

DIN EN ISO 5755



ICS 77.160

Ersatz für
DIN EN ISO 5755:2013-01**Sintermetallwerkstoffe –
Anforderungen (ISO 5755:2022);
Deutsche Fassung EN ISO 5755:2022**

Sintered metal material –
Specifications (ISO 5755:2022);
German version EN ISO 5755:2022

Matériaux métalliques frittés –
Spécifications (ISO 5755:2022);
Version allemande EN ISO 5755:2022

Gesamtumfang 100 Seiten

DIN-Normenausschuss Werkstofftechnologie (NWT)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 5755:2022) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 119 „Powder metallurgy“ in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN), Technisches Komitee CEN/SS M11, Pulvermetallurgie erarbeitet, dessen Sekretariat von CEN gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 145-01-05 AA „Anforderungen an pulvermetallurgische Werkstoffe (ausgenommen Hartmetalle)“ im DIN-Normenausschuss Werkstofftechnologie (NWT).

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 2738	siehe	DIN EN ISO 2738
ISO 2739	siehe	DIN EN ISO 2739
ISO 2740	siehe	DIN EN ISO 2740
ISO 3325	siehe	DIN EN ISO 3325
ISO 3928	siehe	DIN EN ISO 3928
ISO 3954	siehe	DIN EN ISO 3954
ISO 4498	siehe	DIN EN ISO 4498
ISO 5754	siehe	DIN EN ISO 5754
ISO 6892-1	siehe	DIN EN ISO 6892-1
ISO 7625	siehe	DIN EN ISO 7625
ISO 12680-1	siehe	DIN EN ISO 12680-1

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 5755:2013-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anwendungsbereich überarbeitet;
- b) Abschnitt 5.4.1 erweitert;
- c) Anhang B erweitert, um Informationen über die Metallographie von gesinterten Werkstoffen aufzunehmen und Bilder B.1 bis B.22 aufgenommen;
- d) Anhang C aufgenommen, der Tabellen mit Äquivalenzen zwischen den Werkstoffen der Norm und den Werkstoffen anderer internationaler Normen enthält, die üblicherweise verwendet werden;
- e) Dokument redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN ISO 5755: 2002-11, 2004-11
DIN EN ISO 5755: 2013-01

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN 30910-3:2004-11, *Sintermetalle — Werkstoff-Leistungsblätter (WLB) — Teil 3: Sintermetalle für Lager und Formteile mit Gleiteigenschaften*

DIN 30910-4:2010-03, *Sintermetalle — Werkstoff-Leistungsblätter (WLB) — Teil 4: Sintermetalle für Formteile*

DIN EN 10331:2003, *Magnetische Werkstoffe — Anforderungen an weichmagnetische Sintermetalle*

DIN EN ISO 2738, *Sintermetalle, ausgenommen Hartmetalle — Durchlässige Sintermetalle — Bestimmung der Dichte, des Tränkstoffgehaltes und der offenen Porosität*

DIN EN ISO 2739, *Buchsen aus Sintermetall — Bestimmung der radialen Bruchfestigkeit*

DIN EN ISO 2740, *Sintermetalle, ausgenommen Hartmetalle — Zugprobestäbe*

DIN EN ISO 3325, *Sintermetalle, ausgenommen Hartmetalle — Ermittlung der Biegebruchfestigkeit*

DIN EN ISO 3928, *Sintermetallwerkstoffe, ausgenommen Hartmetalle — Probekörper für die Ermüdungsprüfung*

DIN EN ISO 3954, *Pulver für die Pulvermetallurgie — Probenahme*

DIN EN ISO 4498, *Sintermetalle, ausgenommen Hartmetalle — Bestimmung der Sinterhärte und der Mikrohärte*

DIN EN ISO 5754, *Sintermetalle, ausgenommen Hartmetalle — Ungekerbte Probe für den Schlagzähigkeitsversuch*

DIN EN ISO 6892-1, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur*

DIN EN ISO 7625, *Sintermetalle, ausgenommen Hartmetalle — Vorbereitung von Proben für die chemische Analyse zur Bestimmung des Kohlenstoffgehaltes*

DIN EN ISO 12680-1, *Verfahren zur Prüfung von feuerfesten Erzeugnissen — Teil 1: Bestimmung des dynamischen E-Moduls durch Schwingungs-Impulsanregung*

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Sintermetallwerkstoffe — Anforderungen (ISO 5755:2022)

Sintered metal material —
Specifications (ISO 5755:2022)

Matériaux métalliques frittés —
Spécifications (ISO 5755:2022)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 8. Mai 2022 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Probenahme	8
5 Prüfverfahren für normative Eigenschaften	8
5.1 Allgemeines	8
5.2 Chemische Analyse.....	8
5.3 Offene Porosität	9
5.4 Mechanische Eigenschaften	9
5.4.1 Allgemeines	9
5.4.2 Festigkeitseigenschaften	9
5.4.3 Radiale Bruchfestigkeit.....	10
6 Prüfverfahren für informative Eigenschaften.....	10
6.1 Allgemeines	10
6.2 Dichte	10
6.3 Zugfestigkeit.....	10
6.4 Streckgrenze.....	10
6.5 Bruchdehnung	10
6.6 Elastizitätsmodul.....	11
6.7 Poissonzahl (Querkontraktionszahl).....	11
6.8 Schlagarbeit.....	11
6.9 Druckstreckgrenze.....	11
6.10 Biegebruchfestigkeit	11
6.11 Schwingfestigkeit.....	11
6.11.1 Allgemeines	11
6.11.2 Schwingfestigkeit beim Umlaufbiegeversuch	12
6.11.3 Schwingfestigkeit beim ebenen Biegeversuch.....	12
6.11.4 Axiale Schwingfestigkeit	12
6.12 Sinterhärte.....	12
6.13 Längenausdehnungskoeffizient	12
7 Anforderungen	12
8 Bezeichnungen	12
Anhang A (normativ) Bezeichnungssystem	56
A.1 Werkstoffbezeichnung.....	56
A.2 Benennungsblock	56
A.3 Identifizierungsblock.....	56
A.4 Merkmale-Block.....	56
A.4.1 Erste Gruppe.....	56
A.4.2 Zweite Gruppe.....	57
A.4.3 Dritte Gruppe	57
A.5 Buchstaben für Legierungselemente.....	57

A.6	Beispiele für Bezeichnungssysteme	58
Anhang B (informativ) Mikrogefüge		59
B.1	Allgemeines	59
B.2	Bronze und Bronze mit Graphit für Lager — Tabelle 1	59
B.3	Eisen, Eisen-Kupfer, Eisen-Bronze, Eisen-Kohlenstoff-Graphit-Werkstoffe für Lager	60
B.4	Eisen und Kohlenstoffstähle für Formteile	62
B.5	Kupferstähle und Kupfer-Kohlenstoffstähle für Formteile	63
B.6	Phosphorstähle für Formteile	65
B.7	Nickelstähle für Formteile	66
B.8	Diffusionslegierte Nickel-Kupfer-Molybdän-Stähle für Formteile.....	67
B.9	Vorlegierte Stähle für Formteile.....	69
B.10	Legierte Hybridstähle	72
B.11	Kupferstähle oder mit Kupferlegierung infiltrierte Stähle für Formteile.....	72
B.12	Austenitische, ferritische und martensitische nichtrostende Stähle für Formteile	73
B.13	Legierungen auf Kupferbasis für Formteile	75
Anhang C (informativ) Gleichwertigkeit von Normen zu pulvermetallurgischen Werkstoffen		76
Literaturhinweise.....		96

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 5755:2022) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 119 „Powder metallurgy“ in Zusammenarbeit mit CCMC erarbeitet.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis April 2023, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis April 2023 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 5755:2012.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 5755:2022 wurde von CEN als EN ISO 5755:2022 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 119, *Powder metallurgy*, Unterkomitee SC 5, *Specifications for powder metallurgical materials (excluding hardmetals)*, in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN), Technisches Komitee CEN/SS M11, *Pulvermetallurgie*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Diese vierte Ausgabe ersetzt die dritte Ausgabe (ISO 5755:2012), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen sind folgende:

