

**DIN IEC 60404-8-1**

ICS 29.030

Ersatz für  
DIN IEC 60404-8-1:2003-02

**Magnetische Werkstoffe –  
Teil 8-1: Anforderungen an einzelne Werkstoffe –  
Hartmagnetische Werkstoffe (Dauermagnete) (IEC 60404-8-1:2001 +  
A1:2004)**

Magnetic materials –  
Part 8-1: Specifications for individual materials –  
Magnetically hard materials (IEC 60404-8-1:2001 + A1:2004)

Matériaux magnétiques –  
Partie 8-1: Spécifications pour matériaux particuliers –  
Matériaux magnétiquement durs (CEI 60404-8-1:2001 + A1:2004)

Gesamtumfang 30 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE  
Normenausschuss Nichteisenmetalle (FNNE) im DIN

## Nationales Vorwort

*Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 60404-8-1/A1:2002-10.*

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 171 „Magnetische Legierungen und Stahl“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE zuständig.

Die Änderungen gegenüber IEC 60404-8-1:2001 sind im Text mit einer senkrechten Linie am linken Seitenrand gekennzeichnet.

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

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

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

### Änderungen

Gegenüber DIN IEC 60404-8-1:2003-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Ersatz des Unterabschnitts 11.2.1 sowie der Tabellen 11, 12, 13 und 16.
- b) Neue Einteilung der Dauermagnetwerkstoffe für technische Anwendungen nach ihrer metallurgischen Verwandtschaft in Tabelle 8.

### Frühere Ausgaben

DIN 17410: 1953-07, 1963-01, 1977-05

DIN IEC 60404-8-1: 2003-02

# Inhalt

|                                                                                                                                                     | Seite |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1 Anwendungsbereich .....                                                                                                                           | 5     |
| 2 Normative Verweisungen .....                                                                                                                      | 5     |
| 3 Werkstoffgruppen und ihre Anwendungen .....                                                                                                       | 5     |
| 4 Einteilung .....                                                                                                                                  | 5     |
| 4.1 Kennzeichnende magnetische Eigenschaften .....                                                                                                  | 6     |
| 4.2 Weitere magnetische Eigenschaften .....                                                                                                         | 6     |
| 5 Chemische Zusammensetzung .....                                                                                                                   | 7     |
| 6 Dichte .....                                                                                                                                      | 7     |
| 7 Bezeichnung .....                                                                                                                                 | 7     |
| 8 Lieferzustand und Maße .....                                                                                                                      | 7     |
| 9 Prüfung .....                                                                                                                                     | 7     |
| 9.1 Prüfumfang .....                                                                                                                                | 7     |
| 9.2 Prüfverfahren .....                                                                                                                             | 7     |
| 10 Gründe für Beanstandung .....                                                                                                                    | 8     |
| 11 Beschreibung der Tabellen der genormten Eigenschaften .....                                                                                      | 8     |
| 11.1 Magnetisch harte Legierungen .....                                                                                                             | 8     |
| 11.1.1 Aluminium-Nickel-Kobalt-Eisen-Titan-Legierungen (AlNiCo) .....                                                                               | 8     |
| 11.1.2 Chrom-Eisen-Kobalt-Legierungen (CrFeCo) .....                                                                                                | 9     |
| 11.1.3 Eisen-Kobalt-Vanadium-Chrom-Legierungen (FeCoVCr) .....                                                                                      | 9     |
| 11.1.4 Seltene Erdemetall-Kobalt-Legierungen (RECo) .....                                                                                           | 10    |
| 11.1.5 Neodym-Eisen-Bor-Legierungen (REFeB) .....                                                                                                   | 11    |
| 11.2 Magnetisch harte keramische Werkstoffe (Hartferrite) .....                                                                                     | 11    |
| 11.2.1 Chemische Zusammensetzung .....                                                                                                              | 11    |
| 11.2.2 Herstellungsverfahren .....                                                                                                                  | 12    |
| 11.2.3 Unter-Einteilung .....                                                                                                                       | 12    |
| 11.2.4 Magnetische Eigenschaften und Dichte .....                                                                                                   | 12    |
| 11.2.5 Zulässige Maßabweichungen .....                                                                                                              | 12    |
| 11.3 Gebundene Magnete .....                                                                                                                        | 12    |
| 11.3.1 Chemische Zusammensetzung .....                                                                                                              | 12    |
| 11.3.2 Herstellung .....                                                                                                                            | 12    |
| 11.3.3 Unter-Einteilung .....                                                                                                                       | 13    |
| 11.3.4 Magnetische Eigenschaften und Dichte .....                                                                                                   | 14    |
| 11.3.5 Zulässige Maßabweichungen .....                                                                                                              | 14    |
| 12 Irreversibles Abmagnetisierungsverhalten .....                                                                                                   | 14    |
| 13 Tabellen 8 bis 21 .....                                                                                                                          | 15    |
| Anhang A (informativ) Physikalische Daten und mechanische Referenzwerte von AlNiCo-, CrFeCo-, FeCoVCr-, SmCo-, NdFeB- und Hartferrit-Magneten ..... | 29    |

