals;
- d) Anzahl der für die Berechnung von Breite und Länge benutzten Partikel.

5.3.4.4 Weitere Formen

5.3.4.4.1 Messverfahren

Für unregelmäßig geformte Partikel, die nicht in 5.3.4.2 und 5.3.4.3 eingeordnet werden können, muss die mittlere Partikelgröße nach dem in ISO 9276-6 oder mit einer darauf basierenden Software berechnet werden.

5.3.4.4.2 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss die folgenden Angaben enthalten:

- a) Beschreibung der Probe;
- b) mittlere Partikelgröße;
- c) Faktoren, deren Vorgaben sich während der Datenverarbeitung verändert haben.

5.3.5 Flammpunkt

5.3.5.1 Messverfahren

Der Flammpunkt muss nach ISO 2592 (offenes System) gemessen werden. Es darf nach dem auf ISO 2719 (geschlossenes System) und ISO 2679 (geschlossenes System) basierenden Messverfahren vorgegangen werden.

5.3.5.2 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss die folgenden Angaben enthalten:

- a) Beschreibung der Probe;
- b) Prüfbedingungen (Temperatur, Feuchte und Luftdruck);
- c) Probenahmebedingungen (Art der verwendeten Tinte, dispergierendes Medium und Konzentration);
- d) Ergebnisse;
- e) Sonstiges (besondere Faktoren).

6 Bewertung der Eigenschaften der leitfähigen Schicht

6.1 Probekörper

6.1.1 Allgemeines

Die Bewertung der leitfähigen Schicht erfolgt an Probekörpern.

6.1.2 Substrat

Das Substrat für den Probekörper muss sauberes und nicht-alkalisches Glas mit glatter Oberfläche sein, welches die Tinte nicht angreift. Wenn es zwischen den Handelspartnern (Lieferant und Kunde) vereinbart ist, dürfen andere Substratmaterialien benutzt werden.

6.1.3 Leitfähige Tinte

Nach 5.1, außer dass keine Verdünnung zulässig ist.

6.1.4 Maße des Probekörpers

Die Maße des Probekörpers müssen den Festlegungen des jeweiligen Prüfverfahrens entsprechen. Falls eine Bewertung dann noch möglich ist, darf ein kleinerer und/oder dünnerer Probekörper als festgelegt eingesetzt werden.

6.1.5 Vorbereitung des Probekörpers

Der Probekörper muss wie folgt hergestellt werden:

- a) Vor dem Bedrucken oder der Beschichtung mit Tinte muss die Substratoberfläche mit geeigneten Mitteln mit einem organischen Lösemittel wie Azeton gereinigt werden.
- b) Die Tinte wird mit einem geeigneten Verfahren auf die Substratoberfläche aufgedruckt oder die Substratoberfläche wird mit einem geeigneten Verfahren mit der Tinte beschichtet, so dass sich eine gleichmäßige Tintenschicht bildet.
- c) Die Tinte muss mit geeigneten Mitteln zum Erstarren gebracht werden, so dass sich eine leitfähige Schicht bildet.

6.2 Elektrische Eigenschaften

6.2.1 Durchgangswiderstand

6.2.1.1 Allgemeines

Der Durchgangswiderstand einer aus einer leitfähigen Tinte hergestellten leitfähigen Schicht wird mit dem Vierpunkt-Tastverfahren gemessen. Bei diesem Verfahren werden auf den Probekörper, wie in Bild 1 dargestellt, linear vier Elektroden aufgesetzt, dann wird zwischen zwei Elektroden wie Tastspitze A und Tast-

spitze D ein Strom I angelegt, zwischen den anderen beiden Elektroden wird die Potentialdifferenz V gemessen und es wird der Widerstand V/I berechnet.

Es sollte ein Vierpunkt-Tastkopf benutzt werden, der die leitfähige Schicht nicht beschädigt.

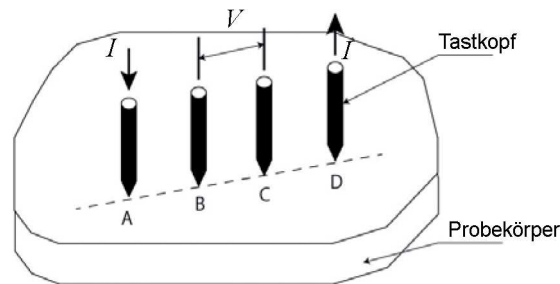


Bild 1 – Beispiel für die Messung mit einem Vierpunkt-Tastkopf

6.2.1.2 Prüfeinrichtung und Hilfsmittel

6.2.1.2.1 Prüfeinrichtung

6.2.1.2.1.1 Aufbau der Prüfeinrichtung

Die Prüfeinrichtung besteht aus einer Konstantstromquelle, einem Spannungsmessgerät und Tastspitzen, wie in Bild 2 dargestellt.

