DIN EN IEC 60413

DIN

ICS 29.100.20

Entwurf

Einsprüche bis 2024-10-23
Vorgesehen als Ersatz für
DIN IEC 60413:1980-10

Prüfverfahren zur Bestimmung der physikalischen Eigenschaften der Werkstoffe von Kohlebürsten für elektrische Maschinen (IEC 2/2175/CDV:2024); Deutsche und Englische Fassung prEN IEC 60413:2024

Test procedures for determining physical properties of brush materials for electrical machines
(IEC 2/2175/CDV:2024);
German and English version prEN IEC 60413:2024

Modes opératoires d'essai pour déterminer les propriétés physiques des matériaux de balais pour machines électriques
(IEC 2/2175/CDV:2024);
Version allemande et anglaise prEN IEC 60413:2024

Anwendungswarnvermerk

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-08-23 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil das beabsichtigte Dokument 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, Merianstr. 28, 63069 Offenbach am Main.

Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 196 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

AVA Documents Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments prEN IEC 60413:2024-02 „Prüfverfahren zur Bestimmung der physikalischen Eigenschaften der Werkstoffe von Kohlebürsten für elektrische Maschinen“ (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 2/2175/CDV:2024-02 „Test procedures for determining physical properties of brush materials for electrical machines“ unverändert in den Entwurf prEN IEC 60413:2024-02 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 2 „Rotating machinery“ 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 311 „Drehende elektrische Maschinen“ 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 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.

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.

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.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

Änderungen

Gegenüber DIN IEC 60413:1980-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) Anpassung des gesamten Dokuments an die ISO/IEC-Richtlinien;

b) Ergänzung von Definitionen (Abschnitt 3);

c) Abschnitt 4 zum Probekörper: Benennung und Ergänzung der verschiedenen Typen von Probekörpern, Festlegung ihrer Maße, Grenzabweichungen und Vorbereitung;

d) Verbesserung der Prüfverfahren für die Eigenschaften, die bereits in der vorherigen Ausgabe angegeben wurden (Abschnitte 5 bis 10);

e) Unterscheidung zwischen der scheinbaren Porosität und der scheinbaren Dichte (siehe Abschnitte 5 und 9);

f) spezifischer Widerstand (Abschnitt 6): Ergänzung des Wirbelstromverfahrens;

g) Rückprallhärte (Abschnitt 8): Ergänzung eines neuen Skleroskop-Modells und des Leeb-Verfahrens als eine mögliche Alternative zum üblichen Skleroskop-Verfahren;

h) gemeinsame Elemente des Prüfberichts in einem eigenen Abschnitt 11;

i) Ergänzung von Anhang A (normativ): Einführung von Prüfkategorien (Serien-/Typprüfungen), Liste der für jede Prüfkategorie zu prüfenden Eigenschaften entsprechend ihrem Zweck;

j) Ergänzung von Anhang B: Prüfverfahren für andere mechanische Eigenschaften als Biegefestigkeit und Härte: Zug- und Druckfestigkeit und Schlagzähigkeit;

k) Ergänzung von Anhang C: Prüfverfahren für thermische Eigenschaften (linearer Ausdehnungskoeffizient, spezifische Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit);

l) Ergänzung von Anhang D: Nachtrag zu Dichte und Porosität;

m) Ergänzung von Anhang E: Empfehlungen zu den Verfahren der Elementanalyse;

n) Ergänzung von Anhang F: Nachtrag von Informationen über die Skleroskop-Härte.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

E DIN EN IEC 60413:2024-09
prEN IEC 60413:2024

Prüfverfahren zur Bestimmung der physikalischen Eigenschaften der Werkstoffe von Kohlebürsten für elektrische Maschinen

Inhalt

		Seite
1	Anwendungsbereich	10
2	Normative Verweisungen	10
3	Begriffe und Symbole	11
4	Probekörper	18
4.1	Allgemeines	18
4.2	Typen von Probekörpern	19
4.2.1	Allgemeines	19
4.2.2	Typ A	19
4.2.3	Typ B	19
4.2.4	Typ C	20
4.2.5	Typ D	20
4.3	Vorbereitung der Probekörper	20
4.3.1	Allgemeines	20
4.3.2	Beziehung zwischen Maßen und Kornausrichtung	21
4.3.3	Anforderungen an Probekörper	23
5	Scheinbare Dichte	24
5.1	Allgemeines	24
5.2	Masse-und-Maße-Verfahren	24
5.2.1	Allgemeines	24
5.2.2	Messprinzip	24
5.2.3	Prüfeinrichtung	25
5.2.4	Prüfbedingungen	25
5.2.5	Durchführung der Prüfung	25
5.2.6	Berechnung und Bericht	25
5.3	Eintauchverfahren	26
5.3.1	Allgemeines	26
5.3.2	Messprinzip	26
5.3.3	Reagenzien	26
5.3.4	Prüfeinrichtung	26
5.3.5	Probekörper	28
5.3.6	Prüfbedingungen	28
5.3.7	Durchführung der Messung	28
5.3.8	Berechnung	31
6	Spezifischer Widerstand	32
6.1	Allgemeines	32
6.2	Strom-Spannungs-Messverfahren	32

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

6.2.1 Messprinzip ... 32
6.2.2 Prüfeinrichtung ... 33
6.2.3 Probekörper ... 34
6.2.4 Prüfbedingungen ... 34
6.2.5 Durchführung der Messung ... 36
6.2.6 Berechnung und Bericht ... 36
6.3 Wirbelstromverfahren ... 37
6.3.1 Allgemeines ... 37
6.3.2 Messprinzip ... 37
6.3.3 Prüfeinrichtung ... 37
6.3.4 Probekörper ... 38
6.3.5 Prüfbedingungen ... 39
6.3.6 Durchführung der Messung ... 39
6.3.7 Berechnung und Bericht ... 40
7 Biegefestigkeit ... 40
7.1 Allgemeines ... 40
7.2 Messprinzip ... 40
7.3 Prüfeinrichtung ... 41
7.3.1 Prüfmaschine ... 41
7.3.2 Stützschneiden ... 41
7.3.3 Lastschneide ... 41
7.4 Probekörper ... 41
7.5 Prüfbedingungen ... 43
7.6 Durchführung der Messung ... 43
7.7 Berechnung und Bericht ... 44
8 Härte ... 45
8.1 Eindruckhärte ... 45
8.1.1 Allgemeines ... 45
8.1.2 Kurzbeschreibung ... 45
8.1.3 Prüfeinrichtung ... 46
8.1.4 Probekörper ... 46
8.1.5 Prüfbedingungen ... 46
8.1.6 Durchführung der Prüfung ... 47
8.1.7 Berechnung und Bericht ... 49
8.2 Mit dem Skleroskop-Verfahren gemessene Rückprallhärte ... 49
8.2.1 Allgemeines ... 49
8.2.2 Messprinzip ... 49
8.2.3 Prüfeinrichtung ... 50
8.2.4 Probekörper ... 52
8.2.5 Prüfbedingungen ... 52

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

8.2.6 Durchführung der Prüfung ... 52
8.2.7 Berechnung und Bericht ... 53
8.3 Mit dem Leeb-Verfahren gemessene Rückprallhärte ... 54
8.3.1 Allgemeines ... 54
8.3.2 Messprinzip ... 54
8.3.3 Prüfeinrichtung ... 56
8.3.4 Probekörper ... 57
8.3.5 Prüfbedingungen ... 57
8.3.6 Durchführung der Prüfung ... 57
8.3.7 Berechnung und Bericht ... 57
8.3.8 Korrelation mit der Rückprallhärte ... 58
9 Porosität ... 59
9.1 Allgemeines ... 59
9.2 Imprägnieren-und-Masse-Verfahren ... 60
9.2.1 Messprinzip ... 60
9.2.2 Probekörper ... 60
9.2.3 Prüfbedingungen ... 60
9.2.4 Imprägnierflüssigkeit ... 60
9.2.5 Prüfeinrichtung ... 61
9.2.6 Durchführung der Prüfung ... 61
9.2.7 Berechnung ... 62
9.3 Quecksilberverfahren ... 64
9.3.1 Allgemeines ... 64
9.3.2 Kurzbeschreibung ... 64
9.3.3 Probekörper ... 64
9.3.4 Prüfbedingungen ... 64
9.3.5 Prüfeinrichtung ... 64
9.3.6 Durchführung der Messung ... 65
9.3.7 Berechnung ... 65
10 Aschegehalt ... 65
10.1 Allgemeines ... 65
10.2 Kurzbeschreibung ... 65
10.3 Probekörper ... 66
10.4 Prüfbedingungen ... 66
10.5 Prüfeinrichtung ... 66
10.6 Durchführung der Messung ... 66
10.6.1 Vorbereitung und Wägen der Probe ... 66
10.6.2 Veraschung der Probe ... 67
10.6.3 Wägen der Rückstände ... 67
10.7 Berechnung ... 67

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

11 Bericht ... 67
Anhang A (normativ) Eigenschaften nach Prüfkategorie und Datenblatt ... 69
Anhang B (normativ) Weitere mechanische Eigenschaften ... 71
B.1 Allgemeines ... 71
B.2 Charpy-Schlagzähigkeit ... 71
B.2.1 Allgemeines ... 71
B.2.2 Messprinzip ... 71
B.2.3 Prüfeinrichtung ... 72
B.2.4 Probekörper ... 72
B.2.5 Prüfbedingungen ... 73
B.2.6 Durchführung der Messung ... 74
B.2.7 Berechnung und Bericht ... 74
B.3 Zugfestigkeit – Elastizitätsmodul ... 74
B.3.1 Allgemeines ... 74
B.3.2 Messprinzip für die Zugfestigkeit ... 74
B.3.3 Prüfeinrichtung ... 75
B.3.4 Probekörper ... 75
B.3.5 Prüfbedingungen ... 75
B.3.6 Durchführung der Messung ... 75
B.3.7 Berechnung ... 76
B.3.8 Ergänzende Kennwerte ... 76
B.4 Druckfestigkeit ... 77
B.4.1 Allgemeines ... 77
B.4.2 Messprinzip ... 77
B.4.3 Prüfeinrichtung ... 77
B.4.4 Probekörper ... 77
B.4.5 Prüfbedingungen ... 78
B.4.6 Durchführung der Messung ... 78
B.4.7 Berechnung und Bericht ... 78
Anhang C (normativ) Thermische Eigenschaften ... 79
C.1 Allgemeines ... 79
C.2 Linearer Ausdehnungskoeffizient ... 79
C.2.1 Allgemeines ... 79
C.2.2 Messprinzip ... 79
C.2.3 Prüfeinrichtung ... 80
C.2.4 Schutzgas ... 80
C.2.5 Probekörper ... 81
C.2.6 Prüfbedingungen ... 81
C.2.7 Durchführung der Messung ... 81
C.2.8 Berechnung und Bericht ... 81

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

C.3 Spezifische Wärmekapazität ... 82
C.3.1 Allgemeines ... 82
C.3.2 Messprinzip des DSC-Verfahrens ... 83
C.3.3 Prüfeinrichtung ... 84
C.3.4 Probekörper ... 84
C.3.5 Prüfbedingungen ... 84
C.3.6 Durchführung der Messung ... 85
C.3.7 Berechnung und Bericht ... 85
C.4 Wärmeleitfähigkeit ... 85
C.4.1 Allgemeines ... 85
C.4.2 Lichtblitzverfahren ... 86
C.4.3 TPS-Verfahren ... 89
C.4.4 Berechnung und Bericht ... 91
Anhang D (informativ) Beziehung zwischen scheinbarer Dichte, tatsächlicher Dichte, Porosität und Poren. 93
D.1 Allgemeines ... 93
D.2 Poren ... 93
D.3 Scheinbare Dichte ... 93
D.4 Tatsächliche Dichte ... 93
D.5 Porosität ... 94
Anhang E (informativ) Verfahren zur Analyse von Werkstoffen für Schleifkontakte ... 95
Anhang F (informativ) Beziehung zwischen der Skleroskop-Härte und der Absorptionsfähigkeit für mechanische Schwingungen ... 96
F.1 Allgemeines ... 96
F.2 Schwingungsgleichung und Amplitudenverhältnis ... 96
F.3 Experimenteller Nachweis ... 97
Literaturhinweise ... 100

Bilder

Bild 1 – Maße eines Probekörpers ... 11
Bild 2 – Anordnung des Probekörpers bezogen auf die Richtung des Formpressens ... 21
Bild 3 – Anordnung des Probekörpers bezogen auf die Richtung des Strangpressens ... 22
Bild 4 – Prüfeinrichtung zur Messung der scheinbaren Dichte durch das Eintauchverfahren A für große Probekörper ... 27
Bild 5 – Prüfeinrichtung zur Messung der scheinbaren Dichte durch das Eintauchverfahren B für kleine Probekörper ... 28
Bild 6 – Messung der scheinbaren Dichte mit dem Eintauchverfahren A ... 30
Bild 7 – Messung der scheinbaren Dichte mit dem Eintauchverfahren B ... 31
Bild 8 – Lage der Messelektroden am Probekörper ... 33
Bild 9 – Montageanordnung des Probekörpers für die Messung des spezifischen Widerstands beim einseitig gerichteten Formpressen ... 35
Bild 10 – Montageanordnung des Probekörpers für die Messung des spezifischen Widerstands beim Strangpressen ... 35

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

Bild 11 – Prinzip der Prüfeinrichtung für das Wirbelstromverfahren ... 38
Bild 12 – Anordnung des Probekörpers ... 39
Bild 13 – Montageprinzip des Probekörpers ... 40
Bild 14 – Montageanordnung für die Biegefestigkeitsprüfung für einen Probekörper, der durch einseitig gerichtetes Formpressen hergestellt wurde ... 42
Bild 15 – Montageanordnung für die Biegefestigkeitsprüfung für einen Probekörper, der durch Strangpressen hergestellt wurde ... 42
Bild 16 – Schritte bei der Messung der Eindruckhärte ... 48
Bild 17 – Prinzip der Härtemessung mit dem Skleroskop ... 50
Bild 18 – Skleroskop-Härteprüfgerät ... 51
Bild 19 – Prinzip der Härtemessung nach dem Leeb-Verfahren ... 55
Bild 20 – Beispiel für die Bewertung einer Korrelationskurve zwischen Rückprallhärte und Leeb-Härte ... 59
Bild B.1 – Prinzip der Schlagzähigkeitsprüfung nach Charpy ... 72
Bild B.2 – Anordnung der Schlagzähigkeitsprüfung für anisotrope Werkstoffe ... 73
Bild B.3 – Beispiel für einen Zug-Probekörper ... 75
Bild C.1 – Bestimmung des linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten ... 82
Bild C.2 – Schematische Darstellung der DSC-Basislinie ... 84
Bild C.3 – Bestimmung der Halbanstiegszeit aus den Messwerten ... 87
Bild C.4 – Prinzip der Prüfeinrichtung für das Wärmepulsverfahren ... 88
Bild C.5 – Grundlegende Anordnung der Vorrichtung ... 90
Bild F.1 – Beziehung zwischen der Skleroskop-Härte und der Resonanzüberhöhung der Amplitude ... 98

Tabellen

Tabelle 1 – Maße von Probekörpern des Typs B ... 20
Tabelle 2 – Typ der Anordnung entsprechend dem Formgebungsprozess für das Prüfstück ... 22
Tabelle 3 – Grenzabweichungen für die Maße des Probekörpers für die jeweilige Kategorie ... 23
Tabelle 4 – Empfohlene Werte für die Stützweite ... 43
Tabelle 5 – Wert des Koeffizienten c_f ... 44
Tabelle 6 – Skalenteilungswerte für die Eindringtiefe ... 45
Tabelle 7 – Festlegung der Härtebezeichnung ... 47
Tabelle 8 – Inhalt eines Berichts ... 68
Tabelle A.1 – Eigenschaften nach Prüfkategorie und Datenblatt ... 69
Tabelle B.1 – Maße von Probekörpern für die Schlagzähigkeitsprüfung ... 73
Tabelle E.1 – Qualitative Analyse ... 95
Tabelle E.2 – Quantitative Analyse ... 95
Tabelle F.1 – Werte für die relative Höhe, den Dämpfungsfaktor und die Resonanzüberhöhung der Amplitude für verschiedene Werte der Skleroskop-Härte ... 99

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument behandelt Werkstoffe auf Kohlenstoffbasis, die für elektrische Schleifkontakte, wie Kohlebürsten oder Stromabnehmer-Schleifleisten, verwendet werden.