|                                                                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Bild 1 – $B(H)$ - und $J(H)$ -Abmagnetisierungskurven und rückläufige Schleifen (schematische Darstellung) .....                                                                             | 15 |
| Tabelle 1 – Magnetische Eigenschaften – Zeichen und Einheiten.....                                                                                                                           | 6  |
| Tabelle 2 – Weitere magnetische Eigenschaften – Zeichen und Einheiten .....                                                                                                                  | 6  |
| Tabelle 3 – Chemische Zusammensetzung von AlNiCo-Legierungen (Gewichtsprozent) .....                                                                                                         | 8  |
| Tabelle 4 – Chemische Zusammensetzung von CrFeCo-Legierungen (Gewichtsprozent).....                                                                                                          | 9  |
| Tabelle 5 – Chemische Zusammensetzung von FeCoVCr-Legierungen (Gewichtsprozent).....                                                                                                         | 9  |
| Tabelle 6 – Chemische Zusammensetzung von RECo-Legierungen .....                                                                                                                             | 10 |
| Tabelle 7 – Chemische Zusammensetzung von REFeB-Legierungen .....                                                                                                                            | 11 |
| Tabelle 8 – Einteilung der hartmagnetischen Werkstoffe .....                                                                                                                                 | 16 |
| Tabelle 9 – Magnetische Eigenschaften, Curie-Temperaturen, Betriebstemperatur und Dichten von AlNiCo-Magneten .....                                                                          | 17 |
| Tabelle 10 – Magnetische Eigenschaften, Curie-Temperaturen, Betriebstemperatur und Dichten von CrFeCo- und FeCoVCr-Magneten .....                                                            | 18 |
| Tabelle 11 – Magnetische Eigenschaften und Dichten von RECo-Magneten .....                                                                                                                   | 19 |
| Tabelle 12 – Magnetische Eigenschaften und Dichten von REFeB-Magneten .....                                                                                                                  | 20 |
| Tabelle 13 – Magnetische Eigenschaften und Dichten von Hartferriten .....                                                                                                                    | 21 |
| Tabelle 14 – Magnetische Eigenschaften, Curie-Temperaturen, Betriebstemperatur und Dichten von isotropen AlNiCo-Legierungen mit organischem Binder .....                                     | 22 |
| Tabelle 15 – Magnetische Eigenschaften, Curie-Temperaturen, Betriebstemperatur und Dichten von isotropen RECo-Legierungen mit organischem Binder .....                                       | 23 |
| Tabelle 16 – Magnetische Eigenschaften und Dichten von isotropen REFeB-Legierungen mit organischem Binder.....                                                                               | 24 |
| Tabelle 17 – Magnetische Eigenschaften, Curie-Temperaturen, Betriebstemperatur und Dichten von isotropen und anisotropen Hartferriten mit organischem Binder.....                            | 25 |
| Tabelle 18 – Zulässige Maßabweichungen von Magneten aus (gegossenen oder gesinterten) AlNiCo-Legierungen (Werte in Millimeter).....                                                          | 26 |
| Tabelle 19 – Zulässige Maßabweichungen von kaltgewalztem Band aus FeCoVCr- und CrFeCo-Legierungen mit einer max. Dicke von 6 mm und einer max. Breite von 125 mm (Werte in Millimeter) ..... | 27 |
| Tabelle 20 – Zulässige Durchmesserabweichungen von kaltgezogenen Drähten und Stäben aus FeCoVCr- und CrFeCo-Legierungen (Werte in Millimeter).....                                           | 27 |
| Tabelle 21 – Zulässige Maßabweichungen von Magneten aus Hartferriten (Werte in Millimeter).....                                                                                              | 28 |
| Tabelle A.1 – Physikalische Daten und mechanische Referenzwerte von AlNiCo-, CrFeCo-, FeCoVCr-, SmCo-, NdFeB- und Hartferrit-Magneten .....                                                  | 30 |

## 1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 60404 legt die Mindestwerte der kennzeichnenden magnetischen Eigenschaften und die Grenzabmaße der technisch wichtigen hartmagnetischen Werkstoffe (Dauermagnete) fest.

Die aufgeführten Werte zur Dichte der Werkstoffe und die Bereiche ihrer chemischen Zusammensetzungen dienen nur zur Information.