- Anhang B wurde aktualisiert, um Informationen über die Metallographie von gesinterten Werkstoffen aufzunehmen;
- ein neuer Anhang C wurde hinzugefügt, der Tabellen mit Äquivalenzen zwischen den Werkstoffen der Norm und den Werkstoffen anderer internationaler Normen enthält, die üblicherweise verwendet werden.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Anforderungen an die chemische Zusammensetzung sowie die mechanischen und physikalischen Eigenschaften von Sintermetallwerkstoffen für Lager und Formteile fest.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 1099, *Metallic materials — Fatigue testing — Axial force-controlled method*

ISO 2738, *Sintered metal materials, excluding hardmetals — Permeable sintered metal materials — Determination of density, oil content and open porosity*

ISO 2739, *Sintered metal bushings — Determination of radial crushing strength*

ISO 2740, *Sintered metal materials, excluding hardmetals — Tensile test pieces*

ISO 2795, *Plain bearings — Sintered bushes — Dimensions and tolerances*

ISO 3325, *Sintered metal materials, excluding hardmetals — Determination of transverse rupture strength*

ISO 3954, *Powders for powder metallurgical purposes — Sampling*

ISO 4498, *Sintered metal materials, excluding hardmetals — Determination of apparent hardness and microhardness*

ISO 5754, *Sintered metal materials, excluding hardmetals — Unnotched impact test piece*

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

ISO 7625, *Sintered metal materials, excluding hardmetals — Preparation of samples for chemical analysis for determination of carbon content*

ISO 14317, *Sintered metal materials excluding hardmetals — Determination of compressive yield strength*

ASTM E228, *Standard Test Method for Linear Thermal Expansion of Solid Materials with a Push-Rod Dilatometer*

ASTM E1875, *Standard Test Method for Dynamic Young's Modulus, Shear Modulus, and Poisson's Ratio by Sonic Resonance*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1

Zugfestigkeit

R_m

Bruchfestigkeit eines Probekörpers gegen Zugkräfte in einer Richtung parallel zu seiner Längsachse

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie ist gleich der Maximallast geteilt durch die Originalquerschnittsfläche.

Anmerkung 2 zum Begriff: Sie wird in MPa ausgedrückt.

3.2

Streckgrenze

$R_{p0,2}$

Last, bei der der Werkstoff einen Versatz von 0,2 % zur Proportionalität auf einer Spannungs-Dehnungskurve unter Zugkraft zeigt, geteilt durch die Anfangsquerschnittsfläche

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in MPa ausgedrückt.

3.3

Elastizitätsmodul

E

Verhältnis der üblichen Spannung zur entsprechenden Verformung bei Zug- oder Druckspannung unterhalb der proportionalen Grenze des Werkstoffs

Anmerkung 1 zum Begriff: Er wird in GPa ausgedrückt.

3.4

Poissonzahl

Querkontraktionszahl

ν

Absolutmesswert des Verhältnisses von Querdehnung zur entsprechenden axialen Dehnung, resultierend aus der gleichmäßig verteilten axialen Dehnung unterhalb der proportionalen Grenze des Werkstoffs

3.5

Schlagarbeit

Messung der Energie, die beim Bruch eines Probekörpers bei einem Schlag absorbiert wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in Joule (J) ausgedrückt.

3.6

Druckstreckgrenze

Druck, bei dem der Werkstoff eine festgelegte bleibende Verformung zeigt

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in MPa ausgedrückt.

3.7

Biegebruchfestigkeit

Spannung, errechnet mit der Biegefestigkeitsformel, die benötigt wird, einen Probekörper mit einem bestimmten Maß zu brechen

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in MPa ausgedrückt.

3.8

Schwingfestigkeit

maximale wechselnde Spannung, die für eine bestimmte Anzahl von Lastzyklen ohne Ausfall aufrechterhalten werden kann, unter Umkehrung der Spannung bei jedem Lastzyklen, wenn nicht anders angegeben

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in MPa ausgedrückt.

3.9

radiale Bruchfestigkeit

radiale Spannung, die benötigt wird, um ein hohles zylindrisches Bauteil mit bestimmtem Maß zu brechen

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in MPa ausgedrückt.

3.10

Dichte

Masse je Volumeneinheit des Werkstoffs

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird in g/cm^3 ausgedrückt.

3.11

Sinterhärte

Widerstand eines pulvermetallurgischen (PM)-Werkstoffs gegenüber einem Eindruck, geprüft unter festgelegten Bedingungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Für PM- Werkstoffe ist es eine Funktion der Dichte des Werkstoffs.

3.12

offene Porosität

Ölgehalt nach voller Tränkung, dividiert durch das Volumen des Probestabs und multipliziert mit 100

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird als Volumenanteil in % ausgedrückt.

3.13

Längenausdehnungskoeffizient

Veränderung der Länge je Ausgangslänge je Gradänderung der Temperatur

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

4 Probenahme

Die Probenahme von Pulvern zur Herstellung genormter Probestäbe muss nach ISO 3954 erfolgen.

5 Prüfverfahren für normative Eigenschaften

5.1 Allgemeines

Für die Bestimmung der in Tabelle 1 bis Tabelle 18 angegebenen normativen Eigenschaften müssen die folgenden Prüfverfahren angewendet werden.

5.2 Chemische Analyse

Für alle Werkstoffe werden in den Tabellen in der Spalte für die chemische Zusammensetzung die Hauptelemente und ihre niedrigsten und höchsten Massenanteile in Prozent zu einem Zeitpunkt angegeben, bevor ein zusätzliches Verfahren stattgefunden hat, z. B. ein Tränken (Imprägnieren) mit Öl oder Harz oder auch eine Wasserdampfbehandlung. Elemente, die zu bestimmten Zwecken in geringen Anteilen hinzugefügt wurden, können durch die Angabe ihres höchsten Prozentanteils in der Spalte „Sonstige Elemente“ erfasst worden sein.

Soweit möglich und in allen Zweifelsfällen müssen die Verfahren der chemischen Analyse den in den jeweiligen Internationalen Normen festgelegten Verfahren entsprechen. Falls keine Internationale Norm vorliegt, darf das Verfahren vereinbart und zum Zeitpunkt der Anfrage und Bestellung festgelegt werden.

Proben zur Bestimmung des Gesamtkohlenstoffgehaltes müssen nach ISO 7625 vorbereitet werden. Der Gesamtkohlenstoffgehalt kann nach ISO 437 bestimmt werden.

5.3 Offene Porosität

Die offene Porosität muss nach ISO 2738 bestimmt werden.

5.4 Mechanische Eigenschaften

5.4.1 Allgemeines

Die in Tabelle 1 bis Tabelle 18 für den Sinterzustand angegebenen mechanischen Eigenschaften wurden an gepressten und gesinterten Probestäben mittlerer chemischer Zusammensetzung bestimmt. Die in Tabelle 1 bis Tabelle 18 für den Wärmebehandlungszustand angegebenen mechanischen Eigenschaften wurden an Probestäben bestimmt, die entweder gepresst und gesintert oder aus gepressten und gesinterten Rohlingen mechanisch hergestellt wurden. Sie gelten als Richtwerte für die anfängliche Werkstoffauswahl. Bei der Auswahl von pulvermetallurgischen (PM-) Werkstoffen sollte berücksichtigt werden, dass die Eigenschaften nicht nur von der chemischen Zusammensetzung und der Dichte, sondern auch von den Herstellungsverfahren abhängen. Die Eigenschaften von gesinterten Werkstoffen, die für bestimmte Anwendungen zufriedenstellend sind, müssen nicht unbedingt mit denen von Knet- oder Gusswerkstoffen übereinstimmen, die ansonsten verwendet werden könnten. Daher wird empfohlen, sich mit potenziellen Lieferanten in Verbindung zu setzen. Sie dürfen auch als Grundlage genommen werden, um spezielle Prüfungen festzulegen, die auf der Zeichnung angegeben sein können.