Durch Erweiterung können die Prüfverfahren dieses Dokuments auf alle elektrischen Schleifkontakte für elektrische Übertragungsgeräte und auf andere Geräte aus Werkstoffen auf Kohlenstoffbasis (Wärmetauscher, Lager usw.) angewendet werden.

Dieses Dokument legt einheitliche Verfahren zur Bestimmung der folgenden Eigenschaften fest:

- Dichte und Porosität;
- spezifischer Widerstand;
- Biegefestigkeit;
- Härte;
- Aschegehalt.

Darüber hinaus enthält es Empfehlungen zu Prüfverfahren für andere Eigenschaften:

- mechanische Eigenschaften: Schlagzähigkeitsprüfung nach Charpy, Druckfestigkeit, Zugfestigkeit (Anhang B);
- thermische Eigenschaften: Wärmeausdehnungskoeffizient, spezifische Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit (Anhang C).

Die mit diesen Prüfungen ermittelten Eigenschaften sind charakteristisch für die Werkstoffe auf Kohlenstoffbasis selbst, anders als die Leistungskennwerte beim Betrieb elektrischer Betriebsmittel (Kohlebürste in einer drehenden elektrischen Maschine, Kontaktleisten an einem Stromabnehmer usw.).

Da diese Werkstoffe im Allgemeinen spröde und porös sind, sollte beachtet werden, dass ihre Eigenschaften viel mehr veränderlich sind als die gleichen Eigenschaften bei Metallen.

Einige Prüfverfahren eignen sich für die Qualitätskontrolle in der Produktion (Stückprüfungen), andere nur für eingehende Untersuchungen unter Verwendung präziser Labortechnik (siehe Anhang A).

WARNUNG – Diese Internationale Norm kann den Einsatz von gefährlichen Materialien, Handlungen und Ausrüstungen erforderlich machen. Sie erhebt keinen Anspruch darauf, alle mit der Anwendung in Zusammenhang stehenden Sicherheitsfragen und Umweltprobleme zu berücksichtigen. Es liegt in der Verantwortung der Anwender dieser Internationalen Norm, vor deren Anwendung angemessene Sicherheits- und Gesundheitsschutzverfahren einzuführen und die Erfüllung behördlicher Auflagen festzustellen.

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 60276:2018, *Carbon brushes, brush holders, commutators and slip-rings – Definitions and nomenclature*

ISO 179-1:2010, *Plastics — Determination of Charpy impact properties — Part 1: Non-instrumented impact test*

ISO 2859-1:1999, *Sampling procedures for inspection by attributes — Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection*

ISO 5022:1979, *Shaped refractory products — Sampling and acceptance testing*

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

ISO 6508-2:2016, *Metallic materials — Rockwell hardness test — Part 2: Verification and calibration of testing machines and indenters*

ISO 6892-1, *Metallic materials — Tensile testing — Part 1: Method of test at room temperature*

ISO 16859-1, *Metallic materials — Leeb hardness test — Part 1: Test method*

ASTM E448-82(2008), *Standard Practice for Scleroscope Hardness Testing of Metallic Materials*

3 Begriffe und Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60276:2018 und die folgenden Begriffe.

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

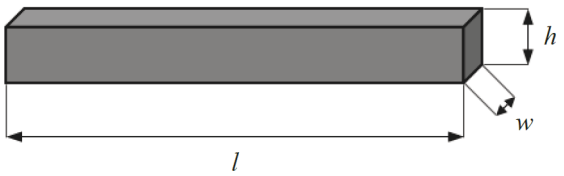
- IEC Electropedia: verfügbar unter https://www.electropedia.org/
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter https://www.iso.org/obp

3.1
Probe
ein oder mehrere Prüfstück(e) aus einem Los, das bzw. die Informationen über das betrachtete Los geben soll(en) und möglicherweise als Grundlage für eine Entscheidung über das Los oder den Prozess, mit dem es/sie hergestellt wurde(n), dient bzw. dienen

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Los besteht aus einer oder mehreren Produktionschargen, siehe ISO 2859-1.

[QUELLE: ISO 5022:1979, 2.3 – „Population“ wurde durch „Los“ ersetzt.]

3.2
Probekörper
ein Block oder mehrere Blöcke, der/die aus einem Prüfstück herausgelöst wird/werden, mit den in Bild 1 angegebenen Maßen h, w und l



Legende

h Höhe

w Breite

l Länge

Bild 1 – Maße eines Probekörpers

Anmerkung 1 zum Begriff: Typen und Maße von Probekörpern werden in Tabelle 4 festgelegt.

3.3
Parallelität
Differenz zwischen den Maßen der beiden gegenüberliegenden Seiten in einem beliebigen Querschnitt senkrecht zur Länge des Probekörpers

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

3.4
Anisotropie
Richtungsabhängigkeit einer physikalischen Eigenschaft eines Werkstoffs, die mit der während des Formgebungsprozesses des Werkstoffs erzielten Kornausrichtung verknüpft ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein solcher Werkstoff wird als anisotrop bezeichnet. Die Kornausrichtung in einem einseitig gerichteten Formgebungsprozess ergibt zwei Hauptrichtungen, die in 3.5 und 3.6 definiert werden.

3.5
mit dem Korn
WG (en: with-grain)

Anordnung des Werkstoffs, bei der die Kornausrichtung bei einer Prüfung parallel zum längsten Maß des Probekörpers verläuft

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Anordnung wird in 4.3.2 (insbesondere Tabelle 2) eingehender erklärt.

3.6
quer zum Korn
AG (en: across grain)

Anordnung des Werkstoffs, bei der die Kornausrichtung bei einer Prüfung senkrecht zum längsten Maß des Probekörpers verläuft

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Anordnung wird in 4.3.2 (insbesondere Tabelle 2) eingehender erklärt.

3.7
anisotroper Werkstoff
Bürstenwerkstoff, bei dem die Differenz zwischen der Anordnung WG und der Anordnung AG bei wenigstens einer seiner Haupteigenschaften mindestens 20 % beträgt

3.8
scheinbare Dichte
Schüttdichte
δ_a
Masse je Volumeneinheit des Werkstoffs (einschließlich Poren) geteilt durch die Masse je Volumeneinheit Wasser

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Masse je Volumeneinheit Wasser μ_w bei genormter Temperatur beträgt 1 g.cm^{-3}.Deshalb wird die scheinbare Dichte des Werkstoffs oft auf dessen Volumenmasse bezogen, die in g.cm^{-3} angegeben wird.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für körnige Werkstoffewerden oft die Begriffe Schüttdichte und Schüttvolumen (siehe 3.24) verwendet.

3.8.1
Gesamtvolumen
V_t
geometrisches Volumen des Probekörpers, das aus den Maßen h, w und l berechnet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Es wird in cm^3 angegeben.

3.9
Umgebungstemperatur
Raumtemperatur
mittlere Temperatur der Luft (oder eines anderen Mediums) in der Umgebung von elektrischen Betriebsmitteln

[QUELLE: IEV 826-10-03]

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

3.10
Prüftemperatur
ϑ, T
mittlere Temperatur innerhalb des Betriebsmittels, bei der der Probekörper geprüft wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die thermodynamische Temperatur [IEV 113-04-14] in K wird das Symbol T verwendet und für die Celsius-Temperatur [IEV 113-04-16] in °C das Symbol ϑ.

3.11
spezifischer Widerstand
spezifischer Widerstand
ρ
gemessener elektrischer Raumwiderstand, der für einen Würfel mit einheitlichen Seiten berechnet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Er wird in µΩ.m (Mikroohm-Meter) oder µΩ.cm (Mikroohm-Zentimeter) angegeben.

3.12
Potentialweite
d_e
Abstand zwischen den Enden der Potentialelektroden (bei einer Prüfung des spezifischen Widerstands)

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in mm angegeben.

3.13
Biegefestigkeit
Biegefestigkeit
σ_f
Biegebeanspruchung beim Bruch des Probekörpers bei einer Dreipunkt-Biegeprüfung, bei der der Probekörper durch eine Lastkante in der Mitte zwischen zwei Stützkanten belastet wird (siehe Bild 13)

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird üblicherweise in MPa angegeben.

3.14
Stützweite
d_s
Abstand zwischen den Berührungspunkten zwischen dem Probekörper und den Stützkanten (bei einer Biegefestigkeitsprüfung)

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in mm angegeben.

3.15
Prüfgeschwindigkeit
Geschwindigkeit der Relativbewegung zwischen dem Träger des Probekörpers oder der Haltevorrichtung und dem Belastungsstück (bei einer mechanischen Prüfung)

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in $mm.min^{-1}$ angegeben.

3.16
Härte
durch ein bestimmtes Prüfverfahren ermittelte Fähigkeit eines Werkstoffs, dem Eindringen eines festen Körpers oder einem Schlag durch einen festen Körper zu widerstehen

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

3.17
Eindruckhärte
HR (en: indentation hardness)
Härtezahl, die aus der endgültigen und der anfänglichen Eindringtiefe bestimmt wird, welche sich durch das Aufbringen einer Last durch einen kugelförmigen Eindringkörper auf den Werkstoff ergeben

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Zahl ist eine ganze Zahl und dimensionslos.

3.18
Rückprallhärte
Härte in Bezug auf die vom Probekörper nach einem Aufprall eines beweglichen Schlagkörpers bei senkrechtem Einfall aufgenommene Energiemenge

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Zahl ist eine ganze Zahl und dimensionslos.

3.19
Skleroskop-Härte
Shore-Härte
HSc, *HSd*
mit einem Skleroskop-Härtemessgerät gemessene Rückprallhärte

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Skleroskop-Härtemessgerät wird nach dem Namen des Erfinders des Messgeräts im Allgemeinen als Shore-Härtemessgerät bezeichnet, obwohl es auch andere Hersteller gibt. Es gibt zwei Modelle (Typ C und D), die zwei verschiedene Symbolen *HSc* und *HSd* verwenden – siehe 8.2.

Anmerkung 2 zum Begriff: Diese Zahl ist eine ganze Zahl und dimensionslos.

3.20
Leeb-Härte
HLD (en: Leeb hardness)
Rückprallhärte, die mit einem Leeb-Härteprüfgerät gemessen wird, welches mit einem Schlaggerät des Typs D ausgerüstet ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Zahl ist eine ganze Zahl und dimensionslos.

3.21
Aufschlaggeschwindigkeit
v_A
Geschwindigkeit des Schlagkörpers, die vor einem Aufprall an einer bestimmten Stelle gemessen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Aufschlaggeschwindigkeit wird in $m.s^{-1}$ angegeben.

3.22
Rückprallgeschwindigkeit
v_R
Geschwindigkeit des Schlagkörpers, die nach einem Aufprall an einer bestimmten Stelle gemessen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Rückprallgeschwindigkeit wird in $m.s^{-1}$ angegeben.

3.23
offene Pore
Hohlraum im Werkstoff, in den eine Imprägnierflüssigkeit eindringen kann oder der entweder direkt oder über andere Poren mit der Atmosphäre (Flüssigkeit oder Gas) verbunden ist

Anmerkung 1 zum Begriff: In eine geschlossene Pore dringt dagegen weder Gas noch Flüssigkeit ein.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

3.24
scheinbares Volumen
Schüttvolumen
V_a
Volumen des Probekörpers, einschließlich aller Poren (offen und geschlossen)

Anmerkung 1 zum Begriff: Es entspricht der Summe aus dem Festkörper, den offenen und den geschlossenen Poren des Werkstoffs. Es wird in cm^3 angegeben.

3.25
Volumen der offenen Poren
V_o
Gesamtvolumen der offenen Poren im Werkstoff

Anmerkung 1 zum Begriff: Es wird in cm^3 angegeben.

3.26
scheinbare Porosität
offene Porosität
Φ_a

$$\Phi_a = \frac{V_o}{V_a} \times 100 \quad (1)$$

Dabei ist

V_o das Gesamtvolumen der offenen Poren;

V_a das scheinbare Volumen.

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in % (Volumenanteil in Prozent) angegeben.

3.27
Asche
nicht brennbare Rückstände eines Werkstoffs auf Kohlenstoffbasis

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in % (Volumenanteil in Prozent) angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Asche ist aus chemischen Elementen zusammengesetzt und deren Verbindungen bestehen aus Mineralien oder Chemikalien, die in den Rohstoffen ursprünglich enthalten waren. Diese Elemente entstehen üblicherweise durch den Abbau von Rohstoffen, oder sie werden bewusst hinzugefügt, z. B. Kieselerde oder Siliziumkarbid.

3.28
Aschegehalt
ash% (en: ash content)
Verhältnis der Aschemasse zur Masse des Probekörpers

Anmerkung 1 zum Begriff: Er wird in % (Massenanteil in Prozent) angegeben.

3.29
Charpy-Schlagzähigkeit
a_C
beim Bruch eines Probekörpers aufgenommene Schlagarbeit bezogen auf die Anfangsquerschnittsfläche des Probekörpers

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in $kJ.m^{-2}$ angegeben.

[QUELLE: ISO 179-1:2010]

3.30
Zugfestigkeit
σ_t
Höchstkraft, der der Probekörper bei einer Zugprüfung widersteht, geteilt durch die Anfangsquerschnittsfläche

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in MPa angegeben.

[QUELLE: ISO 6892-1]

3.31
Druckfestigkeit
σ_c
Höchstkraft, der der Probekörper bei einer Druckfestigkeitsprüfung widersteht, geteilt durch die Anfangsquerschnittsfläche

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in MPa angegeben.

3.32
linearer Ausdehnungskoeffizient
α
Verhältnis der Längenänderung eines Probekörpers innerhalb eines Temperaturintervalls zu diesem Temperaturintervall, bezogen auf die Anfangslänge des Probekörpers

Anmerkung 1 zum Begriff: Er wird in $10^{-6}\ K^{-1}$ angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei Anwendung des Verfahrens und der Gleichung nach C.2 wird er allgemein als der mittlere lineare Wärmeausdehnungskoeffizient bezeichnet. Weitere Einzelheiten sind ISO 14420 zu entnehmen.

3.33
spezifische Wärmekapazität
c_p
erforderliche Energiemenge je Masseeinheit, um die Temperatur eines Werkstoffs mit einer Masse von 1 kg um 1 K zu erhöhen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit ist $J.kg^{-1}.K^{-1}$.

3.34
Thermogravimetrie
TG (en: thermogravimetry)
Prüfverfahren, bei dem die Masse eines Stoffs in Abhängigkeit von der Temperatur oder der Zeit gemessen wird, während dieser einem gesteuerten Temperaturprogramm ausgesetzt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Ergebnis ist eine Thermogravimetriekurve oder TG-Kurve. Die Masse sollte auf der Ordinate, abwärts abnehmend, und die Temperatur oder Zeit auf der Abszisse, von links nach rechts zunehmend, aufgetragen werden.