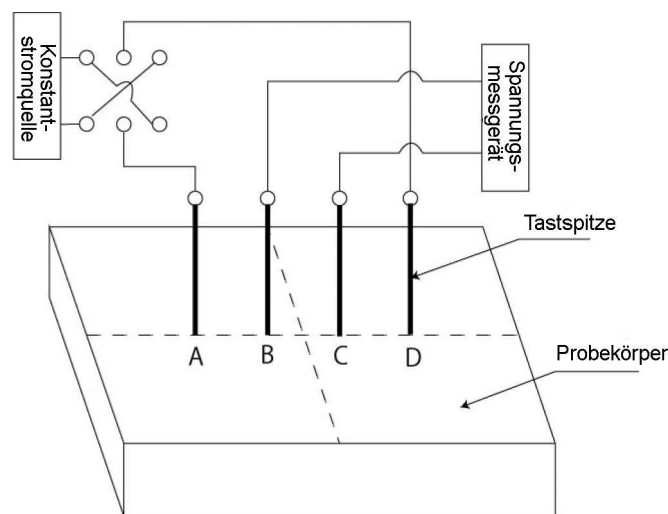


Bild 2 – Beispiel für eine Messeinrichtung mit vier Tastspitzen

6.2.1.2.1.2 Konstantstromquelle

Die Konstantstromquelle muss in der Lage sein, den in Tabelle 1 aufgeführten Strom I_0 über den Widerstandsbereich des Probekörpers anzulegen. Der angelegte Strom ist ein Gleichstrom, der von der Konstantstromquelle zur Tastspitze fließt. Der angelegte Strom I_0 wird wie folgt bestimmt. Unter der Annahme einer Potentialdifferenz V zwischen Tastspitze B und Tastspitze C ergibt sich der Wert des Widerstands nach V/I_0 . Aus Tabelle 1 wird der dem Widerstand entsprechende Strom ausgewählt, der der angelegte Strom I_0 ist. Der zulässige Streubereich des angelegten Stroms I_0 während der Messung darf höchstens $\pm 0,05\%$ betragen.

Tabelle 1 – Widerstandsbereich des Probekörpers und angelegter Strom

Widerstandsbereich des Probekörpers	< 20 mΩ	< 200 mΩ	< 20 Ω	< 2 kΩ	< 20 kΩ	< 200 kΩ	< 2 MΩ
Angelegter Strom (I_0)	1 000 mA	100 mA	10 mA	1 mA	100 μA	10 μA	1 μA

6.2.1.2.1.3 Spannungsmessgerät

Es muss ein digitales Spannungsmessgerät mit einer mindestens dreistelligen Anzeige verwendet werden. Wenn der gesamte in Bild 1 angegebene Widerstandsbereich gemessen werden muss, muss das Spannungsmessgerät vorzugsweise in der Lage sein, Spannungen im Bereich von 0,1 mV bis 2 V zu messen und einen Eingangswiderstand von mindestens $10^{10} \Omega$ besitzen.

6.2.1.2.1.4 Tastspitze

Jede Tastspitze muss ein Metallstift mit einem Durchmesser von 0,5 mm bis 0,8 mm mit einer halbkugelförmigen oder ebenen Spitze sein. Die vier Tastspitzen werden linear im gleichen Abstand mit den halbkugelförmigen oder ebenen Spitzen auf den Probekörper aufgesetzt. Der Abstand muss 1,5 mm betragen und der Isolationswiderstand zwischen benachbarten Tastspitzen mindestens $10^{10} \Omega$. Der Abstand darf 0,5 mm, 1,0 mm, 2,2 mm oder 5,0 mm betragen. Wenn ein Abstand von 0,5 mm verwendet wird, muss die Tastspitze kalibriert werden. Im Prüfbericht muss dann angegeben werden, dass eine kalibrierte Tastspitze mit einem Abstand von 0,5 mm verwendet worden ist. Während der Messung muss auf jede Tastspitze eine entsprechende Kraft ausgeübt werden. Anhang A enthält Beispiele für Tastspitzen, die mit einer entsprechenden Kraft angewendet werden können.

Wird ein Abstand der Tastspitzen von 0,5 mm angewendet, ist es empfehlenswert, einen kalibrierten Probekörper mit einem bekannten spezifischen Widerstand zu messen, und der Messwert muss innerhalb von $\pm 3 \%$ des bekannten Werts liegen.

6.2.1.2.2 Messeinrichtung zur Messung der Dicke des Probekörpers

Die Messeinrichtung zur Messung der Dicke des Probekörpers muss berührungsfrei sein oder es muss ein Tastkopf angewendet werden.

6.2.1.3 Bewertung des Probekörpers**6.2.1.3.1 Vorbereitung des Probekörper**

Der Probekörper muss nach dem in 6.1 angegebenen Verfahren vorbereitet werden, das Substrat muss jedoch folgende Eigenschaften haben:

- Widerstand $> 10^6 \Omega$;
- keine Dellen und keine Verformung mit Ausnahme der Dellen der Prüfung mit Tastspitzen selbst.

Wenn ein verformtes Substrat verwendet wird, muss der Probekörper während der Messung auf einer glatten Ebene befestigt werden.

6.2.1.3.2 Maße des Probekörper

Der Probekörper muss folgende Maße haben:

- a) Die Größe des Probekörpers muss aus Tabelle 2 ausgewählt werden.