Die mechanischen Eigenschaften dürfen weder aus Härtewerten berechnet, noch an Zugproben bestimmt werden, die einem Bauteil entnommen wurden und zur Bestätigung der in Tabelle 1 bis Tabelle 18 angegebenen Werte verwendet werden. Falls der Kunde verlangt, dass bestimmte mechanische Eigenschaften durch Prüfungen an dem Bauteil erreicht werden, dann müssen diese mit dem Lieferanten vereinbart und auf der Zeichnung und/oder einer auf der Zeichnung vermerkten technischen Unterlage des Kunden angegeben werden.

5.4.2 Festigkeitseigenschaften

Die Zugfestigkeit und die Streckgrenze müssen nach ISO 2740 und ISO 6892-1 bestimmt werden. Bei wärmebehandelten Werkstoffen sind Zugfestigkeit und Streckgrenze annähernd gleich, und in diesem Fall wird die Zugfestigkeit festgelegt.

Die angegebenen normativen Werte für die Streckgrenze (im Sinterzustand) und die Zugfestigkeit (im Wärmebehandlungszustand) sind Mindestwerte. Diese Festigkeiten können als Planungsgrundlage für die Anwendung von pulvermetallurgischen Bauteilen (PM-Bauteilen) verwendet werden. Um für PM-Bauteile eine optimale Werkstoffauswahl sowohl hinsichtlich der Eigenschaften als auch der Wirtschaftlichkeit treffen zu können, ist es wichtig, die vorgesehene Anwendung mit dem Hersteller der Bauteile eingehend zu erörtern.

Die Mindestwerte werden an Zugproben bestimmt, die für die Bewertung von PM-Werkstoffen gesondert hergestellt wurden.

Zugproben, die handelsüblichen Bauteilen entnommen wurden, können sich von den gesondert hergestellten Zugproben unterscheiden. Zur Bewertung der Festigkeit eines Bauteils wird deshalb empfohlen, dass Kunde und Hersteller eine statische oder dynamische Prüfung an der ersten Charge der Bauteile vereinbaren. Die Ergebnisse der bis zum Versagen durchgeführten Prüfung können statistisch ausgewertet werden, um für die folgenden Produktionschargen die Mindestbruchkraft zu bestimmen.

Der Nachweis für ausreichende Festigkeiten kann auch durch die Untersuchung von Zugproben erbracht werden, die speziell für die Bewertung von PM-Werkstoffen aus derselben Charge des Pulvers wie die Produktionsteile hergestellt und auf die gleiche Weise wie diese behandelt wurden.

Die oben erwähnte Prüfung an Probestäben, die einem PM-Bauteil entnommen wurden, ist das ungünstigste Verfahren zur Ermittlung der Mindesteigenschaften.

Die Eigenschaften nach einer Wärmebehandlung wurden an Probestäben bestimmt, die einer Abschreckhärtung und einem nachfolgenden Anlassen (Vergüten) unterzogen wurden, um Festigkeit, Härte und Verschleißbeständigkeit zu erhöhen. Das Anlassen ist besonders wichtig, um die in diesem Dokument angegebenen Eigenschaften zu erreichen. Empfohlen werden Wärmebehandlungseinrichtungen, die mit Gasatmosphäre oder Vakuum arbeiten. Die Anwendung flüssiger Salze wird nicht empfohlen, da Salze in die Poren eindringen und ein „Ausbluten von Salzen“ sowie „innere Korrosion“ verursachen. Einige Werkstoffe können unmittelbar nach dem Sintern wärmebehandelt werden, indem sie im Sinterofen mit geregelter Geschwindigkeit abgekühlt werden. Dieser Vorgang wird üblicherweise als „Sinterhärtung“ bezeichnet. Werkstoffe, die auf diese Weise verarbeitet werden, erfordern auch ein Anlassen, um ihre optimale Festigkeit zu entwickeln.

5.4.3 Radiale Bruchfestigkeit

Die radiale Bruchfestigkeit muss nach ISO 2739 bestimmt werden. Die Wanddicken der zu verwendenden Probestäbe müssen in dem von ISO 2795 abgedeckten Bereich liegen. Bei Probestäben außerhalb dieses Bereichs müssen die festgelegten Werte für die radiale Bruchfestigkeit unterschiedlich und zwischen Kunde und Lieferant vereinbart werden.

6 Prüfverfahren für informative Eigenschaften

6.1 Allgemeines

Für jeden Werkstoff werden typische Werte angegeben, inklusive Zugfestigkeit und Streckgrenze. Diese typischen Werte dienen nur als allgemeine Richtwerte. Sie sollten nicht als Mindestwerte verwendet werden.

Diese typischen Eigenschaften sollten erreichbar sein, wenn die üblichen Herstellungsverfahren angewendet werden. Alle speziellen, an Bauteilen durchzuführenden Prüfungen sollten zwischen dem Kunden und dem Hersteller erörtert und vereinbart werden.

6.2 Dichte

Die Dichte muss nach ISO 2738 bestimmt werden. Üblicherweise wird die Dichte bestimmt, nachdem Öl oder nichtmetallisches Material aus den Poren entfernt wurde; diese Dichte wird als Trockendichte bezeichnet. Bei der Produktion von Lagern oder bestimmten anderen Bauteilen wird mitunter die „Feuchtdichte“ angegeben; sie bezeichnet die Masse je Volumeneinheit und bezieht Öl oder nichtmetallisches Material ein, das zum Tränken des Bauteils verwendet wurde.

6.3 Zugfestigkeit

Die Zugfestigkeit muss nach ISO 2740 und ISO 6892-1 bestimmt werden.

6.4 Streckgrenze

Die Streckgrenze muss nach ISO 2740 und ISO 6892-1 bestimmt werden.

6.5 Bruchdehnung

Die Bruchdehnung (bleibende) muss nach ISO 6892-1 bestimmt werden. Sie wird in Prozent der Anfangsmesslänge (üblicherweise 25 mm) angegeben und wird durch Messen der Zunahme der Messlänge nach dem Bruch bestimmt, wobei vorausgesetzt wird, dass der Bruch innerhalb der Messlänge aufgetreten ist. Die Bruchdehnung kann auch mit einem an einer Zugprobe angebrachten Break-away-Extensometer gemessen werden. Die aufgezeichnete Spannungs-Dehnungs-Kurve zeigt die Gesamtdehnung (elastische und bleibende Dehnung) an. Die elastische Dehnung muss von der Gesamtdehnung subtrahiert werden, um die bleibende Dehnung zu bestimmen (dies kann manchmal in der Software der Prüfmaschine angegeben werden).

6.6 Elastizitätsmodul

Der Elastizitätsmodul muss nach ASTM E1875 bestimmt werden. Angaben für die in diesem Dokument verwendeten elastischen Konstanten werden aus einer Prüfung der Resonanzfrequenz gewonnen. Gleichung 1 verknüpft die drei elastischen Konstanten:

$$\nu = (E/2G) - 1 \quad (1)$$

Dabei ist

ν die Poissonzahl (Querkontraktionszahl);

E der Elastizitätsmodul;

G der Schubmodul.

6.7 Poissonzahl (Querkontraktionszahl)

Die Poissonzahl muss nach ASTM E1875 bestimmt werden.

6.8 Schlagarbeit

Die Schlagarbeit muss nach ISO 5754 bestimmt werden. Die Daten in diesem Dokument wurden an ungekerbten Charpy-Proben ermittelt.