3.35
Wärmeleitfähigkeit
λ
Wärmeübertragungsgeschwindigkeit durch eine Längeneinheit eines Werkstoffs, geteilt durch den Temperaturgradienten, der die Wärmeübertragung verursacht

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit ist $W.m^{-1}.K^{-1}$.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

3.36
Symbole

a	Temperaturleitfähigkeit, $mm^2.s^{-1}$
A	Querschnittsfläche des Probekörpers, m^2
a_C	Charpy-Schlagzähigkeit, %
$ash\%$	Aschegehalt, %
c_f	Multiplikationsfaktor, mm^{-2}
c_p	spezifische Wärmekapazität, $J.kg^{-1}.K^{-1}$
d_e	Potentialweite der Elektroden, mm
d_s	Stützweite, mm
E	Elastizitätsmodul, GPa
F	bei einer Belastungsprüfung angewendete Kraft, N
F_{cmax}	Höchstkraft, der der Probekörper bei einer Druckfestigkeitsprüfung widersteht, N
F_{fmax}	Kraft, die bei einer Biegefestigkeitsprüfung zum Zeitpunkt des Bruchs gemessen wird, N
F_{tmax}	Höchstkraft, der der Probekörper bei einer Zugfestigkeitsprüfung widersteht, N
F_0	Anfangsprüfkraft (Belastung bei einer Eindringprüfung), N
F_1	weitere Prüfkraft (Belastung bei einer Eindringprüfung), N
F_t	Gesamtprüfkraft (Belastung bei einer Eindringprüfung), N
g	Standardwert der Fallbeschleunigung, $m.s^{-2}$
G	Schermodul, GPa
h	Höhe des Probekörpers, mm
h_i	bleibende Eindringtiefe, mm
h_0	Anfangshöhe des Schlagkörpers über der Oberfläche des Probekörpers, mm
h_r	Rückprallhöhe des Schlagkörpers über der Oberfläche des Probekörpers, mm
HR	Eindruckhärte
HSc	Skleroskop-Härte, ermittelt mit Modell C
HSd	Skleroskope-Härte, ermittelt mit Modell D
HLD	Leeb-Härte
I	durch den Probekörper fließender Strom, A
K	aufgenommene Schlagarbeit (bei der Schlagzähigkeitsprüfung nach Charpy), J
l	Länge des Probekörpers, m oder mm
l_0	Länge des Probekörpers bei der Temperatur ϑ_0, m oder mm
L_c	parallele Länge des Probekörpers, mm
L_o	ursprüngliche Messlänge des Probekörpers, mm
L_t	Gesamtlänge des Prüfstücks des Probekörpers, mm
m	Masse des Schlagkörpers, g
m_a	Masse des Probekörpers in Luft, g
m_{ia}	Masse des Probekörpers in Luft nach dem Imprägnieren, g
m_{il}	Masse des Probekörpers in der Imprägnierflüssigkeit nach dem Imprägnieren, g
m_w	Masse des Probekörpers in Wasser, g
m_1, m_2, m_3,	Masse der Ascheschale, g

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

N	Gesamtbereichskonstante
Q	Wärmemenge, J
R	Widerstand, mΩ
S	Skalierungskonstante, mm
S_o	Anfangsquerschnitt des Probekörpers im konstanten Querschnittsbereich, mm²
T	(thermodynamische) Temperatur des Probekörpers, K
U	Spannungsfall zwischen den Potentialelektroden, V
v_A	Aufschlaggeschwindigkeit, $m.s^{-1}$
v_R	Rückprallgeschwindigkeit, $m.s^{-1}$
V_a	scheinbares Volumen des Probekörpers (einschließlich Poren), cm^3
V_l	Volumen der Flüssigkeit, die in den Probekörper eingedrungen ist, cm^3
V_o	Volumen der offenen Poren im Probekörper, cm^3
V_p	Volumen der Poren (offen und geschlossen), cm^3
V_s	Volumen des Feststoffs (ohne Poren), cm^3
V_t	Gesamtvolumen des Probekörpers (geometrisch), cm^3
w	Breite des Probekörpers, mm
α	linearer Ausdehnungskoeffizient, $10^{-6}K^{-1}$
δ_a	Scheinbare Dichte (oder Schüttdichte)
δ_l	Dichte der Flüssigkeit
δ_r	tatsächliche Dichte
δ_w	Dichte von Wasser
λ	Wärmeleitfähigkeit, $W.m^{-1}.K^{-1}$
μ_w	Volumenmasse von Wasser, $g.cm^{-3}$
ρ	spezifischer Widerstand, µΩ.m oder µΩ.cm
σ_c	Druckfestigkeit, MPa
σ_f	Biegefestigkeit, MPa
σ_t	Zugfestigkeit, MPa
Φ_a	scheinbare Porosität, %
Φ_t	Gesamtporosität, %
v	Poissonzahl
ϑ_o	Referenztemperatur, °C
ϑ	Temperatur des Probekörpers, °C

4 Probekörper

4.1 Allgemeines

Die Messungen der in den Abschnitten 5 bis 10 angegebenen Eigenschaften werden an Probekörpern durchgeführt, die aus einem oder mehreren aus einer Probe herausgelösten Prüfstück(en) stammen.

Die für diese Prüfungen verwendeten Proben müssen für die betreffende Werkstoffcharge repräsentativ sein, wobei ein anerkanntes und/oder vereinbartes Probenahmeverfahren anzuwenden ist.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

Der Probenahmeplan wird vom Werkstoffhersteller festgelegt. Die Anzahl der Proben (und damit die Anzahl der Probekörper) hängt von der Prüfkategorie (Stück- oder Typprüfung) ab, die in Anhang A definiert ist. Für die Produktionskontrolle (Stückprüfung) wird empfohlen, die in den Normen ISO 2859-1 und/oder ISO 5022 festgelegten Verfahren anzuwenden.

In den folgenden Unterabschnitten werden die verschiedenen Typen von Probekörpern und deren Vorbereitung festgelegt.

4.2 Typen von Probekörpern

4.2.1 Allgemeines

Ein Probekörper kann sein:

– ein Prüfstück im Ist-Zustand oder mit einer vorbereiteten Oberfläche;

– ein aus einem Prüfstück herausgearbeiteter Block einer bestimmten Größe.

In diesem Unterabschnitt werden mehrere Typen von Probekörpern festgelegt. Anhand des Messverfahrens für jede Eigenschaft (Abschnitt 5) werden die Typen und die Mindestanzahl der zu prüfenden Probekörper festgelegt.

Prüfungen, die an Probekörpern mit unterschiedlichen Maßen oder an Probekörpern, die unter unterschiedlichen Bedingungen hergestellt wurden, durchgeführt werden, können zu Ergebnissen führen, die nicht vergleichbar sind. Die Ergebnisse können auch durch andere Faktoren, wie die Prüfgeschwindigkeit und die Vorbehandlung der Probekörper, beeinflusst werden.

Infolgedessen kann eine große Anzahl von Probekörpern erforderlich sein, um Messungen zur Bestimmung der gesamten Liste von Eigenschaften durchzuführen. Dennoch kann ein Probekörper mehreren aufeinander folgenden Prüfungen unterzogen werden (z. B. Dichte, spezifischer Widerstand und Biegefestigkeit).

4.2.2 Typ A

Dieser Typ von Probekörpern entspricht einem einer Probe entnommenen Prüfstück, d. h. einem Block oder einer Platte ohne Ausschnitt.

Es werden zwei Untertypen definiert:

– Typ A1: ein von Staub befreites Prüfstück im Herstellungszustand;

– Typ A2: ein bearbeitetes Prüfstück, um eine glatte und ebene Oberfläche zu erhalten.

4.2.3 Typ B

Dieser Typ umfasst Probekörper mit einem rechteckigen Querschnitt, die aus einem Prüfstück (das ein Block, eine Platte oder eine Bürste sein kann) herausgeschnitten und bearbeitet werden. Die Vorbereitung der Probekörper muss nach 4.3 erfolgen.

Beispielsweise wird eine Säge (oder eine andere Vorrichtung) zum Schneiden der Probe auf eine geeignete Größe verwendet. Außerdem kann eine Schleifscheibe (oder eine andere Vorrichtung) zur Bearbeitung des Probekörpers verwendet werden, so dass alle aneinander angrenzenden Flächen rechtwinklig sind.

Die Maße $h \times w \times l$ sind an das Prüfverfahren und/oder die Wekstofffamilie gebunden.

In jedem Fall muss das kleinste Maß mindestens das Zweifache des größten Gefügebestandteils (z. B. größte Korngröße) des zu prüfenden Werkstoffs betragen, darf aber nicht kleiner als 4 mm sein.

Die Länge des Probekörpers muss mindestens das Dreifache seiner Breite oder seines Durchmessers betragen.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

ANMERKUNG Form und Größe der Probe wirken sich auf die Messung aus, insbesondere bei der Biegefestigkeit (Weibull-Verteilung).

Die verschiedenen Untertypen und deren Maße sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 – Maße von Probekörpern des Typs B

Maße in Millimeter

Typ	*h*	*w*	*l*
B1	5	5	30
B2	4	8	32
B3	5	5	40
B4	10	10	64
B5	12	25	90

4.2.4 Typ C

In diesen Typ werden Probekörper ohne besondere Form und spezifische Maße eingeordnet, wenn für die Bestimmung einer Eigenschaft keine Probe des Typs A oder B erforderlich ist.

Gegebenenfalls werden die Außenmaße und/oder die Masse von Probekörpern des Typs C im Prüfverfahren festgelegt.

4.2.5 Typ D

Dieser Typ bezieht sich auf Blöcke mit kleineren Maßen als die Probekörper des Typs B1. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn die Bürste direkt auf ihre endgültigen Maße geformt (auf Maß gepresst) wird.

Es ist möglich, dass einige der in den Abschnitten 5 bis 10 beschriebenen Eigenschaften nicht geprüft werden können, da sie unbedingt einen Probekörper des Typs B erfordern (z. B. spezifischer Widerstand und Biegefestigkeit).

Wenn es zulässig ist, können die Maße verringert werden. Es wird jedoch empfohlen, dass die Länge mindestens das Dreifache der Breite (oder des Durchmessers) beträgt. Dieser Fall wird in jedem Prüfverfahren dieses Dokuments ausdrücklich angegeben.

4.3 Vorbereitung der Probekörper

4.3.1 Allgemeines

Dieser Unterabschnitt gilt für Probekörper der Typen A, B und D. Er legt die Vorbereitung und die Überprüfung der Probekörper fest, d. h.:

– die bei der Herstellung (Bearbeitung oder Formgebung) zu beachtende Kornausrichtung;
– das Prüfverfahren für die Messung der Maße, gegebenenfalls mit Kategorien von Grenzabweichungen;
– die Anforderungen an die Parallelität und Rechtwinkligkeit, falls anwendbar;
– die Anforderungen an die Rauheit, falls anwendbar.

Wird der Probekörper aus einer Probe herausgearbeitet, sollte er nicht in dem Bereich geschnitten werden, der zur Außenseite hin geschlossen ist (Brennhaut). Siehe Bild 2 und Bild 3.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

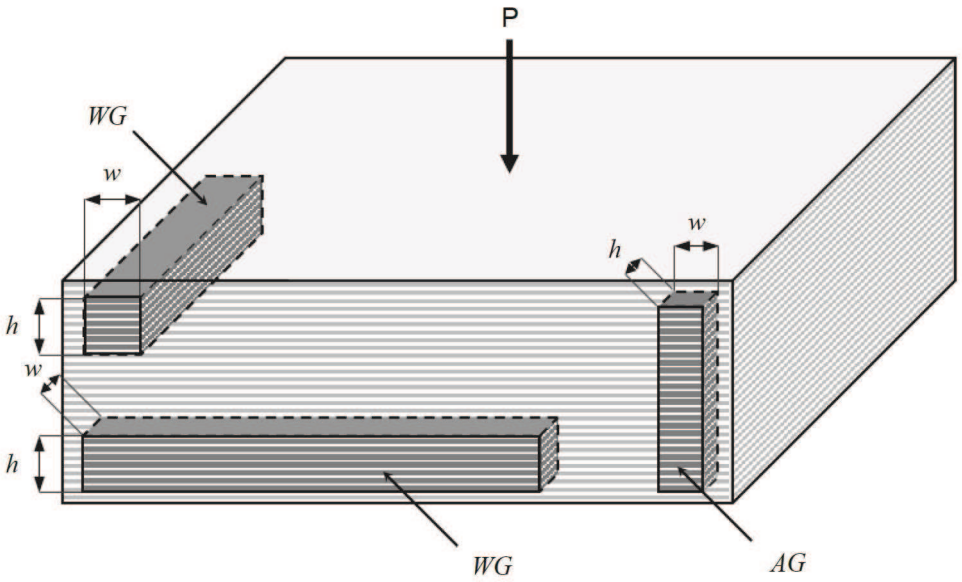
4.3.2 Beziehung zwischen Maßen und Kornausrichtung

Bürstenwerkstoffe (und damit auch Schleifkontakte) können anisotrop sein, d. h. ihre Eigenschaften sind abhängig von der Messrichtung verschieden. Diese Anisotropie entsteht durch die Ausrichtung der agglomerierten Körner während des Formgebungsvorgangs:

– beim einseitig gerichtetem Formpressen (uniaxiales Formpressen): die Körner sind in einer Ebene senkrecht zur Pressrichtung ausgerichtet;

– beim Strangpressen: die Körner sind in Linien parallel zur Strangpressrichtung ausgerichtet.

Bild 2 und Bild 3 stellen die Kornausrichtung für das jeweilige Herstellungsverfahren dar.



Legende

h Höhe

w Breite

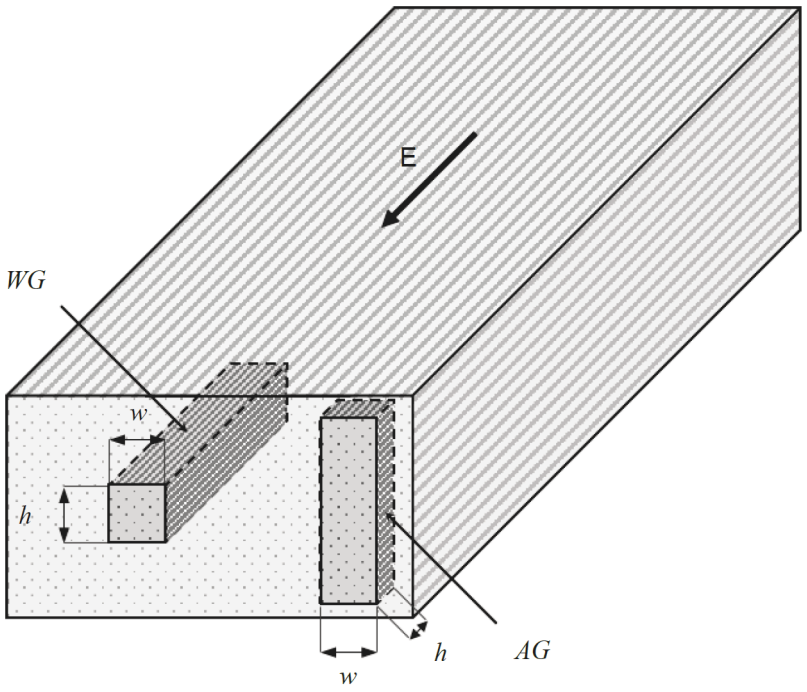
P Pressrichtung beim Formpressen

Weiße Striche zeigen die Ebenen der Kornausrichtung.

Bild 2 – Anordnung des Probekörpers bezogen auf die Richtung des Formpressens

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09



Legende

h Höhe

w Breite

E Richtung des Strangpressens

Graue Striche zeigen die Linien der Kornausrichtung.

Bild 3 – Anordnung des Probekörpers bezogen auf die Richtung des Strangpressens

Anisotropie kann vor allem bei Bakelitgraphit (BG), Kohlenstoffgraphit (CG), Hartkohlenstoff (HC) und Metallgraphit (MG) festgestellt werden, während sie bei Elektrographit (EG) bekanntermaßen unerheblich ist.

Die Folge ist, dass einige der Eigenschaften, wie der spezifische Widerstand und die Biegefestigkeit, abhängig davon, wie der Probekörper aus dem Prüfstück geschnitten wird, unterschiedlich sind.

Daher werden in Tabelle 2 zwei Anordnungen festgelegt und in Bild 2 für das einseitig gerichtete Formpressen und in Bild 3 für das Strangpressen dargestellt.

Tabelle 2 – Typ der Anordnung entsprechend dem Formgebungsprozess für das Prüfstück

Typ der Anordnung	Auswirkung der Anordnung auf die geprüfte Eigenschaft	Einseitig gerichtetes Formpressen	Strangpressen
WG	Die Eigenschaft wird „mit dem Korn“ gemessen.	Die Ebenen der Kornausrichtung verlaufen parallel zur Ebene $w \times l$ des Probekörpers. [a]	Die Linien der Kornausrichtung verlaufen senkrecht zur Ebene $h \times w$ des Probekörpers.
AG	Die Eigenschaft wird „quer zum Korn“ gemessen.	Die Ebenen der Kornausrichtung verlaufen senkrecht zur Ebene $h \times w$ des Probekörpers.	Die Linien der Kornausrichtung verlaufen senkrecht zur Ebene $w \times l$ des Probekörpers. [b]

[a] Für diesen Fall gibt es zwei Möglichkeiten für die Herausarbeitung des Probekörpers aus einem Block, wie in Bild 2 dargestellt.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

Typ der Anordnung	Auswirkung der Anordnung auf die geprüfte Eigenschaft	Einseitig gerichtetes Formpressen	Strangpressen
[b] Die Linien verlaufen auch parallel zur Ebene $h \times l$. Wie bei Anmerkung [a] gibt es auch hier zwei Bearbeitungsmöglichkeiten (die zweite Möglichkeit ist in Bild 3 nicht dargestellt, damit es nicht unübersichtlich wird).			