Tabelle 2 – Liste der Probengrößen

Maße in Millimeter

	Länge	Breite
Typ A	$30 \pm 0,2$	$10 \pm 0,1$
Typ B	$30 \pm 0,2$	$30 \pm 0,2$
Typ C	$80 \pm 0,2$	$50 \pm 0,2$

- b) Die Dicke des Probekörpers darf höchstens 200 µm betragen und muss an den gleichen Orten gemessen werden wie der Widerstand. Es wird nur die Dicke der leitfähigen Schicht betrachtet, zu der nicht die Dicke des Substrats gehört.

6.2.1.4 Prüfverfahren

6.2.1.4.1 Widerstandsmessung

Die Messorte für die Widerstandsmessung müssen A1 bis A3 in Bild 3, B1 bis B5 in Bild 4 oder C1 bis C9 in Bild 5 sein.

Maße in Millimeter

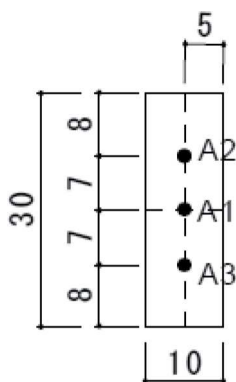


Bild 3 – Messorte für die Widerstandsmessung (Typ A)

Maße in Millimeter

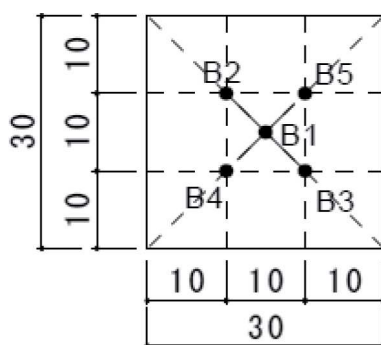
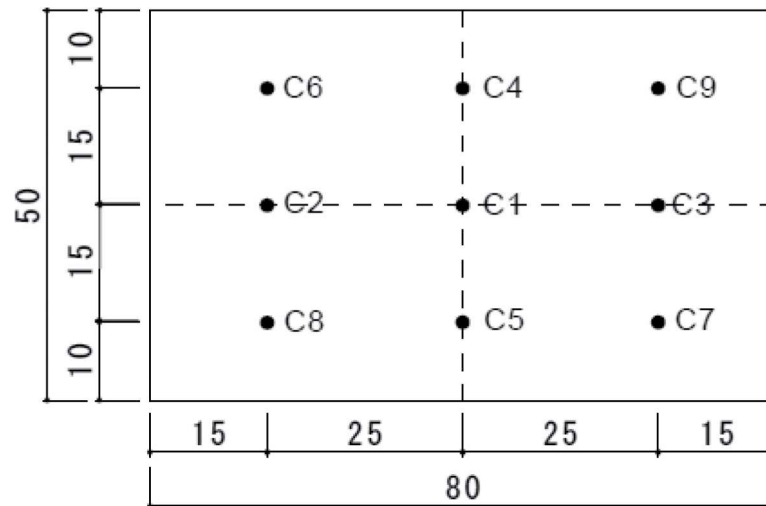


Bild 4 – Messorte für die Widerstandsmessung (Typ B)

**Bild 5 – Messorte für die Widerstandsmessung (Typ C)**

Der Widerstand muss an drei Punkten gemessen werden: bei Typ A an A1 bis A3, bei Typ B an B1 bis B3 oder bei Typ C an C1 bis C3. Unter Berücksichtigung der Homogenität des Films und der früheren Prüfergebnisse ist die Messung an nur einem Punkt (A1, B1 oder C1), an fünf Punkten (bei Typ B B1 bis B5 oder bei Typ C C1 bis C5) oder an neun Punkten (bei Typ C C1 bis C9) zulässig. Der Widerstand muss gemessen werden, indem der Mittelpunkt der Tastspitze über dem jeweiligen Messort positioniert wird. Die Tastspitze muss parallel zur langen Seite des Probekörpers ausgerichtet werden. Für eine konstante Messung müssen die Messorte mehr als 10 mm von der Kante des Probekörpers entfernt nach innen gerichtet liegen. Wenn der Widerstand des Typs A gemessen wird, darf zur Einhaltung desselben Messorts eine Schablone benutzt werden.

6.2.1.4.2 Berechnung des spezifischen Widerstands

Der spezifische Widerstand muss nach der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$\rho = F \cdot t \cdot R \quad (1)$$

Dabei ist

- ρ der spezifische Widerstand ($\Omega \cdot \text{cm}$);
- F der Korrekturfaktor;
- t die Dicke der leitfähigen Schicht (cm);
- R der gemessene Widerstandswert (Ω).

Der Korrekturfaktor F ist der mit der Poisson-Gleichung (2) berechnete Wert. Als Korrekturfaktor darf der Wert benutzt werden, der die Lösung der Poisson-Gleichung bildet. (Die Gleichung für den Korrekturfaktor ist in Anhang B erläutert. Der Einfluss von Messort und Größe des Probekörpers ist in Anhang C beschrieben.)