6.9 Druckstreckgrenze

Die Druckstreckgrenze muss nach ISO 14317 bestimmt werden. Für einige wärmebehandelte Werkstoffe, die in den Tabellen aufgeführt sind, ist die Härtebarkeit nicht ausreichend, um bei Probekörpern mit einem Durchmesser von 9,00 mm eine vollständige Durchhärtung zu erreichen. Wegen der unterschiedlichen Härtebarkeit der in den Tabellen aufgeführten wärmebehandelten Stähle sind die Druckstreckgrenzenwerte nur für Querschnitte mit 9,00 mm geeignet. Üblicherweise haben kleinere Querschnitte eine höhere Druckstreckgrenze, während größere Querschnitte bedingt durch ihre Härtebarkeit etwas niedrigere Druckstreckgrenzen erreichen. Weil die Zugprobekörper zur Bestimmung der Zug-Streckgrenze einen kleineren Querschnitt haben als die Probekörper zur Bestimmung der Druckstreckgrenze, ist ein direkter Vergleich zwischen den unter Zug- bzw. Druckbeanspruchung ermittelten Streckgrenzenwerten nicht möglich.

6.10 Biegebruchfestigkeit

Die Biegebruchfestigkeit muss nach ISO 3325 bestimmt werden.

Die Festigkeitsgleichung in ISO 3325 gilt exakt nur für nicht verformbare (nicht duktile) Werkstoffe; sie wird trotzdem häufig auf Werkstoffe angewendet, die sich beim Bruch verformen, und ist für die Ermittlung vergleichbarer Festigkeiten nützlich. Für diese Werkstoffe sind die entsprechenden Daten als typische Eigenschaftswerte in ISO 3325 enthalten.

6.11 Schwingfestigkeit

6.11.1 Allgemeines

Für jede ausgewertete Festigkeit sollte die Anzahl der ertragenen Lastzyklen angegeben werden.

Für PM-Eisenwerkstoffe, wie auch für Eisenknetwerkstoffe, werden Schwingfestigkeiten nach 10^7 Lastzyklen mit ungekerbten Probekörpern als unendlich ertragbar und damit als Schwingfestigkeitsgrenze angesehen (auch als Dauerfestigkeit bezeichnet). Dagegen haben PM-Nichteisenwerkstoffe bei 10^7 Lastzyklen keine als unendlich ertragbar anzusehende Schwingfestigkeit und deshalb bleibt diese Festigkeit die Schwingfestigkeit bei 10^7 Lastzyklen.

In diesem Dokument werden die Dauerfestigkeiten durch statistische Auswertung der Prüfdaten ermittelt. Wegen der begrenzten Anzahl auswertbarer Datenpunkte, die für die Analyse zur Verfügung stehen, werden diese Dauerfestigkeiten als 90 %-Lebensdauer bestimmt, d. h. es handelt sich um die Schwingfestigkeit, bei der 90 % der Probekörper 10^7 Lastzyklen standhalten.

Es gibt drei Beanspruchungsverfahren für die Probekörper, die jedoch unterschiedliche Schwingfestigkeiten liefern. Die Verfahren werden in den Unterabschnitten 6.11.2 bis 6.11.4 beschrieben.

6.11.2 Schwingfestigkeit beim Umlaufbiegeversuch

Bei diesem Prüfverfahren werden ein bearbeiteter, runder, glatter Probekörper (nach ISO 3928) und eine Prüfmaschine nach R. R. Moore angewendet. Die Prüfung muss nach ISO 1143 durchgeführt werden. Der Probekörper wird einseitig eingespannt und in Rotation versetzt, während sie am anderen Ende belastet wird. Die Oberfläche des Probestabs ist der am stärksten beanspruchte Bereich, während an der Mittellinie eine neutrale Spannung vorliegt. Bei diesem Prüfverfahren werden die höchsten Schwingfestigkeitswerte ermittelt.

6.11.3 Schwingfestigkeit beim ebenen Biegeversuch

Bei diesem Prüfverfahren mit Biegung in einer Ebene wird ein genormter Sinterprobestab angewendet (nach ISO 3928), der einer Schwingbeanspruchung ausgesetzt wird. Bei diesem Prüfverfahren wird mit zunehmender Beanspruchung der Querschnittsfläche eine etwas niedrigere Schwingfestigkeit bestimmt als beim Umlaufbiegeversuch. Die Bewertung der Schwingfestigkeit geschieht mit dem „staircase“-Verfahren, beschrieben in MPIF Standard 56.

6.11.4 Axiale Schwingfestigkeit

Bei diesem Verfahren wird entweder ein bearbeiteter Rundstab oder ein genormter Sinterprobestab angewendet (nach ISO 3928), der in einer Prüfmaschine geprüft wird, indem beide Enden eingespannt werden und dann einer Schwingbeanspruchung mit $R = -1$ unterzogen wird. Die Prüfung muss nach ISO 1099 durchgeführt. Da der gesamte Querschnitt beansprucht wird, liefert dieses Prüfverfahren die niedrigste Schwingfestigkeit.

6.12 Sinterhärte

Die Sinterhärte muss nach ISO 4498 bestimmt werden. Der unter Anwendung eines herkömmlichen Eindringhärteprüfgerätes für PM-Bauteile bestimmte Härtewert erfasst als Sinterhärte die Matrixhärte in Kombination mit dem von der Porosität ausgehenden Effekt. Die Sinterhärte stellt den Widerstand gegen das Eindringen dar.

Wegen der möglichen Dichteschwankungen in fertigen PM-Bauteilen sollten auf der technischen Zeichnung des Bauteils die Stellen festgelegt werden, an denen die kritische Sinterhärte gemessen wird. Da die Sinterhärte durch Verschließen von Oberflächenporen beeinflusst werden kann, sollte auch der Oberflächenzustand festgelegt werden.

6.13 Längenausdehnungskoeffizient

Der Längenausdehnungskoeffizient muss nach ASTM E228 bestimmt werden.

7 Anforderungen

Die chemische Zusammensetzung und die mechanischen Eigenschaften sind in Tabelle 1 bis Tabelle 18 enthalten.

Der Tränkstoffgehalt von Werkstoffen für Lager, die mit flüssigem Schmierstoff getränkt sind, darf nicht weniger als 90 % der gemessenen offenen Porosität ausmachen.

8 Bezeichnungen

Bezeichnungen müssen Anhang A entsprechen.

Tabelle 1 — Nichteisenwerkstoffe für Lager: Bronze und Bronze mit Graphit

	Sorte ^a	Normative Werte						Informative Werte	
		Chemische Zusammensetzung				Offene Porosität min.	Radiale Bruchfestigkeit min.	Dichte (trocken)	Längenausdehnungskoeffizient
		Graphit	Sn	Cu	Andere Elemente gesamt max.				
		%	%	%	%	<i>p</i> %	<i>K</i> MPa	<i>ρ</i> g/cm ³	10 ⁻⁶ K ⁻¹
Bronze	C-T10-K110	—	8,5 bis 11,0	Rest	2	27	110	6,1	18
	C-T10-K140	—	8,5 bis 11,0	Rest	2	22	140	6,6	18
	C-T10-K180	—	8,5 bis 11,0	Rest	2	15	180	7,0	18
Bronze mit Graphit	C-T10G-K90	0,5 bis 2,0	8,5 bis 11,0	Rest	2	27	90	5,9	18
	C-T10G-K110 ^b	0,5 bis 2,0	8,5 bis 11,0	Rest	2	25	110	6,0	18
	C-T10G-K120	0,5 bis 2,0	8,5 bis 11,0	Rest	2	22	120	6,4	18
	C-T10G-K170 ^b	0,5 bis 2,0	8,5 bis 11,0	Rest	2	19	170	6,5	18
	C-T10G-K160	0,5 bis 2,0	8,5 bis 11,0	Rest	2	17	160	6,8	18
	C-T10G-K115	3 bis 5	8,5 bis 11,0	Rest	2	11	115	6,8	19
^a Alle Werkstoffe können mit Öl getränkt werden. ^b Diese Werkstoffe haben eine höhere Festigkeit als nach der angegebenen Porosität zu erwarten wäre, so dass es notwendig werden kann, andere Sinterparameter anzuwenden.									