Bei einem quadratischen Querschnitt des Probekörpers muss an diesem eine Markierung angebracht werden (z. B. ein weißer Strich parallel zur Ausrichtung), um die Form- oder Strangpressrichtung zu kennzeichnen, damit der Bediener den Probekörper richtig in die Prüfeinrichtung einsetzen kann.

4.3.3 Anforderungen an Probekörper

4.3.3.1 Messung der Maße

Die Höhe h, die Breite w und die Länge l müssen entweder mit einer Bügelmessschraube, einem Messgerät mit digitaler Anzeige oder einem Messschieber an Punkten gemessen werden, die mit einer Grenzabweichung von ±2 mm in der Mitte des Probekörpers liegen.

ANMERKUNG Die Anordnung, die Eigenschaften und die Messtechnik (regelmäßige Kalibrierung usw.) der genannten Messgeräte werden in den zutreffenden Normen ISO 3611, ISO 13102 und ISO 13385-1 beschrieben.

Die Fehlergrenze des Messgeräts muss entsprechend den Grenzabweichungen der zu messenden Maße gewählt werden (siehe Tabelle 3), wenn sie nicht im Abschnitt für die Prüfeinrichtung der zu messenden Eigenschaft angegeben ist.

Bei Verwendung einer Bügelmessschraube müssen der Andruckfuß eine ebene, kreisförmige Kontaktfläche mit einem Durchmesser von mindestens 4 mm und der Amboss eine kugelförmige Kontaktfläche mit einem Radius von 50 mm haben, um Messfehler durch eine Fehlausrichtung des Prüfstücks zu vermeiden.

4.3.3.2 Grenzabweichungen für Maße

Es werden zwei Kategorien festgelegt:

– Kategorie 1: wenn die Maße an jedem Probekörper gemessen und anschließend in die Gleichung der zu bestimmenden Eigenschaft eingesetzt werden;

– Kategorie 2: wenn die Maße nicht an jedem Probekörper gemessen werden und die in Tabelle 2 angegebenen Nennwerte in die Gleichungen für die zu bestimmende Eigenschaft eingesetzt werden. In Bezug auf die Rechtwinkligkeit obliegt es dem Bürstenhersteller, einen geeigneten Prüfplan für die Bewertung der Einhaltung der Grenzabweichungen für diese Kategorie festzulegen.

Die Grenzabweichungen für die Maße $h \times w \times l$ des Probekörpers für die jeweilige Kategorie müssen Tabelle 3 entsprechen.

Tabelle 3 – Grenzabweichungen für die Maße des Probekörpers für die jeweilige Kategorie

Maße in Millimeter

Maß	Kategorie 1	Kategorie 2
h	±0,10	±0,04
w	±0,10	±0,04
l	±1,0	±0,8

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

4.3.3.3 Rechtwinkligkeit und Parallelität

Alle Winkel zwischen benachbarten Seiten des Probekörpers müssen 90° ± 15' betragen. Die Parallelität zwischen gegenüberliegenden Seiten muss eine Grenzabweichung von ±0,04 mm aufweisen.

Es obliegt dem Bürstenhersteller, den Prüfplan für die Bewertung der Rechtwinkligkeit festzulegen (jeweiliger Probekörper einer Probe, zufällig aus einer Probe entnommene Probekörper, regelmäßig entnommene Probekörper usw.).

4.3.3.4 Aussehen der Oberfläche

Wenn es im Absatz über das Prüfverfahren für die jeweilige Eigenschaft des Probekörpers angegeben ist, müssen die Oberflächen des Probekörpers, die geprüft werden, auf die für Kohlebürsten übliche Oberflächenbeschaffenheit bearbeitet oder geschliffen werden, d. h., dass alle Oberflächenunregelmäßigkeiten und/oder Spuren des Formpressverfahrens (Guss- oder Extrusionshaut) entfernt werden.

Es wird eine Rauheit von höchstens 5 µm empfohlen.

ANMERKUNG Es handelt sich um eine arithmetische Rauheit (Ra), die mit einem Rauheitsmessgerät nach ISO 21920-2 oder ISO 4287 gemessen wird.

5 Scheinbare Dichte

5.1 Allgemeines

Mit dem hier beschriebenen Verfahren wird die scheinbare Dichte (oder Schüttdichte) von Pressstoffkörpern aus Kohlenstoff- und Graphitwerkstoffen an rechteckigen Blockprobekörpern und unregelmäßig geformten Probekörpern bestimmt.

Die scheinbare Dichte kann mit einem der folgenden Standardverfahren bestimmt werden.

– Bei rechteckigen Blockprobekörpern: Masse-und-Maße-Verfahren

  Es ist für Typprüfungen und die Qualitätskontrolle in der Produktion (Serienprüfung) geeignet und sollte bevorzugt angewendet werden, da die meisten Werkstoffe porös sind.

– Bei unregelmäßig geformten Probekörpern: Eintauchverfahren

  Das Eintauchverfahren wird als Alternative angesehen und ist für Fälle vorbehalten, in denen das Masse-und-Maße-Verfahren nicht angewendet werden kann oder ungeeignet ist.

Es wird davon ausgegangen, dass alle diese Verfahren eine Unsicherheit von drei signifikante Stellen aufweisen, was für die Überprüfung dieser Eigenschaften ausreichend ist, da Produkte aus Kohlenstoffgraphit sehr viel veränderlicher sind als Metalle.

5.2 Masse-und-Maße-Verfahren

5.2.1 Allgemeines

Dieses Verfahren ist nur für rechteckige, parallelepipedische Blockprobekörper anwendbar.

ANMERKUNG 1 Die mit diesem Verfahren bestimmte scheinbare Dichte wird auch als geometrische Dichte bezeichnet.

ANMERKUNG 2 Die Normen ISO 12985-1 und ASTM C559 beschreiben gleichwertige Prüfverfahren.

5.2.2 Messprinzip

Die Geometrie des Probekörpers und seine Masse werden gemessen, und die scheinbare Dichte wird nach Gleichung (2) berechnet.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

5.2.3 Prüfeinrichtung

5.2.3.1

Messgerät für die Messung der Maße nach 4.3.3.1.

- Für Probekörper mit einem Höchstmaß ≤25 mm muss die Bügelmessschraube (±0,001 mm) verwendet werden.
- Für Probekörper mit einem Höchstmaß >25 mm ist der Messschieber (±0,01 mm) ausreichend.

5.2.3.2

Waage, die zum Wägen des Probekörpers geeignet ist, mit einer Messunsicherheit von:

- ±0,001 g (vier signifikante Stellen) für kleine Proben mit Maßen von w und h bis zu 5 mm;
- ±0,01 g (drei signifikante Stellen) für größere Proben.

ANMERKUNG Die in 5.2.3 angegebenen Grenzabweichungen der Messgeräte sind so festgelegt, dass der Einfluss auf die Messwerte auf 0,5 % begrenzt wird.

5.2.4 Prüfbedingungen

Alle Prüfungen sollten bei (20 ± 5) °C durchgeführt werden. Die genaue Umgebungstemperatur muss aufgezeichnet werden.

5.2.5 Durchführung der Prüfung

Die Masse des Probekörpers m_a wird mit der in 5.2.3.2 angegebenen Mindestanzahl signifikanter Stellen gewogen.

5.2.6 Berechnung und Bericht

Das in cm³ angegebene Volumen V_t des Probekörpers muss mit Gleichung (2) berechnet werden:

$$V_t = h \times w \times l \quad (2)$$

Dabei werden/wird

h, w und l in cm angegeben;

V_t in cm³ angegeben.

Anschließend wird die scheinbare Dichte δ_a nach der folgenden Gleichung (3) berechnet:

$$\delta_a = \frac{m_a}{V_t} \quad (3)$$

Dabei ist

m_a die Masse des Probekörpers, angegeben in g;

δ_a die scheinbare Dichte.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

Die Ergebnisse für den jeweiligen Probekörper werden im Prüfbericht nach Abschnitt 11 mit drei Dezimalstellen angegeben.

5.3 Eintauchverfahren

5.3.1 Allgemeines

Dieses Verfahren wird für jede Art von Probekörpern angewendet, insbesondere wenn diese eine komplexe und unregelmäßige Geometrie aufweisen.

ANMERKUNG Die Norm ISO 12985-2 beschreibt ein ähnliches Verfahren.

5.3.2 Messprinzip

Das Prinzip beruht auf dem hydrostatischen Verfahren, bei der ein Probekörper vor und nach dem Eintauchen in Wasser gewogen wird. Das Volumen des Probekörpers wird aus der Masse des verdrängten Wassers bestimmt, weshalb es auch als „archimedische Dichte“ bezeichnet wird. Die scheinbare Dichte wird nach 5.3.8, Gleichung (4), berechnet.

5.3.3 Reagenzien

Destilliertes Wasser oder Wasser mit einer gleichwertigen Reinheit.

5.3.4 Prüfeinrichtung

5.3.4.1

Waage mit einer Messunsicherheit von:

- ±0,01 g oder besser (drei signifikante Stellen) für große Probekörper;
- ±0,001 g für kleine Probekörper (vier signifikante Stellen).

5.3.4.2

Behälter, der mit destilliertem Wasser zu füllen ist, mit größeren Maßen als die der Probekörperhaltevorrichtung.

5.3.4.3

Probekörperhalter zum Halten des Probekörpers in Luft und/oder Wasser, z. B. eine Schale oder ein Korb.

5.3.4.4

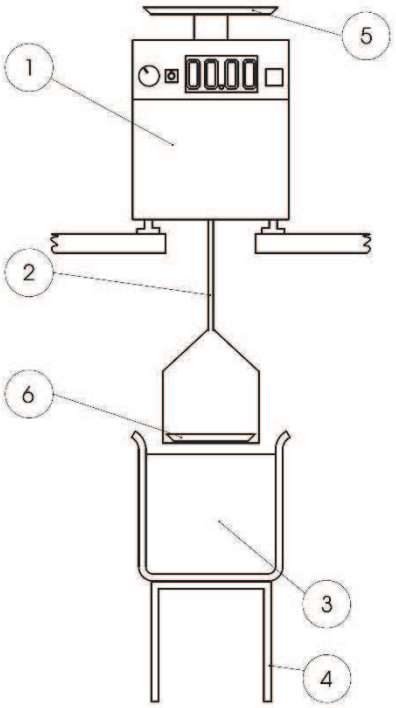
Probekörperhaltevorrichtung zum Wägen des Probekörpers in Luft und Wasser.

Es gibt zwei Arten von Vorrichtungen, a) und b), und das entsprechende Prüfverfahren richtet sich nach der Größe des Probekörpers.

a) Typ für Verfahren A – Für „große“ Probekörper mit Maßen, die den Festlegungen für Typ B5 (siehe 4.2) entsprechen oder größer sind, muss die Prüfeinrichtung wie nachstehend beschrieben und in Bild 4 dargestellt aufgebaut werden:
   - ein Korb am Probekörperhalter 6, der mit einem Draht, einer Kette oder einer Stange 2 an der Waage 1 aufgehängt wird (die Masse des Korbs und der Aufhängevorrichtung muss möglichst gering sein);
   - ein unter dem Probekörperhalter angebrachter und mit Wasser gefüllter Behälter 3 mit einer Vorrichtung 4, die diesen auf und ab bewegen kann;
   - wahlfrei eine Schale 5, die auf die Waage gestellt wird.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09



Legende

1 Waage

2 Probekörperhalter

3 Wasserbehälter

4 Vorrichtung zum Auf- oder Abbewegen des Wasserbehälters

5 auf die Waage 1 gestellte Schalte

6 Korb am Probekörperhalter 2

Bild 4 – Prüfeinrichtung zur Messung der scheinbaren Dichte durch das Eintauchverfahren A für große Probekörper

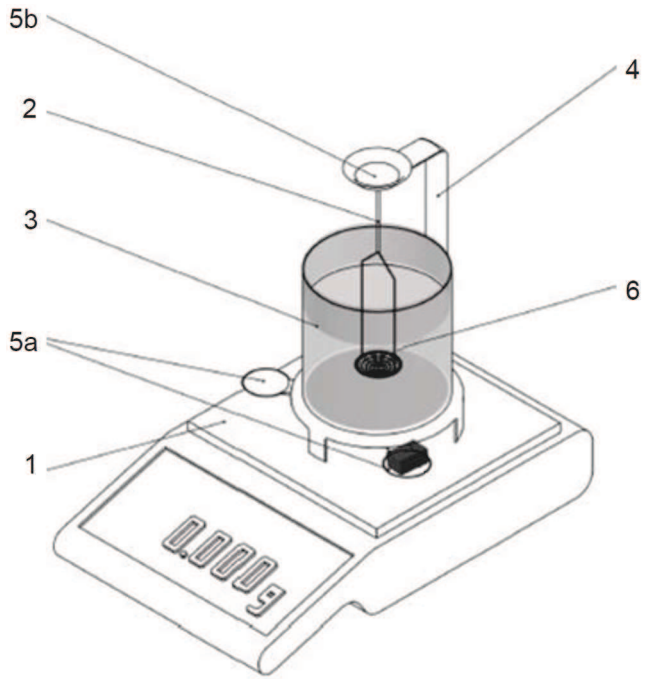
b) Typ für Verfahren B – Für „kleine“ Probekörper mit Maßen, die geringer sind als für Typ B5 (siehe 4.2) festgelegt, muss die Prüfeinrichtung wie nachstehend beschrieben und in Bild 5 dargestellt aufgebaut werden:

- der Wasserbehälter 3 wird auf die Waage 1 gestellt;
- der Probekörperhalter umfasst einen Korb 6 (der in Wasser eingetaucht wird) und wird an einer Haltevorrichtung 4 aufgehängt;
- eine Schale zum Wägen des Probekörpers in Luft, die auf den Probekörperhalter (5b) oder die Waage (5a) gestellt werden kann.

ANMERKUNG Eine solche Vorrichtung wird als Dichte-Kit bezeichnet.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09



Legende

1 Waage
2 Probekörperhalter
3 Wasserbehälter
4 Haltevorrichtung für den Probekörper
5a auf die Waage 1 gestellte Schalte
5b auf den Probekörperhalter 2 gestellte Schale
6 in Wasser eingetauchter Korb am Probekörperhalter

Bild 5 – Prüfeinrichtung zur Messung der scheinbaren Dichte durch das Eintauchverfahren B für kleine Probekörper

5.3.5 Probekörper

Da dieses Verfahren für unregelmäßig geformte Probekörper angewendet werden kann, ist keine weitere Vorbereitung erforderlich, außer dass sicherzustellen ist, dass die Probe sauber, trocken und frei von Fremdmetall oder Fremdstoffen ist.

Bei stark porösen Werkstoffen besteht die Möglichkeit, alle Oberflächen des Probekörpers möglichst dünn mit einem wasserundurchlässigen Stoff (z. B. Vaseline) abzudecken. Wird diese Möglichkeit genutzt, ist sicherzustellen, dass die Messung der Masse nicht wesentlich beeinflusst wird.

5.3.6 Prüfbedingungen

Alle Prüfungen sollten bei (20 ± 5) °C durchgeführt werden. Die genaue Umgebungstemperatur muss aufgezeichnet werden.

5.3.7 Durchführung der Messung

5.3.7.1 Allgemeines

Die allgemeine Durchführung richtet sich nach dem in 5.3.2 angegebenen Prinzip.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

Es gibt zwei verschiedene Verfahren, die abhängig von den Maßen des Probekörpers angewendet werden, wie in 5.3.4 beschrieben:

– Verfahren A wird für „große“ Probekörper mit Maßen angewendet, die den Festlegungen für Typ B5 (siehe 4.2.3) entsprechen oder größer sind;

– Verfahren B wird für „kleine“ Probekörper mit Maßen angewendet, die kleiner sind als für Typ B5 (siehe 4.2.3) festgelegt.

Vor jeder Messung:

– Ist der Behälter leer, wird eine ausreichende Menge destilliertes Wasser eingefüllt (der Probekörper muss vollständig eingetaucht sein, wenn er auf den Korb gestellt wird). Ist er nicht leer, muss sichergestellt werden, dass der Wasserstand ausreicht und das Wasser klar ist.

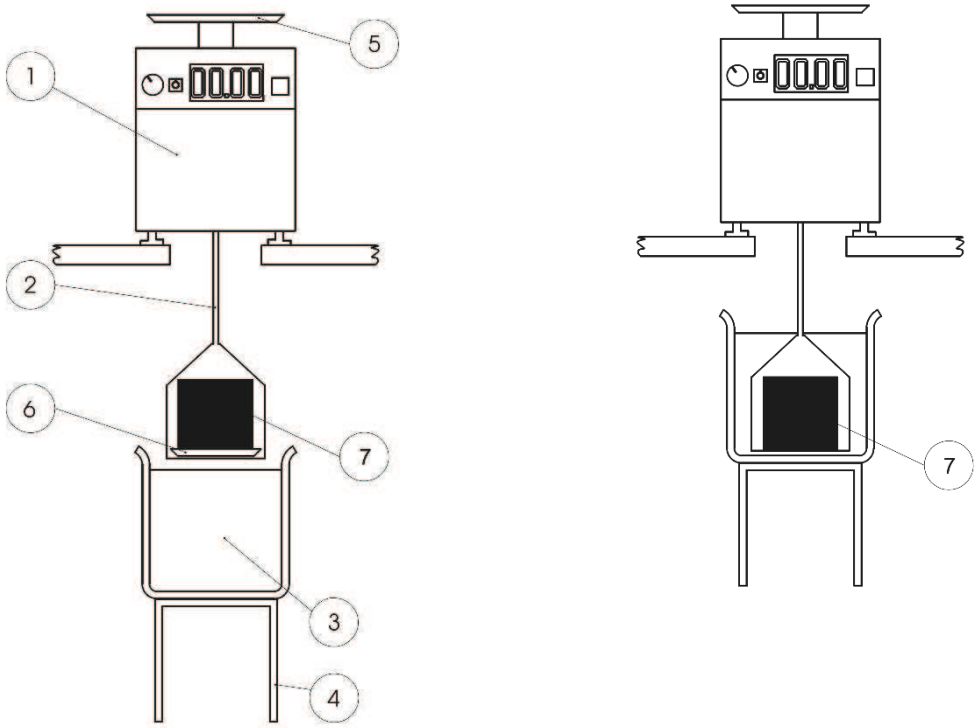
– Es ist sicherzustellen, dass die Probekörper frei von Staub sind.

5.3.7.2 Eintauchverfahren A

Bei diesem Verfahren wird die in 5.3.4.4 a) angegebene und in Bild 6 dargestellte Vorrichtung verwendet.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09



a) Wägen in Luft **b) Wägen in Wasser**

Legende

1 Waage
2 Probekörperhalter
3 Wasserbehälter
4 Vorrichtung zum Auf- oder Abbewegen des Wasserbehälters
5 auf die Waage 1 gestellte Schalte
6 im Korb am Probekörperhalter 2 angeordnete Schale
7 Probekörper

ANMERKUNG Bild 6 a) zeigt das Wägen in Luft unter Anwendung der Schale 6.

Bild 6 – Messung der scheinbaren Dichte mit dem Eintauchverfahren A

1) Die Waage 1 wird ausgerüstet mit dem Probekörperhalter 2 auf Null gestellt.
2) Die Probe wird mit der oben aufgestellten Schale 5 oder mit der in den Korb am Probekörperhalter eingesetzten Schale 6 in Luft gewogen, wie in Bild 6 a) dargestellt.

   Die Masse m_a wird in Gramm mit drei signifikanten Stellen aufgezeichnet.
3) Der Probekörper wird unter Anwendung der Schale 6 unter Wasser gewogen, wie in Bild 6 b) dargestellt.

Die Masse m_w in Gramm wird mit drei signifikanten Stellen aufgezeichnet.

5.3.7.3 Eintauchverfahren B

Bei diesem Verfahren wird die in 5.3.4.4 b) angegebene und in Bild 7 dargestellte Vorrichtung verwendet.

1) Die Waage 1 wird ausgerüstet mit dem Probekörperhalter 2 und dem Behälter 3 (mit Wasser gefüllt) auf Null gestellt.

Documents
Document Sharing Hub

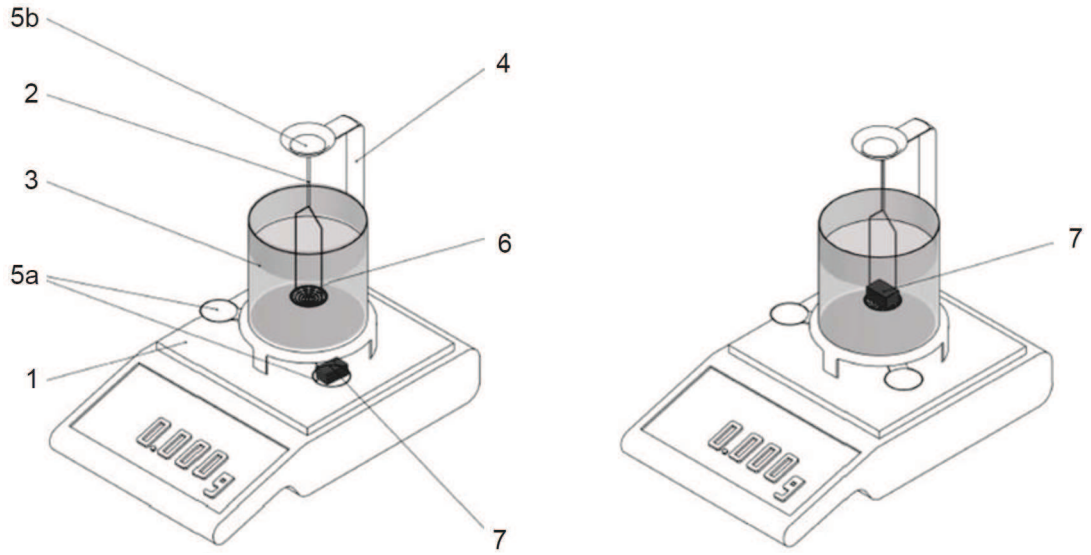
Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

2) Der Probekörper wird mit der oben aufgestellten Schale 5b oder mit der unteren Schale 5a gewogen, wie in Bild 7 a) dargestellt.

   Die Masse m_a wird in Gramm mit vier signifikanten Stellen aufgezeichnet.

3) Der Probekörper wird unter Anwendung des Korbs am Probekörperhalter 6 unter Wasser gewogen, wie in Bild 7 b) dargestellt, wobei darauf zu achten ist, dass alle Blasen beseitigt sind.

   Die Masse m_w wird in Gramm mit vier signifikanten Stellen aufgezeichnet.



a) Wägen in Luft **b) Wägen in Wasser**

Legende

1	Waage
2	Probekörperhalter
3	Wasserbehälter
4	Haltevorrichtung für den Probekörper
5a	auf die Waage 1 gestellte Schalte
5b	auf den Probekörperhalter 2 gestellte Schale
6	in Wasser eingetauchter Korb am Probekörperhalter
7	Probekörper

Bild 7 – Messung der scheinbaren Dichte mit dem Eintauchverfahren B

5.3.8 Berechnung

Die Dichte eines Festkörpers wird mit Hilfe von Wasser mit bei einer bestimmten Temperatur bekannten Dichte (Archimedische Dichte) bestimmt.

Die scheinbare Dichte δ_a wird mit Gleichung (4) berechnet:

$$\delta_a = \delta_w \times \frac{m_a}{m_a - m_w} \quad (4)$$

Dabei ist

m_a die Masse in Luft, in g;

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

m_w die Masse in Wasser, in g;

δ_w die Dichte von Wasser, in g.cm^{-3}.

Unter den in 5.3.6 angegebenen Prüfbedingungen kann davon ausgegangen werden, dass die Dichte von Wasser μ_w annähernd 1 g.cm^{-3} beträgt. Für eine bessere Genauigkeit der scheinbaren Dichte δ_a muss jedoch in Gleichung (4) der genaue Wert der Dichte von Wasser δ_w verwendet werden. Dieser Wert kann mit Messungen unter den gleichen Prüfbedingungen, z. B. mit einem Pyknometer, oder durch Berechnung (Gleichungen oder grafische Darstellungen sind im Internet verfügbar – siehe ANMERKUNG 1) ermittelt werden.

BEISPIEL Die Dichte von reinem Wasser beträgt 0,999 1 g.cm^{-3} bei 15 °C, 0,998 2 g.cm^{-3} bei 20 °C und 0,994 0 g.cm^{-3} bei 35 °C.

ANMERKUNG 1 Es gibt verschiedene Gleichungen, die von einer Virialgleichung abgeleitet werden, wobei die Gleichung nach „Thiesen“ (5) die gebräuchlichste ist:

$$\delta_w(\vartheta) = a_5 \times \left[1 - \frac{(\vartheta + a_1)^2 \times (\vartheta + a_2)}{(a_3 \times (\vartheta + a_4))}\right] \quad (5)$$

Dabei ist/sind

ϑ die Temperatur von Wasser, angegeben in °C;

a_1, a_2, a_3, a_4 und a_5 Konstanten: a_1 = −3,983 035 °C; a_2 = 301,797 °C; a_3 = 522 528,9 °C^2; a_4 = 69,348 81 °C; a_5 = 0,999 974 950 g.m^{-3}.

ANMERKUNG 2 Waagen mit Dichte-Kit führen die Berechnung selbsttätig aus. Einige von ihnen führen auch die Temperaturkorrektur durch.

Die Ergebnisse für den jeweiligen Probekörper werden im Prüfbericht nach Abschnitt 11 mit drei Dezimalstellen angegeben.

6 Spezifischer Widerstand

6.1 Allgemeines

Es gibt mehrere allgemein gebräuchliche Verfahren zur Bestimmung des spezifischen Widerstands von Werkstoffen für Schleifkontakte. Die in dieser Norm festgelegten Verfahren sind:

– Strom-Spannungs-Messverfahren, in 6.2;

– Wirbelstromverfahren, in 6.3.

ANMERKUNG Das in der vorangegangenen Ausgabe beschriebene Kelvin-Brücken-Verfahren ist in diesem Dokument nicht mehr enthalten, da es eine geringe Messgenauigkeit und ein hohes Erwärmungsrisiko für den Probekörper aufweist.

6.2 Strom-Spannungs-Messverfahren

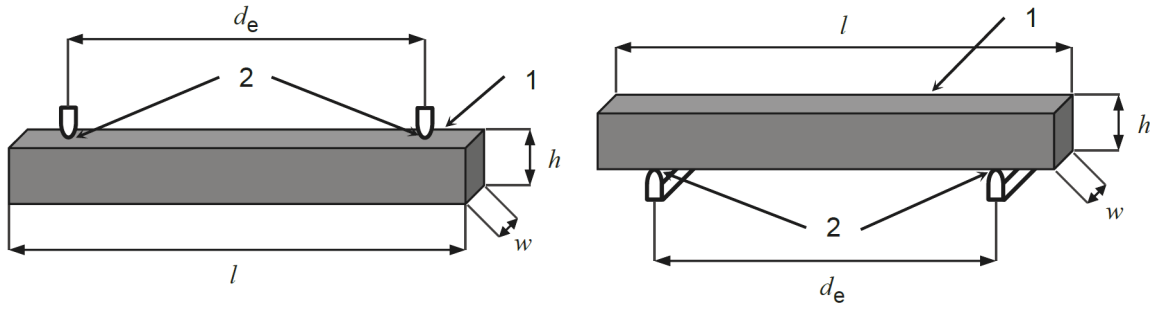
6.2.1 Messprinzip

Bei diesem Verfahren wird ein geringer elektrischer Strom in einen Probekörper mit bekannten Maßen eingespeist, und anschließend wird die Spannung (oder der Widerstand) zwischen zwei Elektroden mit dem Abstand d_e gemessen. Der spezifische Widerstand wird dann mit Gleichung (6) bestimmt (siehe 6.2.6).

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

Bild 8 zeigt die Befestigung des Probekörpers an der Prüfeinrichtung mit zwei Arten von Elektroden: a) Punktelektroden und b) Stabelektroden.



a) Punktelektroden **b) Stabelektroden**

Legende

1 Probekörper

2 Messelektroden

d_e Abstand zwischen den Messelektroden

Bild 8 – Lage der Messelektroden am Probekörper

6.2.2 Prüfeinrichtung

6.2.2.1

Konstantstromquelle für Gleichstrom bis 8 A mit einer Spannung unter 6 V.

6.2.2.2

Amperemeter für Gleichstrom bis 8 A mit einer Messunsicherheit von höchstens 0,5 %.

6.2.2.3

Millivoltmeter für Gleichstrom mit einem Widerstand von mindestens 1 000 Ω/V oder ein digitales Millivoltmeter, das Spannungen zwischen 0,01 mV und 5 000 mV mit einer Messunsicherheit von höchstens 0,1 % messen kann.

6.2.2.4

Mikroohmmeter als eine Alternative zum Millivoltmeter und Amperemeter, das Widerstände zwischen 0,01 mΩ und 5 000 mΩ mit einer Messunsicherheit von höchstens 0,2 % messen kann.

ANMERKUNG Es wird davon ausgegangen, dass in der Prüfeinrichtung entweder das Millivoltmeter oder das Ohmmeter verwendet wird.

6.2.2.5

Vorrichtung zum Montieren und Anschließen des Stromkreises, bestehend aus:

– zwei Stromkontakte mit Oberflächen, die so angeordnet sind, dass zwischen ihnen ein Probekörper mit Maßen nach Abschnitt 4 aufgenommen werden kann, und die einen geringen Übergangswiderstand aufweisen;

  Es wird ein Stromkontakt mit einer Oberfläche empfohlen, die gleich groß oder größer als der größte Probekörpers ist (siehe auch 6.2.4.3).

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

– gerundete Potentialelektroden aus hochleitfähigem Metall (z. B. Messing oder Edelstahl) mit einer Spannweite d_e entsprechend der Länge des Probekörpers (siehe 6.2.4.3) und mit einem Radius nicht größer als 1 mm; Potentialelektroden können Punkt- oder Stabelektroden sein.
  - Die Punktelektroden müssen auf der Mittellinie der Breite angesetzt werden.
  - Stabelektroden müssen in der gleichen Ebene liegen, parallel zueinander und senkrecht zur Längsrichtung des Probekörpers verlaufen.
– gegebenenfalls einem Schalter zum Unterbrechen und Schließen des Prüfstromkreises.

Beispiele für Schaltgeräte werden in ISO 11713:2000 und ASTM C611-1998 beschrieben.

6.2.3 Probekörper

Probekörper müssen 4.2.3, Typ B, entsprechen und Maße nach Tabelle 1 haben.

Es ist zulässig, den spezifischen Widerstand direkt an einer Probe des Typs A2 (siehe 4.2.2) zu messen, um die einzelnen Blöcke eines Loses am Ende der Herstellung schnell zu prüfen. In diesem Fall besteht die Möglichkeit, dass die Messung von der an Typ B abweicht. Die Messungen sind nicht zur Überprüfung der Übereinstimmung eines Loses vorgesehen.

Der Typ des Probekörpers und seine Maße (gemessen nach 4.3.3) müssen aufgezeichnet werden.

6.2.4 Prüfbedingungen

6.2.4.1

Der Probekörper muss bei einer Umgebungstemperatur zwischen 10 °C und 35 ℃ geprüft werden. Die genaue Temperatur muss aufgezeichnet werden.