Tabelle 2 — Eisenwerkstoffe für Lager: Eisen, Eisen-Kupfer, Eisen-Bronze, Eisen-Kohlenstoff-Graphit

	Sorte ^a	Normative Werte							Informative Werte		
		Chemische Zusammensetzung						Offene Porosität min.	Radiale Bruchfestigkeit	Dichte (trocken)	Längenausdehnungskoeffizient
		C gebunden ^b	Cu	Sn	Graphit	Fe	Andere Elemente gesamt max.	<i>p</i>	<i>K</i>	ρ	
		%	%	%	%	%	%	%	MPa	g/cm ³	10 ⁻⁶ K ⁻¹
Eisen	F-00-K170	< 0,3	—	—	—	Rest	2	22	> 170	5,8	12
	F-00-K220	< 0,3	—	—	—	Rest	2	17	> 220	6,2	12
Eisen-Kupfer	F-00C2-K200	< 0,3	1 bis 4	—	—	Rest	2	22	> 200	5,8	12
	F-00C2-K250	< 0,3	1 bis 4	—	—	Rest	2	17	> 250	6,2	12
	F-03C22-K150	< 0,5	18 bis 25	—	—	Rest	2	18	> 150	6,4	13
	F-03C22G-K150	< 0,5	18 bis 25	—	0,3 bis 1,0	Rest	2	18	> 150	6,4	13
	F-03C22G-K200 ^d	< 0,5	18 bis 25	—	1,0 bis 3,0	Rest	2	18	> 200	6,4	13
	F-03C25T-K120	< 0,5	20 bis 30	1,0 bis 3,0	—	Rest	2	17	120 bis 250	6,4	13
Eisen-Bronze ^c	F-03C36T-K90	< 0,5	34 bis 38	3,5 bis 4,5	0,3 bis 1,0	Rest	2	24	90 bis 265	5,8	14
	F-03C36T-K120	< 0,5	34 bis 38	3,5 bis 4,5	0,3 bis 1,0	Rest	2	19	120 bis 345	6,2	14
	F-03C45T-K70	< 0,5	43 bis 47	4,5 bis 5,5	< 1,0	Rest	2	24	70 bis 245	5,6	14
	F-03C45T-K100	< 0,5	43 bis 47	4,5 bis 5,5	< 1,0	Rest	2	19	100 bis 310	6,0	14
Eisen-Kohlenstoff-Graphit ^c	F-03G3-K70	< 0,5	—	—	2,0 bis 3,5	Rest	2	20	70 bis 175	5,6	12
	F-03G3-K80	< 0,5	—	—	2,0 bis 3,5	Rest	2	13	80 bis 210	6,0	12
^a Alle Werkstoffe können mit Öl getränkt werden. ^b Nur auf Basis der Eisenphase. ^c Aus dem für die radiale Bruchfestigkeit (<i>K</i>) angegebene Wertebereich ergibt sich die Notwendigkeit, ein Gleichgewicht zwischen gebundenem Kohlenstoff und freiem Graphit aufrecht zu erhalten. ^d Dieser Werkstoff hat eine höhere Festigkeit als nach der angegebenen Porosität zu erwarten wäre, so dass es notwendig werden kann, andere Sinterparameter anzuwenden.											

Tabelle 3 — Eisenwerkstoffe für Formteile: Eisen und Kohlenstoffstahl — Im Sinterzustand

	Sorte	Normative Werte					Informative Werte											
		Chemische Zusammensetzung				Streckgrenze min.	Dichte	Zugfestigkeit	Streckgrenze	Bruchdehnung	Elastizitätsmodul	Poissonzahl	Schlagarbeit (ungekerbt nach Charpy)	Druckstreckgrenze	Biegebruchfestigkeit	Dauerfestigkeit bei Umlaufbiegung 90 % Überlebenswahrscheinlichkeit ^a	Sinterhärte	
		C gebunden	Cu	Fe	Andere Elemente gesamt max.													
		%	%	%	%	R _{p0,2} MPa	ρ g/cm ³	R _m MPa	R _{p0,2} MPa	A ₂₅ %	GPa		(0,1 %) MPa	MPa	MPa	MPa	HV5	Rockwell
Eisen	F-00-100	< 0,3	—	Rest	2	100	6,7	170	120	3	120	0,25	8	120	340	65	60	60 HRF
	F-00-120	< 0,3	—	Rest	2	120	7,0	210	150	4	140	0,27	24	125	500	80	75	70 HRF
	F-00-140	< 0,3	—	Rest	2	140	7,3	260	170	7	160	0,28	47	130	660	100	85	80 HRF
Kohlenstoffstahl	F-05-100	0,3 bis 0,6	—	Rest	2	100	6,1	170	120	< 1	105	0,25	4	125	330	60	70	25 HRB
	F-05-140	0,3 bis 0,6	—	Rest	2	140	6,6	220	160	1	115	0,25	5	160	440	80	90	40 HRB
	F-05-170	0,3 bis 0,6	—	Rest	2	170	7,0	275	200	2	140	0,27	8	200	550	105	120	60 HRB
Kohlenstoffstahl	F-08-170	0,6 bis 0,9	—	Rest	2	170	6,2	240	210	< 1	110	0,25	4	210	420	100	110	50 HRB
	F-08-210	0,6 bis 0,9	—	Rest	2	210	6,6	290	240	1	115	0,25	5	210	510	120	120	60 HRB
	F-08-240	0,6 bis 0,9	—	Rest	2	240	7,0	390	260	1	140	0,27	7	250	690	170	140	70 HRB
Diese Werkstoffe dürfen mit Zusätzen geliefert werden, um eine bessere maschinelle Bearbeitbarkeit zu erreichen. Die Eigenschaften wurden an gepressten und gesinterten Probestäbe (nicht mechanisch bearbeitet) nach ISO 2740 bestimmt.																		
^a Mechanisch bearbeitete Probestäbe nach ISO 3928.																		

Tabelle 4 — Eisenwerkstoffe für Formteile: Kohlenstoffstahl — Wärmebehandelt

Sorte	Normative Werte					Informative Werte										
	Chemische Zusammensetzung				Zugfestigkeit min.	Dichte	Zugfestigkeit ^c	Bruchdehnung	Elastizitätsmodul	Poissonzahl	Schlagarbeit (ungekerbt nach Charpy)	Druckstreckgrenze	Biegebruchfestigkeit	Dauerfestigkeit bei Umlaufbiegung 90 % Überlebenswahrscheinlichkeit ^d	Sinterhärte	
	C gebunden	Cu	Fe	Andere Elemente gesamt max.												
	%	%	%	%	R _m MPa	ρ g/cm ³	R _m MPa	A ₂₅ %	GPa		J	(0,1 %) MPa	MPa	MPa	HV10	Rockwell
F-05-340H ^a	0,3 bis 0,6	—	Rest	2	340	6,6	410	< 1	115	0,25	4	300	720	160	280	20 HRC
F-05-410H ^a	0,3 bis 0,6	—	Rest	2	410	6,8	480	< 1	130	0,27	5	360	830	190	290	22 HRC
F-05-480H ^a	0,3 bis 0,6	—	Rest	2	480	7,0	550	< 1	140	0,27	5	420	970	220	300	25 HRC
F-08-450H ^b	0,6 bis 0,9	—	Rest	2	450	6,6	520	< 1	115	0,25	5	550	790	210	320	28 HRC
F-08-500H ^b	0,6 bis 0,9	—	Rest	2	500	6,8	570	< 1	130	0,27	6	600	860	230	345	31 HRC
F-08-550H ^b	0,6 bis 0,9	—	Rest	2	550	7,0	620	< 1	140	0,27	7	655	950	260	360	33 HRC
Die Zugeigenschaften für den Wärmebehandlungszustand wurden an mechanisch bearbeiteten Probestäben nach ISO 2740 bestimmt.																
^a 30 min austenitisiert bei 850 °C in Schutzatmosphäre mit 0,5 % Kohlenstoffpotential, in Öl abgeschreckt und 1 h bei 180 °C angelassen. ^b 30 min austenitisiert bei 850 °C in Schutzatmosphäre mit 0,8 % Kohlenstoffpotential, in Öl abgeschreckt und 1 h bei 180 °C angelassen. ^c Streckgrenze und Zugfestigkeit sind bei wärmebehandelten Werkstoffen annähernd gleich. ^d Mechanisch bearbeitete Probestäbe nach ISO 3928.																