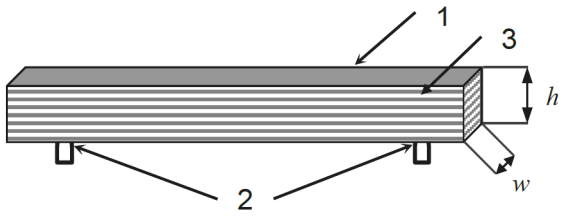
6.2.4.2

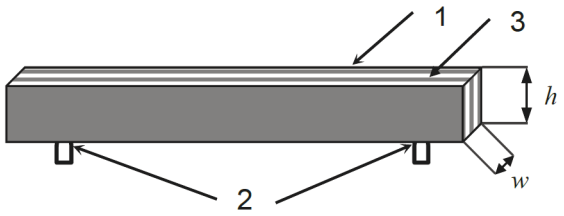
Bei **anisotropen Werkstoffen** nach der Erläuterung in 4.3.2 wirkt sich die Einbaulage des Probekörpers in Bezug auf die Kornausrichtung auf die Messung des spezifischen Widerstands aus. Daher müssen die Messungen wie folgt durchgeführt werden:

– Bei der Anordnung WG wird der Widerstand entlang der Ebenen oder Linien der Kornausrichtung gemessen, wie in Bild 9 a) und Bild 10 a) dargestellt. Mit anderen Worten dürfen die Ebenen oder Linien nicht parallel zu der Richtung verlaufen, in der die Elektroden angebracht sind.
– Bei der Anordnung AG wird der Widerstand quer zu den Ebenen oder Linien der Kornausrichtung gemessen, wie in Bild 9 b) und Bild 10 b) dargestellt. Mit anderen Worten müssen die Ebenen oder Linien parallel zu der Richtung verlaufen, in der die Elektroden angebracht sind.

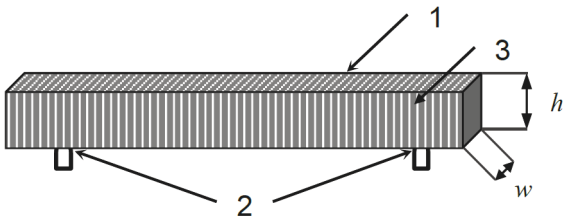
Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09





a) Anordnung *WG*



b) Anordnung *AG*

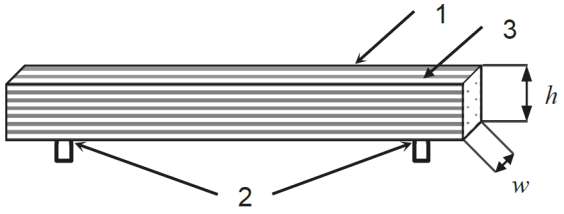
Legende

1 Probekörper

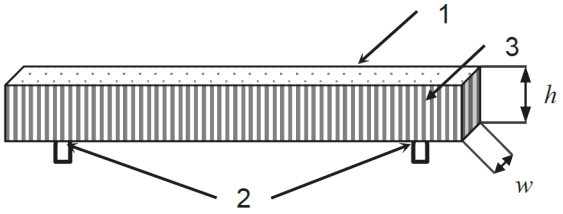
2 Messkante

3 weißer Strich, der die Ebenen der Kornausrichtung zeigt

Bild 9 – Montageanordnung des Probekörpers für die Messung des spezifischen Widerstands beim einseitig gerichteten Formpressen



a) Anordnung *WG*



b) Anordnung *AG*

Legende

1 Probekörper

2 Messkante

3 weißer Strich, der die Linien der Kornausrichtung zeigt

Bild 10 – Montageanordnung des Probekörpers für die Messung des spezifischen Widerstands beim Strangpressen

6.2.4.3

Die **Spannweite** d_e darf nicht weniger als 30 % und nicht mehr als 85 % der Länge l des Probekörpers betragen, sofern die Kontaktfläche der Stromkontakte gleich der oder größer als die Querschnittsfläche des Probekörpers ist.

Ist die Kontaktfläche der Stromkontakte geringer, muss die größte Spannweite d_e 50 % der Länge des Probekörpers betragen. Dadurch wird ein gleichmäßiger und konstanter Stromfluss in dem Abschnitt und auf der Länge der Spannungs- oder Widerstandsmessung sichergestellt.

Die genaue Spannweite muss gemessen (die Messunsicherheit muss ±0,1 mm betragen oder besser sein) und in die Berechnungsgleichung eingegeben werden.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

6.2.4.4

Der **Prüfstrom** muss so gewählt werden, dass sich der Werkstoff nicht erwärmt. Als Standardwert muss ein Strom von 1 A verwendet werden.

Wenn der Werkstoff einen hohen spezifischen Widerstand hat und/oder der Probekörper groß ist, d. h. wenn der erwartete Widerstandswert des Probekörpers hoch ist, kann der Strom bis zu einem Höchstwert von 5 A erhöht werden.

ANMERKUNG Der anwendbare Prüfstrom steht hinsichtlich der internen Spannung auch im Zusammenhang mit der Leistungsfähigkeit der Stromversorgung. ASTM C 611 enthält Beispiele für Diagramme für elektrische Schaltungen.

6.2.5 Durchführung der Messung

1) Die Maße des Probekörpers werden mit der in 4.3 angegebenen Genauigkeit gemessen und aufgezeichnet.
2) Der Probekörper wird der Länge nach zwischen den beiden Stromkontakten angeordnet.
3) Die Potentialelektroden werden gegen eine der Flächen $w \times l$ des Probekörpers gedrückt, wie in Bild 8 dargestellt.
4) Es wird geprüft, ob die Punktelektroden symmetrisch entlang der Länge und Breite des Probekörpers zentriert sind.
5) Der Abstand der Potentialelektroden d_e wird aufgezeichnet.
6) Der Strom wird in den Prüfstromkreis eingespeist.
7) Die Messwerte des Amperemeters und des Millivoltmeters oder Milliohmmeters werden aufgezeichnet.

Für eine höhere Genauigkeit ist es empfehlenswert, eine zweite Messung auf der gegenüberliegenden Fläche durchzuführen. Zur Berechnung des spezifischen Widerstands wird dann der arithmetische Mittelwert der Messungen des Spannungsfalls an den beiden Flächen verwendet.

6.2.6 Berechnung und Bericht

Der spezifische Widerstand ρ wird nach der folgenden Gleichung (6) berechnet:

$$\rho = \frac{U}{I} \times \frac{h \times w}{d_e} = R \times \frac{h \times w}{d_e} \qquad (6)$$

Dabei ist

ρ der spezifische Widerstand des Bürstenwerkstoffs, in µΩ.m;
U der Spannungsfall zwischen den Potentialelektroden, in mV;
h die Dicke des Probekörpers, in mm;
w die Breite des Probekörpers, in mm;
I der durch den Probekörper fließende Strom, in A;
d_e der Abstand zwischen den Potentialelektroden, in mm;
R der Widerstand, in mΩ

ANMERKUNG Wenn in Gleichung (6) die Maße h, w und d_e in Meter und der Spannungsfall U in Volt angegeben werden, wird der spezifische Widerstand ρ in Ω.m angegeben, was nicht gebräuchlich ist, weil Werte mit vielen Dezimalstellen zu erwarten sind.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

BEISPIEL Nachstehend folgen zwei Beispiele für die Angabe des spezifischen Widerstands mit äquivalenten Einheiten.

Metallgraphit: 0,1 µΩ.m = 10 µΩ.cm = 0,000 000 1 Ω.m

Hartkohlenstoff: 35 µΩ.m = 3 500 µΩ.cm = 0,000 035 Ω.m

Der Wert des spezifischen Widerstands wird nach Abschnitt 11 angegeben.

6.3 Wirbelstromverfahren

6.3.1 Allgemeines

Für die Messung des spezifischen elektrischen Widerstands von kleinen Kohlebürsten des Typs C oder des Typs D (siehe 4.2) kann das Wirbelstromverfahren angewendet werden.

Das Verfahren ist besonders für niederohmige Werkstoffe geeignet, wie Metallgraphit mit einem spezifischen elektrischen Widerstand bis 10 µΩ.m.

6.3.2 Messprinzip

Die Wirbelstromprüfung ist ein elektromagnetisches Prüfverfahren unter Anwendung von elektromagnetischer Induktion.

6.3.3 Prüfeinrichtung

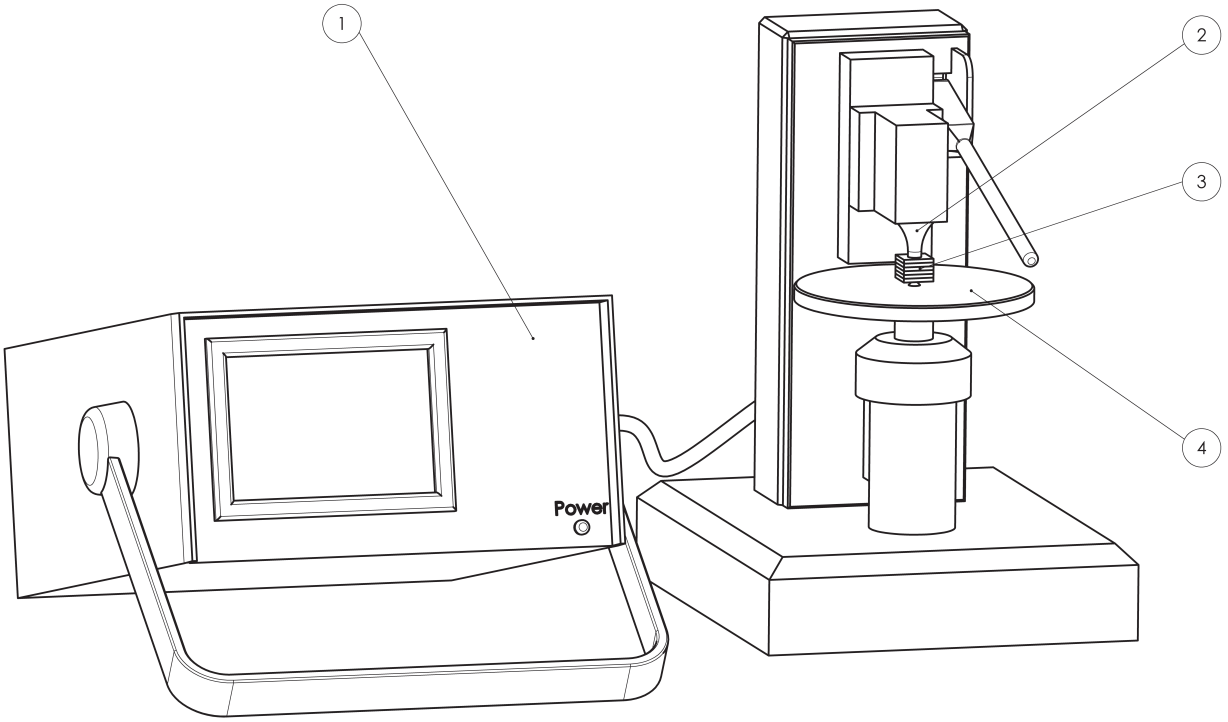
Es sind Wirbelstrommessgeräte verfügbar, die speziell für Kohlebürsten hergestellt werden.

Wie in Bild 11 dargestellt, besteht das Messgerät aus:

– einem elektronischen Teil mit einem Wechselmagnetfeldgenerator;
– einer Auswerteeinrichtung;
– einer Anzeige;
– einem mechanischen Teil, bestehend aus Probekörperhalter, Messsonde und Hebelmechanismus.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09



Legende

1 Auswerteeinrichtung

2 Messsonde

3 Probekörper (die weißen Striche zeigen die Kornausrichtung)

4 Messtisch

Bild 11 – Prinzip der Prüfeinrichtung für das Wirbelstromverfahren

Der spezifische elektrische Widerstand wird in μΩ.m angegeben.

Die Messunsicherheit sollte ±10 % betragen.

6.3.4 Probekörper

Es können die in 4.2 beschriebenen Probekörper der Typen C und D verwendet werden. Die Mindestmaße des Probekörpers hängen von der Größe der verwendeten Sonde ab und können der Bedienungsanleitung des Geräts entnommen werden.

Wenn der Probekörper eine mit Bürstenlitze formgepresste Bürste ist, muss diese entfernt werden, da sie die Ergebnisse beeinflussen kann.

Die Oberfläche des Probekörpers muss eben und glatt sein. Jeder durch Rauheit, Verschmutzung oder Markierungen verursachte Spalt muss vermieden werden.

Ferromagnetische Werkstoffe beeinflussen die Ergebnisse, daher können Kohlebürsten mit solchen Bestandteilen nicht mit diesem Verfahren gemessen werden.

Beim Strom-Spannungs-Messverfahren wird der Probekörper aus anisotropem Werkstoff unter Berücksichtigung der Kornausrichtung auf die Oberfläche gelegt. 6.2.3 muss berücksichtigt werden.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

6.3.5 Prüfbedingungen

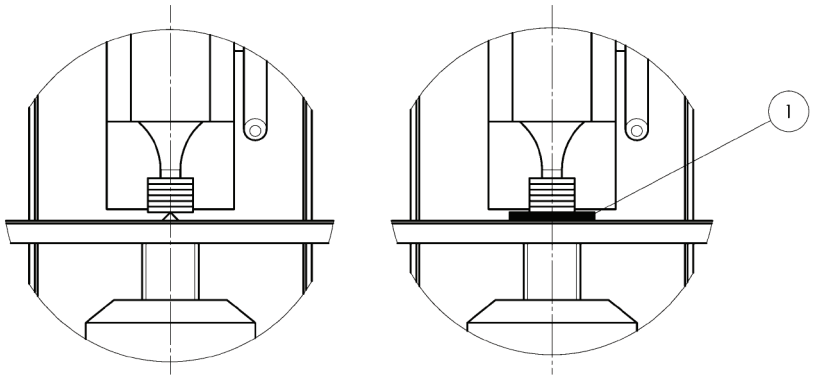
Der Probekörper sollte bei einer Umgebungstemperatur zwischen 10 °C und 35 °C geprüft werden.

Teile aus ferromagnetischem Werkstoff beeinflussen die Ergebnisse und müssen aus dem Bereich des Messgeräts ferngehalten werden.

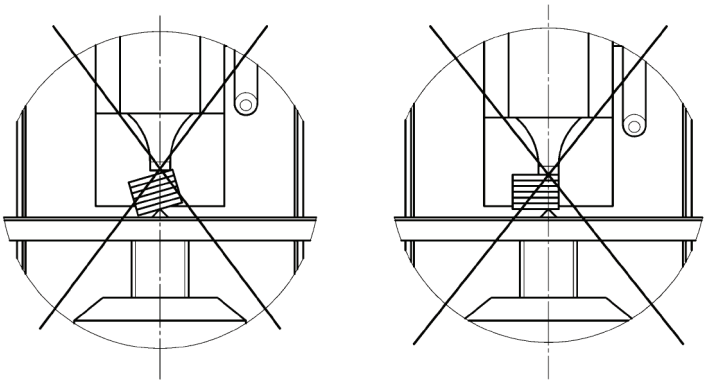
6.3.6 Durchführung der Messung

1) Gegebenenfalls ist abzuwarten, bis das Gerät warmgelaufen ist, und anschließend ist der richtige Bereich zu wählen.
2) Der Probekörper wird auf den Messtisch gelegt, wobei nicht zu nahe an die Sonde herangekommen werden darf, da sonst das Messfeld gestört werden kann.

   Der Probekörper muss in der Mitte des Tischs angeordnet werden. Die gesamte Oberfläche der Sonde muss den Probekörper berühren. Bild 12 a) stellt eine richtige Anordnung und Bild 12 b) eine falsche Anordnung dar.
3) Die Sonde wird auf den Probekörper aufgesetzt. Keilförmige Spalten können ungenaue Ergebnisse verursachen.
4) Das Ergebnis wird auf der Anzeige der Auswerteeinrichtung angezeigt.



a) richtige Position



b) falsche Position

Legende

1 dünnes Moosgummi

Bild 12 – Anordnung des Probekörpers

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

6.3.7 Berechnung und Bericht

Es ist keine Berechnung erforderlich, der spezifische elektrische Widerstand wird auf der Anzeige der Einrichtung in µΩ.m angezeigt.

7 Biegefestigkeit

7.1 Allgemeines

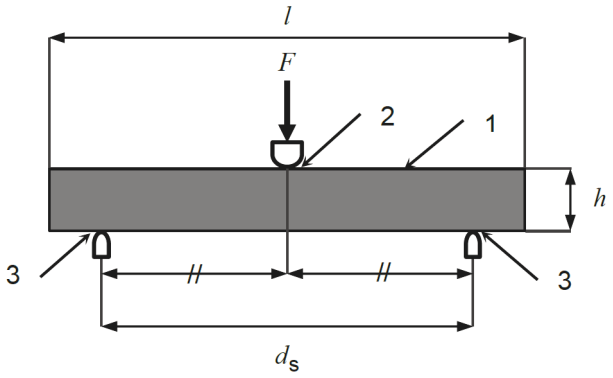
Mit diesem Prüfverfahren wird die Biegefestigkeit des Bürstenwerkstoffs mit Hilfe einer Dreipunkt-Belastungsprüfung bestimmt. Durch Erweiterung besteht die Möglichkeit, andere Aspekte der Biegeeigenschaften zu bestimmen, wie das Verhältnis zwischen Biegespannung und Dehnung sowie den Biegemodul (siehe Anhang B).