Tabelle 5 — Eisenwerkstoffe für Formteile: Kupferstahl und Kupferkohlenstoffstahl — Im Sinterzustand

Sorte		Normative Werte					Informative Werte													
		Chemische Zusammensetzung				Streckgrenze min. $R_{p0,2}$ MPa	Dichte ρ g/cm ³	Zugfestigkeit R_m MPa	Streckgrenze $R_{p0,2}$ MPa	Bruchdehnung A_{25} %	Elastizitätsmodul GPa	Poissonzahl	Schlagarbeit (ungekerbt nach Charpy) J	Druckstreckgrenze (0,1 %) MPa	Biegebruchfestigkeit MPa	Dauerfestigkeit bei Umlaufbiegung 90 % Überlebenswahrscheinlichkeit ^a MPa	Dauerfestigkeit bei 4-Punkt-Biegung 90 % Überlebenswahrscheinlichkeit ^b MPa	Dauerfestigkeit bei Axialbelastung 90 % Überlebenswahrscheinlichkeit ^c MPa	Sinterhärte	
		C gebunden %	Cu %	Fe %	Andere Elemente max. %															
Kupferstahl	F-00C2-110	< 0,3	1,3 bis 3,0	Rest	2	110	6,2	180	150	1,5	110	0,25	6	130	340	70	—	—	60	16 HRB
	F-00C2-140	< 0,3	1,3 bis 3,0	Rest	2	140	6,6	210	180	2	115	0,25	7	160	390	80	—	—	70	26 HRB
	F-00C2-175	< 0,3	1,3 bis 3,0	Rest	2	175	7,0	235	205	3	140	0,27	8	185	445	89	—	—	90	39 HRB

Sorte		Normative Werte					Informative Werte													
		Chemische Zusammensetzung				Streckgrenze min. $R_{p0,2}$ MPa	Dichte ρ g/cm ³	Zugfestigkeit R_m MPa	Streckgrenze $R_{p0,2}$ MPa	Bruchdehnung A_{25} %	Elastizitätsmodul GPa	Poissonzahl	Schlagarbeit (ungekerbt nach Charpy) J	Druckstreckgrenze (0,1 %) MPa	Biegebruchfestigkeit MPa	Dauerfestigkeit bei Umlaufbiegung 90 % Überlebenswahrscheinlichkeit ^a MPa	Dauerfestigkeit bei 4-Punkt-Biegung 90 % Überlebenswahrscheinlichkeit ^b MPa	Dauerfestigkeit bei Axialbelastung 90 % Überlebenswahrscheinlichkeit ^c MPa	Sinterhärte	
		C gebunden %	Cu %	Fe %	Andere Elemente max. %															
		%	%	%	%														HV 5	Rockwell
Kupferkohlenstoffstahl	F-05C2-230	0,3 bis 0,6	1,3 bis 3,0	Rest	2	230	6,2	270	270	< 1	110	0,25	3	270	480	95	—	—	110	44 HRB
	F-05C2-270	0,3 bis 0,6	1,3 bis 3,0	Rest	2	270	6,6	325	300	< 1	115	0,25	7	305	620	130	—	—	115	57 HRB
	F-05C2-300	0,3 bis 0,6	1,3 bis 3,0	Rest	2	300	7,0	390	330	< 1	140	0,27	10	330	760	190	—	150	150	68 HRB
	F-08C2-270	0,6 bis 0,9	1,3 bis 3,0	Rest	2	270	6,2	320	300	< 1	110	0,25	3	300	580	110	—	90	115	58 HRB
	F-08C2-350	0,6 bis 0,9	1,3 bis 3,0	Rest	2	350	6,6	390	360	< 1	115	0,25	7	330	800	150	—	120	140	70 HRB
	F-08C2-390	0,6 bis 0,9	1,3 bis 3,0	Rest	2	390	7,0	480	420	< 1	140	0,27	8	360	980	200	—	170	165	78 HRB
	F-08C2-410	0,6 bis 0,9	1,3 bis 3,0	Rest	2	410	7,2	520	450	< 1	155	0,28	9	380	1 070	230	—	190	185	84 HRB
Diese Werkstoffe dürfen mit Zusätzen geliefert werden, um eine bessere maschinelle Bearbeitbarkeit zu erreichen. Die Eigenschaften wurden an gepressten und gesinterten Probestäben (nicht mechanisch bearbeitet) nach ISO 2740 bestimmt.																				
^a Mechanisch bearbeitete Probestäbe nach ISO 3928.																				
^b Probestäbe im Sinterzustand (gesinterte Oberflächen) nach ISO 3928.																				
^c Mechanisch bearbeitete Probestäbe nach ISO 3928.																				

Tabelle 6 — Eisenwerkstoffe für Formteile: Kupferkohlenstoffstahl — Wärmebehandelt

Sorte	Normative Werte					Informative Werte										
	Chemische Zusammensetzung					Dichte	Zugfestigkeit ^c	Bruchdehnung	Elastizitätsmodul	Poissonzahl	Schlagarbeit (ungekerbt nach Charpy)	Druckstreckgrenze	Biegebruchfestigkeit	Dauerfestigkeit bei Umlaufbiegung 90 % Überlebenswahrscheinlichkeit ^d	Sinterhärte	
	C gebunden	Cu	Fe	Andere Elemente gesamt max.	Zugfestigkeit min.											
	%	%	%	%	R _m MPa	g/cm ³	R _m MPa	A ₂₅ %	GPa		J	(0,1 %) MPa	MPa	MPa	HV10	Rockwell
F-05C2-410H ^a	0,3 bis 0,6	1,3 bis 3,0	Rest	2	410	6,2	480	< 1	110	0,25	3	390	660	190	270	19 HRC
F-05C2-500H ^a	0,3 bis 0,6	1,3 bis 3,0	Rest	2	500	6,6	580	< 1	115	0,25	5	520	800	220	310	27 HRC
F-05C2-620H ^a	0,3 bis 0,6	1,3 bis 3,0	Rest	2	620	7,0	690	< 1	140	0,27	7	660	930	260	390	36 HRC
F-08C2-360H ^b	0,6 bis 0,9	1,3 bis 3,0	Rest	2	360	6,2	470	< 1	110	0,25	4	430	690	180	290	22 HRC
F-08C2-500H ^b	0,6 bis 0,9	1,3 bis 3,0	Rest	2	500	6,6	570	< 1	115	0,25	6	560	830	230	360	33 HRC
F-08C2-620H ^b	0,6 bis 0,9	1,3 bis 3,0	Rest	2	620	7,0	690	< 1	140	0,27	6	690	1 000	270	430	40 HRC
F-08C2-670H ^b	0,6 bis 0,9	1,3 bis 3,0	Rest	2	670	7,2	750	< 1	155	0,28	7	750	1 070	290	470	44 HRC
Die Zugeigenschaften für den Wärmebehandlungszustand wurden an mechanisch bearbeiteten Probestäben nach ISO 2740 bestimmt.																
^a 30 min austenitisiert bei 850 °C in Schutzatmosphäre mit 0,5 % Kohlenstoffpotential, in Öl abgeschreckt und 1 h bei 180 °C angelassen. ^b 30 min austenitisiert bei 850 °C in Schutzatmosphäre mit 0,8 % Kohlenstoffpotential, in Öl abgeschreckt und 1 h bei 180 °C angelassen. ^c Streckgrenze und Zugfestigkeit sind bei wärmebehandelten Werkstoffen annähernd gleich. ^d Mechanisch bearbeitete Probestäbe nach ISO 3928.																