Die Biegeprüfung ist die Prüfung, die für die mechanischen Eigenschaften von Kohlebürstenwerkstoffen am besten geeignet ist, da es sich um spröde Werkstoffe handelt (mit einer geringen Durchbiegung beim Bruch) und die Durchbiegung die vorherrschende Beschränkung der Bürste im Betrieb ist.

WARNUNG - Das in diesem Abschnitt 7 beschriebene Prüfverfahren umfasst gefährliche Einrichtungen und Handlungen (Verschieben einer Belastungsvorrichtung, Herausschleudern von zertrümmertem Werkstoff). Sicherheitsvorkehrungen sind unbedingt erforderlich (siehe Warnhinweis unter 1).

7.2 Messprinzip

Ein auf zwei Stützen ruhender Probekörper mit rechteckigem Querschnitt wird mit Hilfe einer Lastkante, die auf den Probekörper in der Mitte zwischen zwei Stützen einwirkt, durchgebogen, wie in Bild 13 dargestellt. Die Durchbiegung erfolgt während dieses Vorgangs mit konstanter Prüfgeschwindigkeit, und die auf den Probekörper ausgeübte Kraft F wird gemessen. Die Kraft beim Bruch F_{fmax} wird aufgezeichnet, und die Biegefestigkeit kann mit Gleichung (7) berechnet werden (siehe 7.7).



Legende

1 Probekörper

2 Lastkante

3 Stützkanten

F momentan ausgeübte Kraft

d_s Abstand zwischen den Stützkanten 3

Bild 13 – Montageprinzip des Probekörpers

ANMERKUNG Zur Ermittlung des Verhältnisses zwischen Biegespannung und Dehnung wird die resultierende Durchbiegung des Probekörpers in der Mitte der Spannweite zusammen mit der Kraft gemessen (siehe Anhang B).

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

7.3 Prüfeinrichtung

7.3.1 Prüfmaschine

Der Aufbau der Prüfmaschine und das Kraftmesssystem sollten dem angegebenen Prinzip entsprechen. Es wird empfohlen, eine elektromechanische Prüfeinrichtung nach der Beschreibung ISO 7500-1 zu verwenden.

Das Gerät sollte in der Lage sein, Kräfte bis etwa 1 500 N mit einer Unsicherheit von höchstens ±2 % aufzubringen und zu messen. Es muss regelmäßig überprüft und kalibriert werden. Es wird empfohlen, auf die in ISO 7500-1 festgelegten Anforderungen Bezug zu nehmen.

Es können auch andere Druckmessgeräte verwendet werden (z. B. hydraulische oder elektromechanische Pressen), sofern ihre Genauigkeit mit diesem Unterabschnitt übereinstimmt.

Sie müssen in der Lage sein, eine konstante Prüfgeschwindigkeit von bis zu 5 $mm.min^{-1}$ aufrechtzuerhalten (siehe 7.5).

7.3.2 Stützschneiden

Die beiden Stützkanten sollten mit einem Radius von (2,0 ± 1) mm abgerundet sein.

Sie müssen in der gleichen Ebene liegen und parallel sein. Die Stützweite d_s (Abstand zwischen ihren Mittelpunkten) darf um nicht mehr als ±0,2 mm vom Nennwert abweichen (siehe Tabelle 4). In jedem Fall muss das tatsächliche Maß in die Berechnungsgleichung (7) nach 7.7 aufgenommen werden.

7.3.3 Lastschneide

Der Radius der Lastkante sollte zwischen 3 mm und 5 mm betragen.

Die Lastkante muss immer:

– parallel zu den Stützkanten verlaufen;

– in der Mitte zwischen diesen liegen; und

– in einer Ebene senkrecht zur Ebene durch die beiden Stützkanten beweglich sein, ohne eine messbare störende Reibung zu verursachen.

7.4 Probekörper

Der Probekörper muss nach 4.3 vorbereitet werden. Es sollten möglichst Probekörper der Typen B1 bis B5 nach Tabelle 1 verwendet werden. Wenn aus irgendeinem Grund ein Probekörper des Typs D verwendet werden muss, sollte dies angegeben werden.

Bei anisotropen Werkstoffen, wie in 4.3.2 erläutert, wirkt sich die Einbaulage des Probekörpers bezogen auf die Kornausrichtung auf die Biegeeigenschaften aus.

– Bei der Anordnung WG wird die Kraft senkrecht zu den Ebenen oder Linien der Kornausrichtung aufgebracht, wie in Bild 14 a) und Bild 15 a) dargestellt.

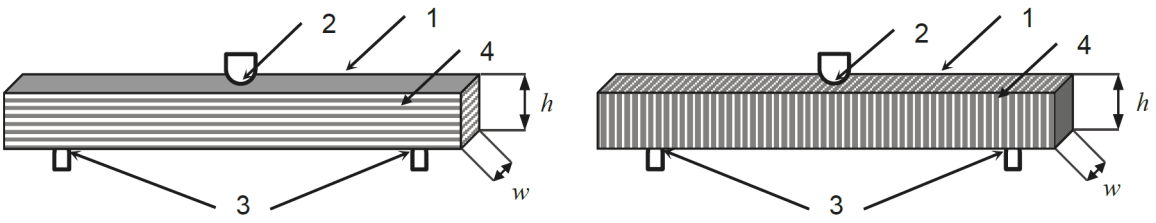
– Bei der Anordnung AG wird die Kraft parallel zu den Ebenen oder Linien der Kornausrichtung, wie in Bild 14 b) und Bild 15 b) dargestellt.

Bild 14 c) entspricht auch WG, aber die aufgebrachte Kraft wird die Ebenen der Kornausrichtung abscheren, so dass der Biegewiderstand geringer wird. Daher erfordern die Vorbereitung und die Prüfung eines quadratischen Probekörpers besondere Beachtung.

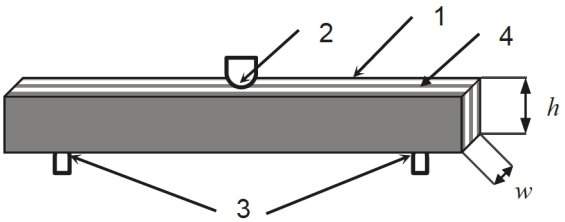
Wie in 4.3.2 erläutert, muss eine Markierung die Form- oder Strangpressrichtung kennzeichnen.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09



a) Anordnung *WG* b) Anordnung *AG*

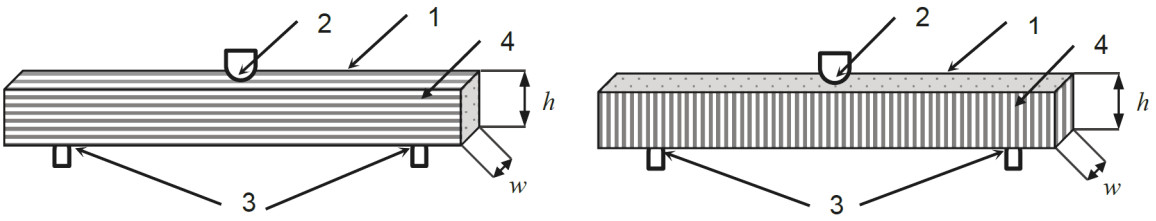


c) zu vermeidende Anordnung

Legende

1 Probekörper
2 Lastkante
3 Stützkante
4 weißer Strich, der die Ebenen der Kornausrichtung zeigt

Bild 14 – Montageanordnung für die Biegefestigkeitsprüfung für einen Probekörper, der durch einseitig gerichtetes Formpressen hergestellt wurde



a) Anordnung *WG* b) Anordnung *AG*

Legende

1 Probekörper
2 Lastkante
3 Stützkante
4 weißer Strich, der die Linien der Kornausrichtung zeigt

Bild 15 – Montageanordnung für die Biegefestigkeitsprüfung für einen Probekörper, der durch Strangpressen hergestellt wurde

Prüfungen, die an Probekörpern mit unterschiedlichen Maßen oder an Probekörpern, die unter unterschiedlichen Bedingungen hergestellt wurden, durchgeführt werden, können zu Ergebnissen führen, die nicht vergleichbar sind.

Ist der Probekörper eine Bürste (Typ D) mit einem nicht rechteckigen Querschnitt, muss die Geometrie bei der Berechnung der Biegefestigkeit berücksichtigt werden (z. B. Fasen, zylindrische Form usw.).

Der Typ des Probekörpers und seine Maße müssen aufgezeichnet werden (siehe 7.7 und Abschnitt 11).

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

7.5 Prüfbedingungen

7.5.1

Die Messungen müssen bei einer Umgebungstemperatur zwischen 10 °C und 35 °C durchgeführt werden. Die genaue Temperatur muss aufgezeichnet werden.

7.5.2

Die **Stützweite** d_s muss entsprechend der Länge des Probekörpers nach den folgenden Regeln bestimmt werden:

1) d_s muss mindestens zwei Drittel der Länge l (67 %) des Probekörpers und darf nicht mehr als die Länge des Probekörpers abzüglich 2 mm betragen (anders ausgedrückt, sollte sich der Probekörper auf jeder Seite mindestens 1 mm über die Kante der Stützschneiden hinaus erstrecken);
2) wenn zwei Werte für die Spannweite vorliegen (siehe Empfehlungen in Tabelle 4), muss der höchste Wert für d_s gewählt werden.

In Tabelle 4 sind die empfohlenen Nennwerte für die Spannweite d_s angegeben, die für Probekörper der Typen B und D anzuwenden sind.

Tabelle 4 – Empfohlene Werte für die Stützweite

Maße in mm

Typ des Probekörpers	D				B			
Spannweite d_s	5	10	15	20	25,6	30	50	80

BEISPIEL Der Probekörper ist vom Typ B3 und hat eine Länge von 40 mm. Der Mindestwert der Stützweite beträgt 40 # 2 / 3 = 26 mm und der Höchstwert 40 - 2 x 1 = 38 mm. Nach Tabelle 4 beträgt die optimale Stützweite 30 mm.

Wenn der Probekörper klein ist, wie bei Typ D, müssen die Maße der Stütz- und Lastkanten gezielt gewählt werden. Es wird empfohlen, die niedrigsten in 7.3.2 und 7.3.3 angegebenen Werte zu verwenden.

7.5.3

Die **Prüfgeschwindigkeit** muss auf 0,01 mm.min^{-1} bis 5 mm.min^{-1} eingestellt werden. Empfohlen wird ein Wert von 1 mm.min^{-1}.

ANMERKUNG Der angegebene Geschwindigkeitsbereich entspricht einem Bruch nach mindestens 5 s (ab dem Zeitpunkt, an dem das Lastschneide die Probe berührt).

7.6 Durchführung der Messung

1) Die Maße des Probekörpers werden aufgezeichnet. Bei Anwendung von Kategorie 1 müssen die Maße nach 4.3.3 gemessen werden.
2) Der Abstand d_s wird aufgezeichnet.
3) Der Probekörper wird entsprechend der Anordnung N oder P symmetrisch auf die beiden Stützkanten gelegt, siehe Bild 14 bzw. Bild 15.
4) Mit Hilfe der Lastkante wird die Beanspruchung in der Mitte des Probekörpers mittig zwischen den beiden Stützkanten aufgebracht.
5) Die Gesamtkraft F_{fmax}, bei der der Bruch des Probekörpers erfolgt, wird aufgezeichnet.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

7.7 Berechnung und Bericht

Die Biegefestigkeit σ_f des jeweiligen Probeköpers wird mit Gleichung (7) in MPa bestimmt:

$$\sigma_f = \frac{3}{2} \times \frac{d_s}{w \times h^2} \times F_{fmax} \quad (7)$$

Dabei ist/sind

w, h und d_s die entsprechende Breite, Höhe und Stützweite, angegeben in mm;

F_{fmax} die Kraft beim Bruch, angegeben in N.

ANMERKUNG 1 In SI-Einheiten ist 1 Pa definiert als 1 $N.m^{-2}$, so dass 1 MPa gleich 1 $MN.m^{-2}$ = 1 $N.mm^{-2}$ ist.

ANMERKUNG 2 Zur Umrechnung der Biegefestigkeit in $kg.cm^{-2}$ kann der Wert in MPa mit 9,801 multipliziert werden, was dem Standardwert der Fallbeschleunigung entspricht.

Bei der Prüfung eines Probekörpers der Kategorie 2 (siehe 4.3.3.2) kann Gleichung (7) durch Gleichung (8) vereinfacht werden, indem ein Faktor c_f eingeführt wird:

$$\sigma_f = c_f \times F_{fmax} \quad (8)$$

Dabei ist

c_f ein mit Gleichung (9) bestimmter Multiplikationsfaktor:

$$c_f = \frac{3}{2} \times \frac{d_s}{w \times h^2} \quad (9)$$

Der Wert des Koeffizienten c_f wird entsprechend dem Typ des Probekörpers und der Stützweite einfach Tabelle 5 entnommen.

Tabelle 5 – Wert des Koeffizienten c_f

Typ des Probekörpers	Stützweite d_s in mm	Wert von c_f in mm^{-2}
B1	20	0,24
B2	25,6	0,3
B3	30	0,3
B4	50	0,075
B5	80	0,333
ANMERKUNG Typ und Maß der Probekörper sind in Tabelle 1 festgelegt.		

In Abschnitt 11 werden die im Bericht aufzuführenden Werte festlegt.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

8 Härte

8.1 Eindruckhärte

8.1.1 Allgemeines

Diese Norm legt ein Verfahren zur Bestimmung der Rockwell-Härte von Kohlenstoff-/Graphitwerkstoffen fest, das auch zur Bestimmung der Härte von Metall-/Graphitwerkstoffen, wie für Kohlebürsten zur Verwendung in elektrischen Maschinen, verwendet werden kann.

WARNUNG - Das in diesem Abschnitt 8 beschriebene Prüfverfahren umfasst gefährliche Einrichtungen und Handlungen (Verschieben einer Belastungsvorrichtung). Sicherheitsvorkehrungen sind unbedingt erforderlich (siehe Warnhinweis unter 1).

8.1.2 Kurzbeschreibung

Ein kugelförmiger Hartmetall-Eindringkörper wird in zwei Schritten unter festgelegten Bedingungen in eine Probekörper gedrückt:

1) Belastung mit einer Anfangskraft F_0;
2) Belastung mit einer Prüfzusatzkraft F_1.

Nach der Entfernung der Prüfzusatzkraft F_1 wird die bleibende Eindringtiefe h_i bestimmt, die der Differenz der Eindringtiefe zwischen dem ersten und dem zweiten Schritt entspricht.

ANMERKUNG In ISO 6508-1 wird die Messung ausführlich erläutert. Bild 1 zeigt insbesondere das Eindringen des Eindringkörpers bei jedem Schritt.

Die Eindruckhärte HR, die auch als Rockwell-Härtezahl bezeichnet wird, wird dann nach Gleichung (10) berechnet.

$$HR = N - \frac{h_i}{S} \tag{10}$$

Dabei ist

N die Gesamtbereichskonstante für die jeweilige Härteskala;

h_i die bleibende Eindringtiefe, angegeben in mm;

S die für die Härteskala spezifische Skalierungskonstante, angegeben in mm.

Die Härteskala wird also durch die beiden Konstanten N und S definiert, die in Tabelle 6 angegeben sind. Für die jeweilige Härteskala gibt es verschiedene Kombinationen von Größen des Eindringkörpers und Prüfkräften (siehe 8.1.5.2, Tabelle 7).

Tabelle 6 – Skalenteilungswerte für die Eindringtiefe

Gesamtbereichskonstante N	Skalierungskonstante S mm	Entsprechende numerische Gleichung
130	0,002	$HR = 130 - \frac{h_i}{0{,}002}$
100	0,001	$HR = 100 - \frac{h_i}{0{,}001}$

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

8.1.3 Prüfeinrichtung

8.1.3.1

Prüfmaschine nach ISO 6508-2 und Tabelle 6. Sie muss in der Lage sein, die in Tabelle 7 festgelegte Kombination von Kräften aufzubringen.