Tabelle 7 — Eisenwerkstoffe für Formteile: Phosphorstähle — Im Sinterzustand

Sorte		Normative Werte						Informative Werte										
		Chemische Zusammensetzung					Streckgrenze min.	Dichte	Zugfestigkeit	Streckgrenze	Bruchdehnung	Elastizitätsmodul	Poissonzahl	Schlagarbeit (ungekerbt nach Charpy)	Biegebruchfestigkeit	Dauerfestigkeit bei 4 Punkt-Biegung 90 % Überlebenswahrscheinlichkeit ^b	Sinterhärte	
		C gebunden	P	Cu	Fe	Andere Elemente gesamt max.	R _{p0,2} MPa	ρ g/cm ³	R _m MPa	R _{p0,2} MPa	A ₂₅ %	GPa		J	MPa	MPa	HV 5	Rockwell
Phosphorstahl ^a	F-00P05-180	< 0,1	0,40 bis 0,50	—	Rest	2	180	6,6	300	210	4	115	0,25	18	600	95	70	40 HRB
	F-00P05-210	< 0,1	0,40 bis 0,50	—	Rest	2	210	7,0	400	240	9	140	0,27	30	900	125	120	60 HRB
Phosphorkohlenstoffstahl	F-05P05-270	0,3 bis 0,6	0,40 bis 0,50	—	Rest	2	270	6,6	400	305	3	115	0,25	9	700	125	130	65 HRB
	F-05P05-320	0,3 bis 0,6	0,40 bis 0,50	—	Rest	2	320	7,0	480	365	5	140	0,27	15	1 000	160	150	72 HRB
Kupferphosphorstahl	F-00C2P-260	< 0,3	0,40 bis 0,50	1,5 bis 2,5	Rest	2	260	6,6	400	300	3	115	0,25	—	—	115	120	60 HRB
	F-00C2P-300	<0,3	0,40 bis 0,50	1,5 bis 2,5	Rest	2	300	7,0	500	340	6	140	0,27	—	—	145	140	69 HRB

Sorte		Normative Werte						Informative Werte										
		Chemische Zusammensetzung					Streckgrenze min. $R_{p0,2}$ MPa	Dichte ρ g/cm ³	Zugfestigkeit R_m MPa	Streckgrenze $R_{p0,2}$ MPa	Bruchdehnung A_{25} %	Elastizitätsmodul GPa	Poissonzahl	Schlagarbeit (ungekerbt nach Charpy) J	Biegebruchfestigkeit MPa	Dauerfestigkeit bei 4 Punkt-Biegung 90 % Überlebens- wahrscheinlichkeit ^b MPa	Sinterhärte HV 5 Rockwell	
		C gebun- den %	P %	Cu %	Fe %	Andere Elemente gesamt max. %												
Kupfer- phosphor- kohlen- stoffstahl	F-05C2P-320	0,3 bis 0,6	0,40 bis 0,50	1,5 bis 2,5	Rest	2	320	6,6	450	360	2	115	0,25	—	820	135	140	69 HRB
	F-05C2P-380	0,3 bis 0,6	0,40 bis 0,50	1,5 bis 2,5	Rest	2	380	7,0	550	400	3	140	0,27	—	1 120	165	160	74 HRB
Die Eigenschaften wurden an gepressten und gesinterten Probestäben (nicht mechanisch bearbeitet) nach ISO 2740 bestimmt.																		
^a Vor dem Einsatz dieser Werkstoffe in magnetischen Anwendungen wird eine Absprache mit dem Lieferanten empfohlen. Einige weichmagnetische PM-Werkstoffe sind in IEC 60404-8-9 genormt. ^b Probestäbe im Sinterzustand (gesinterte Oberflächen) nach ISO 3928.																		

Tabelle 8 — Eisenwerkstoffe für Formteile: Nickelstähle — Im Sinterzustand

Sorte	Normative Werte					Informative Werte												
	Chemische Zusammensetzung					Streckgrenze min. $R_{p0,2}$	Dichte ρ	Zugfestigkeit R_m	Streckgrenze $R_{p0,2}$	Bruchdehnung A_{25}	Elastizitätsmodul GPa	Poissonzahl	Schlagarbeit (ungekerbte Probe nach Charpy)	Druckstreckgrenze (0,1 %)	Biegebruchfestigkeit MPa	Dauerfestigkeit bei Umlaufbiegung 90 % Überlebenswahrscheinlichkeit ^a MPa	Sinterhärte	
	C gebunden %	Ni %	Cu %	Fe %	Andere Elemente gesamt max. %													
F-05N2-140	0,3 bis 0,6	1,5 bis 2,5	0,0 bis 2,5	Rest	2	140	6,6	280	170	1,5	115	0,25	8	170	450	100	80	44 HRB
F-05N2-180	0,3 bis 0,6	1,5 bis 2,5	0,0 bis 2,5	Rest	2	180	7,0	360	220	2,5	140	0,27	20	210	740	130	130	62 HRB
F-05N2-210	0,3 bis 0,6	1,5 bis 2,5	0,0 bis 2,5	Rest	2	210	7,2	410	240	4,0	155	0,28	28	240	860	150	145	69 HRB
F-05N2-240	0,3 bis 0,6	1,5 bis 2,5	0,0 bis 2,5	Rest	2	240	7,4	480	280	5,5	170	0,28	46	280	1 030	180	170	78 HRB
F-08N2-220	0,6 bis 0,9	1,5 bis 2,5	0,0 bis 2,5	Rest	2	220	6,8	350	260	1,5	130	0,27	9	260	660	120	145	68 HRB
F-08N2-260	0,6 bis 0,9	1,5 bis 2,5	0,0 bis 2,5	Rest	2	260	7,0	430	300	1,5	140	0,27	13	300	800	150	160	74 HRB
F-08N2-300	0,6 bis 0,9	1,5 bis 2,5	0,0 bis 2,5	Rest	2	300	7,2	515	325	2,2	155	0,28	18	325	985	180	175	80 HRB

Sorte	Normative Werte						Informative Werte											
	Chemische Zusammensetzung					Streckgrenze min. $R_{p0,2}$	Dichte ρ	Zugfestigkeit R_m	Streckgrenze $R_{p0,2}$	Bruchdehnung A_{25}	Elastizitätsmodul GPa	Poissonzahl	Schlagarbeit (ungekerbte Probe nach Charpy)	Druckstreckgrenze (0,1 %)	Biegebruchfestigkeit MPa	Dauerfestigkeit bei Umlaufbiegung 90 % Überlebenswahrscheinlichkeit ^a MPa	Sinterhärte HV 5 Rockwell	
	C gebunden %	Ni %	Cu %	Fe %	Andere Elemente gesamt max. %													
F-05N4-180	0,3 bis 0,6	3,5 bis 4,5	0,0 bis 2,0	Rest	2	180	6,6	285	220	1,0	115	0,25	8	240	500	110	105	53 HRB
F-05N4-240	0,3 bis 0,6	3,5 bis 4,5	0,0 bis 2,0	Rest	2	240	7,0	410	280	3,0	140	0,27	20	280	830	150	145	71 HRB
F-05N4-310	0,3 bis 0,6	3,5 bis 4,5	0,0 bis 2,0	Rest	2	310	7,4	620	340	4,5	170	0,28	45	310	1 210	220	185	84 HRB
F-08N4-300	0,6 bis 0,9	3,5 bis 4,5	0,0 bis 2,0	Rest	2	300	6,8	420	320	1,0	130	0,27	9	320	720	150	160	75 HRB
F-08N4-330	0,6 bis 0,9	3,5 bis 4,5	0,0 bis 2,0	Rest	2	330	7,0	480	360	1,0	140	0,27	11	360	850	170	175	80 HRB
F-08N4-380	0,6 bis 0,9	3,5 bis 4,5	0,0 bis 2,0	Rest	2	380	7,2	550	410	1,0	155	0,28	15	410	1 030	190	205	87 HRB
Die Eigenschaften wurden an gepressten und gesinterten Probestäben (nicht mechanisch bearbeitet) nach ISO 2740 bestimmt.																		
^a Mechanisch bearbeitete Probestäbe nach ISO 3928.																		

Tabelle 9 — Eisenwerkstoffe für Formteile: Nickelstähle — Wärmebehandelt

Sorte	Normative Werte						Informative Werte										
	Chemische Zusammensetzung					Zugfestig- keit min.	Dichte	Zugfestigkeit ^c	Bruchdehnung	Elastizitätsmodul	Poissonzahl	Schlagarbeit (ungekerbt nach Charpy)	Druckstreckgrenze	Biegebruchfestigkeit	Dauerfestigkeit bei Umlaufbiegung 90 % Überlebenswahrscheinlichkeit ^d	Sinterhärte	
	C ge- bun- den	Ni	Cu	Fe	Andere Elemente gesamt max.												
	%	%	%	%	%	R _m MPa	ρ g/cm ³	R _m MPa	A ₂₅ %	GPa		J	(0,1 %) MPa	MPa	MPa	HV10	Rock- well
F-05N2-550H ^a	0,3 bis 0,6	1,5 bis 2,5	0,0 bis 2,5	Rest	2	550	6,6	620	< 1	115	0,25	5	410	830	180	290	23 HRC
F-05N2-800H ^a	0,3 bis 0,6	1,5 bis 2,5	0,0 bis 2,5	Rest	2	800	7,0	900	< 1	140	0,27	7	600	1 200	260	350	31 HRC
F-05N2- 1070H ^a	0,3 bis 0,6	1,5 bis 2,5	0,0 bis 2,5	Rest	2	1 070	7,2	1 100	< 1	155	0,28	9	830	1 480	320	390	36 HRC
F-05N2- 1240H ^a	0,3 bis 0,6	1,5 bis 2,5	0,0 bis 2,5	Rest	2	1 240	7,4	1 280	< 1	170	0,28	13	970	1 720	370	430	40 HRC
F-08N2-600H ^b	0,6 bis 0,9	1,5 bis 2,5	0,0 bis 2,5	Rest	2	600	6,7	620	< 1	120	0,25	5	680	830	200	310	26 HRC
F-08N2-900H ^b	0,6 bis 0,9	1,5 bis 2,5	0,0 bis 2,5	Rest	2	900	7,0	1 000	< 1	140	0,27	7	940	1 280	320	380	35 HRC
F-08N2- 1070H ^b	0,6 bis 0,9	1,5 bis 2,5	0,0 bis 2,5	Rest	2	1 070	7,2	1 170	< 1	155	0,28	9	1 120	1 520	370	420	39 HRC

Sorte	Normative Werte						Informative Werte										
	Chemische Zusammensetzung					Zugfestig- keit min.	Dichte	Zugfestigkeit ^c	Bruchdehnung	Elastizitätsmodul	Poissonzahl	Schlagarbeit (ungekerbt nach Charpy)	Druckstreckgrenze	Biegebruchfestigkeit	Dauerfestigkeit bei Umlaufbiegung 90 % Überlebenswahrscheinlichkeit ^d	Sinterhärte	
	C ge- bun- den	Ni	Cu	Fe	Andere Elemente gesamt max.												
	%	%	%	%	%	R _m MPa	ρ g/cm ³	R _m MPa	A ₂₅ %	GPa		J	(0,1 %) MPa	MPa	MPa	HV10	Rock- well
F-05N4-600H ^a	0,3 bis 0,6	3,5 bis 4,5	0,0 bis 2,0	Rest	2	600	6,6	640	< 1	115	0,25	6	510	860	190	270	21 HRC
F-05N4-900H ^a	0,3 bis 0,6	3,5 bis 4,5	0,0 bis 2,0	Rest	2	900	7,0	930	< 1	140	0,27	9	710	1 380	290	350	31 HRC
F-05N4-1240H ^a	0,3 bis 0,6	3,5 bis 4,5	0,0 bis 2,0	Rest	2	1 240	7,4	1 280	< 1	170	0,28	18	910	1 930	390	430	40 HRC
Die Zug-Eigenschaften für den Wärmebehandlungszustand wurden an mechanisch bearbeiteten Probestäben nach ISO 2740 bestimmt.																	
^a 30 min austenitisiert bei 850 °C in Schutzatmosphäre mit 0,5 % Kohlenstoffpotential, in Öl abgeschreckt und 1 h bei 260 °C angelassen. ^b 30 min austenitisiert bei 850 °C in Schutzatmosphäre mit 0,8 % Kohlenstoffpotential, in Öl abgeschreckt und 1 h bei 260 °C angelassen. ^c Streckgrenze und Zugfestigkeit sind bei wärmebehandelten Werkstoffen annähernd gleich. ^d Mechanisch bearbeitete Probestäbe nach ISO 3928.																	

Tabelle 10 — Eisenwerkstoffe für Formteile: Diffusionslegierte Nickel Kupfer Molybdän Stähle — Im Sinterzustand

Sorte ^a	Normative Werte							Informative Werte												
	Chemische Zusammensetzung						Streckgrenze min. <i>R_{p0,2}</i> MPa	Dichte <i>ρ</i> g/cm ³	Zugfestigkeit <i>R_m</i> MPa	Streckgrenze <i>R_{p0,2}</i> MPa	Bruchdehnung <i>A₂₅</i> %	Elastizitätsmodul GPa	Poissonzahl	Schlagarbeit (ungekerbte Probe nach Charpy) J	Druckstreckgrenze (0,1 %) MPa	Biegebruchfestigkeit MPa	Dauerfestigkeit bei Umlaufbiegung 90 % Überlebenswahrscheinlichkeit ^b MPa	Dauerfestigkeit bei 4-Punkt-Biegung 90 % Überlebenswahrscheinlichkeit ^c MPa	Sinterhärte	
	C ge- bun- den %	Ni %	Cu %	Mo %	Fe %	Andere Elemente gesamt max. %													HV 5	Rock- well
FD-05N2C-360	0,3 bis 0,6	1,5 bis 2,0	1,3 bis 1,7	0,4 bis 0,6	Rest	2	360	6,9	540	390	2	135	0,27	14	350	1 040	190	170	155	74 HRB
FD-05N2C-400	0,3 bis 0,6	1,5 bis 2,0	1,3 bis 1,7	0,4 bis 0,6	Rest	2	400	7,1	590	420	3	150	0,27	22	380	1 200	220	195	180	81 HRB
FD-05N2C-440	0,3 bis 0,6	1,5 bis 2,0	1,3 bis 1,7	0,4 bis 0,6	Rest	2	440	7,4	680	460	4	170	0,28	38	430	1 450	260	220	210	86 HRB
FD-08N2C-350	0,6 bis 0,9	1,5 bis 2,0	1,3 bis 1,7	0,4 bis 0,6	Rest	2	350	6,8	500	410	< 1	130	0,27	10	410	980	195	190	175	80 HRB
FD-08N2C-390	0,6 bis 0,9	1,5 bis 2,0	1,3 bis 1,7	0,4 bis 0,6	Rest	2	390	7,0	580	450	1	140	0,27	14	450	1 160	240	210	190	84 HRB