8.1.3.2

Kugelförmiger Eindringkörper aus Hartmetall nach den Festlegungen in ISO 6508-2 (Wolframkarbid oder Stahl) mit drei möglichen Durchmessern und ihren jeweiligen Grenzabweichungen wie folgt: 10 mm ± 0,005 mm, 5 mm ± 0,004 mm und 2,5 mm ± 0,003 mm.

8.1.3.3

Tiefenmessgerät, wie in ISO 6508-2 angegeben.

8.1.3.4

Amboss aus einem starren Werkstoff zur Aufnahme des Probekörpers. Gegebenenfalls kann der Probekörper in die Maschine eingespannt werden.

ANMERKUNG Beispiele für Einspannvorrichtungen und Ambosse sind in DIN 51200, ISO 6508-1 oder ASTM E18 beschrieben.

8.1.4 Probekörper

Es können Probekörper jeder Größe verwendet werden, sofern sie die folgenden Anforderungen erfüllen:

– Die Dicke ist so bemessen, dass auf der Rückseite des Probekörpers nach der Prüfung keine Verformung sichtbar ist. Die Mindestdicke hängt vom Werkstoff des Probekörpers ab und muss vom Hersteller experimentell ermittelt werden.

– Die Oberflächen müssen nach 4.3.3.3 eben und parallel zueinander sein.

– Die Oberflächen des Probekörpers sind eben und die arithmetische mittlere Abweichung des Profils (Ra in ISO 21920-2) beträgt nicht mehr als 5 µm.

Bei anisotropen Werkstoffen, wie in 4.3.2 erläutert, wirkt sich die Einbaulage des Probekörpers bezogen auf die Kornausrichtung auf die Härteeigenschaften aus. Der Probekörper muss in der Anordnung WG angeordnet werden, und die Eindruckkraft wird senkrecht zu den Ebenen oder Linien der Kornausrichtung aufgebracht, wie in 7.4, Bild 14 a) und Bild 15 a), dargestellt.

8.1.5 Prüfbedingungen

8.1.5.1

Prüfungen müssen bei einer Umgebungstemperatur zwischen 10 °C und 35 °C ausgeführt werden. Die genaue Temperatur muss aufgezeichnet werden.

8.1.5.2

Die Kombination aus Eindruckdurchmesser, Prüfkräften und Härteskala (siehe Tabelle 6) wird in Tabelle 7 festgelegt.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

Tabelle 7 – Festlegung der Härtebezeichnung

Härtebezeichnung[a]	Durchmesser des kugelförmigen Eindringkörpers mm	Gesamtbereichskonstante, N	Skalierungskonstante, S mm	Anfangsprüfkraft, F_0 N	Prüfzusatzkraft, F_1 N	Gesamtprüfkraft, F_t N
HR 10/20	10	130	0,002	98,07	98,07	196,1
HR 5/20	5	130	0,002	98,07	98,07	196,1
HR 10/40	10	130	0,002	98,07	294,2	392,3
HR 5/40	5	130	0,002	98,07	294,2	392,3
HR 10/60	10	130	0,002	98,07	490,4	588,4
HR 5/60	5	130	0,002	98,07	490,4	588,4
HR 10/100	10	130	0,002	98,07	882,6	980,7
HR 5/100	5	130	0,002	98,07	882,6	980,7
HR 10/150	10	130	0,002	98,07	1373	1471
HR 5/150	5	130	0,002	98,07	1373	1471
HR 5/7	5	100	0,001	29,42	39,23	68,65
HR 2,5/7	2,5	100	0,001	29,42	39,23	68,65

[a] Die Härtebezeichnung setzt sich aus dem Kugeldurchmesser und der Gesamtprüfkraft in kgf zusammen (eine Last von 1 kgf entspricht einer Kraft von 9,807 N).

8.1.6 Durchführung der Prüfung

8.1.6.1 Vorbereitung der Prüfung

1) Es wird die Härtebezeichnung (Skala, Kugel und Gesamtprüfkraft nach Tabelle 7) ausgewählt.

   Es wird empfohlen, die mit der zu prüfenden Kugel ausgerüstete Prüfeinrichtung regelmäßig (z. B. täglich) zu überprüfen, um sicherzustellen, dass keine Abweichung vorliegt (siehe ISO 6508-2).

2) Da sich jede durch die angewendete Prüfkraft verursachte bleibende Lageänderung des Probekörpers auf die gemessene Eindringtiefe auswirkt, müssen die Kontaktflächen des Probekörpers und der Auflage oder des Halters frei von Fremdstoffen, wie Fett oder Staub, sein.

3) Der Probekörper wird so auf dem Amboss oder in der Einspannvorrichtung angeordnet, dass die für den Eindruck vorgesehene Fläche senkrecht zur Richtung der Eindruckkraft liegt – siehe Bild 16 a).

8.1.6.2 Prüfverfahren für ein manuelles Härteprüfgerät

Bild 16 veranschaulicht die aufeinanderfolgenden Schritte des nachstehend beschriebenen Prüfverfahrens.

1) Der Probekörper wird gegen den kugelförmigen Eindringkörper aus Stahl gedrückt, bis die Anfangskraft F_0 in Bild 16 b) erreicht ist, und anschließend wird die Bezugsposition (Punkt 6) des Messgeräts auf die konstante Zahl N eingestellt.

2) Stöße und Schwingungen sind möglichst zu vermeiden, und die Zusatzkraft F_1 wird langsam für 5 s bis 8 s aufgebracht, bis die Gesamtkraft F_t in Bild 16 c) erreicht ist.

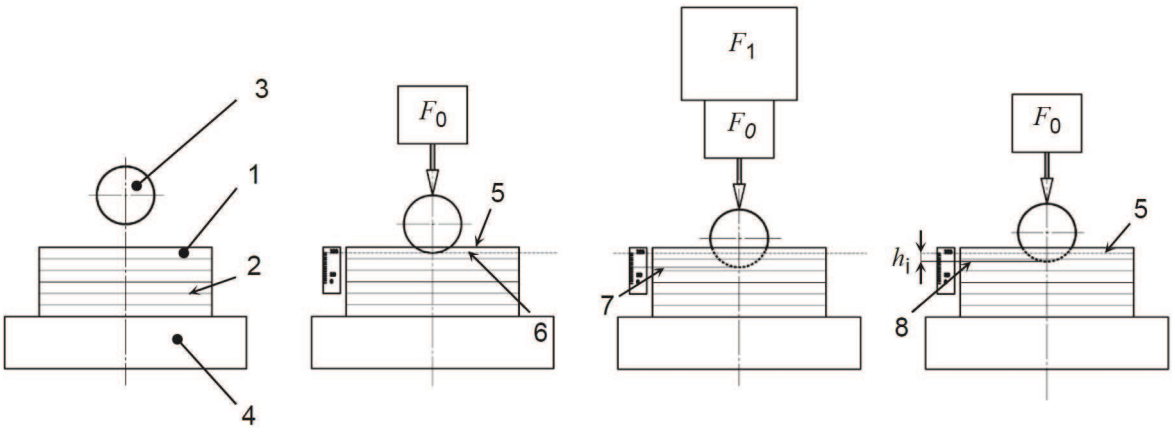
   Diese Kraft wird aufrechterhalten, bis der Messwert stationär ist (dies dauert in der Regel 10 s bis 20 s).

3) In Bild 16 d) wird die Zusatzkraft aufgehoben, wobei Stöße und Schwingungen möglichst zu vermeiden sind.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

4) Die Rockwell-Härte kann in der Regel direkt am Messgerät abgelesen werden, gegebenenfalls muss sie aber anhand der bleibenden Eindringtiefe h_i bestimmt werden, wie in Bild 16 d) angegeben.



a) Anordnung des Probekörpers | **b) Aufbringen von F_0** | **c) Aufbringen von F_0 + F_1** | **d) Aufheben von F_1**

Legende

1 Probekörper
2 Striche, die die Ebenen oder Linien der Kornausrichtung zeigen
3 kugelförmiger Eindringkörper
4 Amboss oder Halter
5 Ausgangsfläche des Probekörpers
6 Eindringlinie mit der Kraft F_0 (Bezugslinie)
7 Eindringlinie mit der Kraft F_0 + F_1
8 Eindringlinie mit der Kraft F_0 nach der Aufhebung von F_1
F_0 Anfangskraft
F_1 Zusatzkraft
h_i Eindringtiefe

Bild 16 – Schritte bei der Messung der Eindruckhärte

8.1.6.3 Prüfverfahren für ein automatisches Härteprüfgerät

1) Das anzuwendende Verfahren wird nach Tabelle 7 ausgewählt. Die Prüfung wird selbsttätig durchgeführt.
2) Es ist nach der Gebrauchsanleitung des Geräts vorzugehen.
3) Der am Prüfgerät angezeigte Wert wird aufgezeichnet. Er muss auf die nächste ganze Zahl gerundet werden.

8.1.6.4 Gültigkeit einer Messung

Wenn der ermittelte Mittelwert größer als 110 oder kleiner als 30 ist, wird die Messung nach der Auswahl eines besser geeigneten Durchmessers des kugelförmigen Eindringkörpers und besser geeigneter Prüfkräfte aus Tabelle 7 wiederholt.

Ergeben sich bei einer der möglichen Kombinationen Werte, die außerhalb des zulässigen Bereichs liegen, muss angegeben werden, dass die Prüfung der Eindruckhärte für den geprüften Werkstoff nicht anwendbar ist.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

8.1.6.5 Wiederholung der Messung

Der Abstand zwischen den Mittelpunkten von zwei benachbarter Eindruckstellen und der Abstand zwischen dem Mittelpunkt jeder Eindruckstelle und dem Rand des Probekörpers muss mindestens dem Durchmesser des kugelförmigen Eindringkörpers oder dem 2,5-fachen Wert des Durchmessers der Eindruckstelle entsprechen, sofern nichts anders vereinbart wird.

Es müssen mindestens fünf Messungen je Charge durchgeführt werden. Diese können entweder am selben Probekörper (z. B. einem Block des Typs A2) oder an verschiedenen Probekörpern derselben Probe oder derselben Charge erfolgen.

8.1.7 Berechnung und Bericht

Wenn ein manuelles Prüfgerät ohne direkte Messwertanzeige verwendet wird, wird die Eindruckhärte HR nach Gleichung (10) bestimmt. Moderne Geräte zeigen den Wert der Eindruckhärte in der Regel automatisch an.

Der Wert der Eindruckhärte wird dann zusammen mit dem Symbol HR und der Härtebezeichnung nach den Festlegungen in der ersten Spalte von Tabelle 7 angegeben. Nachstehend wird ein Beispiel angegeben.

BEISPIEL 70 HR 10/60 bedeutet, dass der Härtewert 70 durch Prüfung des Werkstoffs mit einer Kugel von 10 mm Durchmesser und einer Gesamtkraft von 60 kg erzielt wurde.

8.2 Mit dem Skleroskop-Verfahren gemessene Rückprallhärte

8.2.1 Allgemeines

Das Skleroskop-Verfahren wird seit langem erfolgreich zur Messung der Rückprallhärte von Bürstenwerkstoffen verwendet und ist das Standardverfahren.

Dieses dynamische Verfahren bezieht sich auf die Absorption der kinetischen Energie des geprüften Werkstoffs beim Aufprall eines Schlagkörpers, die eng mit der Absorptionsfähigkeit für mechanische Schwingungen der Bürste an der Berührungsfläche zwischen Bürste und Schleifring oder Kommutator im Zusammenhang steht, wie in Anhang F dargestellt.

Dieses Prüfverfahren ist für die Qualitätskontrolle in der Produktion geeignet, insbesondere wenn der zu prüfende Werkstoff nicht sehr weich ist.

8.2.2 Messprinzip

Ein Schlagkörper wird aus einer bestimmten Höhe h_0 über der Oberfläche des Probekörpers fallengelassen, und die Rückprallhöhe h_r wird zur Bestimmung der Rückprallhärte verwendet, wie in Bild 17 dargestellt.

Der Anfangswert der potentiellen Energie beträgt $m \times g \times h_0$ und die potentielle Energie nach dem Rückprall $m \times g \times h_r$.

Dabei ist

h_0 die Anfangshöhe des Schlagkörpers über der Oberfläche des Probekörpers;

h_r die Rückprallhöhe des Schlagkörpers über der Oberfläche des Probekörpers;

m die Masse des Schlagkörpers;

g der Standardwert der Fallbeschleunigung.

Der Energieverlust des Schlagkörpers beträgt $m \times g \times h_0 - m \times g \times h_r = m \times g \times h_0 \times (1 - h_r / h_0)$.

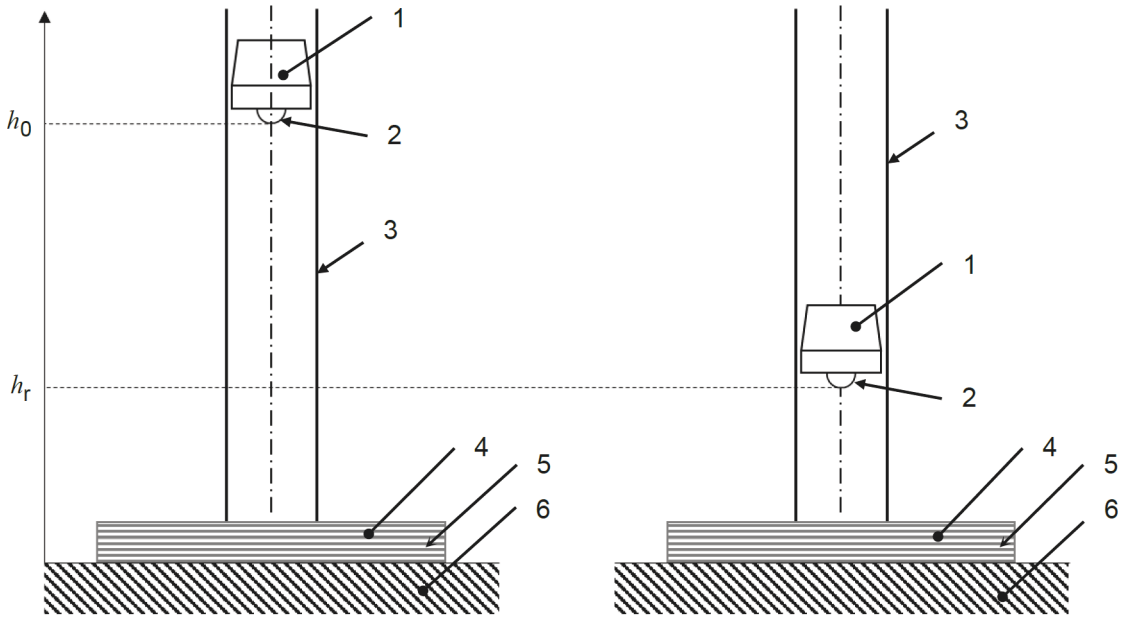
AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09

Daher ist das Verhältnis h_r / h_0 ein Maß für die Absorption kinetischer Energie des geprüften Werkstoffs. In Anhang F wird diese Theorie, die der Konstruktion des Prüfgeräts zugrunde liegt, ausführlich erläutert.

Die Skala (Abstand zwischen den Teilstrichen) des Prüfgeräts wird durch eine Gleichung bestimmt, die vom verwendeten Gerätemodell abhängt (siehe 8.2.3, Gleichungen (11) und (12)).

Die Rückprallhärte wird dann direkt durch Ablesen der Skalenteilstriche am Prüfgerät bestimmt.



Legende

1 Masse m des Fallhammers
2 Diamantspitze
3 Glasrohr
4 Probekörper
5 weißer Strich, der die Ebenen oder Linien der Kornausrichtung zeigt
6 Auflage (Amboss)
h_0 Anfangshöhe der Fallhammers über der Grundfläche
h_r höchste Höhe der Fallhammers nach dem Rückprall

Bild 17 – Prinzip der Härtemessung mit dem Skleroskop

8.2.3 Prüfeinrichtung

8.2.3.1

Skleroskop nach ASTM E448. Es gibt zwei Modelle, Modell C und Modell D, der Prüfeinrichtung, wie in Bild 18 dargestellt.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60413:2024-09