ANMERKUNG Zur Information und für Vergleiche sind ferner einige physikalische und mechanische Referenzwerte der magnetischen Werkstoffe in einem Anhang zu dieser Norm angegeben.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60050-121:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 121: Electromagnetism*

IEC 60050(221):1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 221: Magnetic materials and components*

IEC 60404-1:2000, *Magnetic materials – Part 1: Classification*

IEC 60404-5:1993, *Magnetic materials – Part 5: Permanent magnet (magnetically hard) materials – Methods of measurement of magnetic properties*

IEC 60404-7:1982, *Magnetic materials – Part 7: Method of measurement of the coercivity of magnetic materials in an open magnetic circuit*

## 3 Werkstoffgruppen und ihre Anwendungen

Dauermagnetwerkstoffe, auch als magnetisch harte Werkstoffe bezeichnet, werden nach IEC 60404-1 gemäß Abschnitt R (magnetisch harte Legierungen), Abschnitt S (magnetisch harte oxidkeramische Werkstoffe) und Abschnitt U (gebundene Magnete) eingeteilt.

Dauermagnete haben eine Koerzitivfeldstärke der magnetischen Polarisation  $> 1 \text{ kA/m}$ . Die hohe magnetische Energiedichte, die nach dem Aufmagnetisieren bis zur Sättigungspolarisation erreicht wird, kann in statisch oder dynamisch beanspruchten Magnetkreisen technisch genutzt werden.

Dauermagnetwerkstoffe werden fast überall im täglichen Leben benutzt. Sie dienen zum Ankoppeln, zur Modulation oder haben Regelfunktionen in Betriebsmitteln oder Einrichtungen, die auf dem elektromagnetischen Prinzip basieren, zum Beispiel in Messinstrumenten, Motoren, Generatoren und Lautsprechern. Magnetwerkstoffe sind unentbehrlich in Büroeinrichtungen und Computerhardware, Automobilen, Unterhaltungselektronik, Kommunikationstechnik, Haushaltsgeräten und medizinischen Geräten sowie im Maschinenbau für Haftmagnete, Spannplatten und andere Verwendungszwecke.

Weitere mögliche und typische Anwendungen dieser handelsüblichen Dauermagnetwerkstoffe sind detailliert in den Abschnitten R, S und U der IEC 60404-1 beschrieben.

## 4 Einteilung

Gegenüber der vorangegangenen Ausgabe IEC 60404-8-1:1986 verwendet die vorliegende revidierte Ausgabe eine neue Einteilung der Dauermagnetwerkstoffe für technische Anwendungen. Diese Einteilung ist in Tabelle 8 angegeben. Die Werkstoffe sind neu nach ihrer metallurgischen Verwandtschaft eingeteilt worden.

Die dauermagnetischen Werkstoffe werden anhand der folgenden kennzeichnenden magnetischen Eigenschaften in Sorten eingeteilt.

#### 4.1 Kennzeichnende magnetische Eigenschaften

**Tabelle 1 – Magnetische Eigenschaften – Zeichen und Einheiten**

| Begriffsnummer in IEC 60050(121) und/oder IEC 60050(221) | Magnetische Eigenschaften                         | Zeichen       | Einheit         |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------|-----------------|
| 221-04-05                                                | Höchstwert des Energieproduktes $BH$              | $(BH)_{\max}$ | $\text{kJ/m}^3$ |
| 121-12-67 221-02-38                                      | Remanenz                                          | $B_r$         | mT              |
| 121-12-69 221-02-36                                      | Koerzitivfeldstärke der magnetischen Flussdichte  | $H_{cB}$      | kA/m            |
| 121-12-69 221-02-36                                      | Koerzitivfeldstärke der magnetischen Polarisation | $H_{cJ}$      | kA/m            |

Die nach Aufmagnetisierung bis zur Sättigungspolarisation bestimmten Mindestwerte der magnetischen Eigenschaften bei Raumtemperatur sind in den Tabellen 9 bis 17 angegeben.

Die angegebenen Werte gelten nur für Magnete mit einem längs der Magnetisierungsachse gleich bleibenden Querschnitt, mit einem Rauminhalt zwischen  $1 \text{ cm}^3$  und  $200 \text{ cm}^3$  und mit Abmessungen in den drei Raumrichtungen von jeweils mindestens 8 mm.

Bei anisotropen Werkstoffen gelten sie nur längs einer geradlinigen Vorzugsrichtung.

ANMERKUNG 1 Ausführliche Einzelheiten bezüglich der Probengröße für die Messungen sind in IEC 60404-5 zu finden.

ANMERKUNG 2 Wenn die angeführten Bedingungen nicht erfüllt sind, dürfen aus Herstellungsgründen die Werte für die magnetischen Eigenschaften kleiner sein.

#### 4.2 Weitere magnetische Eigenschaften

**Tabelle 2 – Weitere magnetische Eigenschaften – Zeichen und Einheiten**

| Begriffsnummer in IEC 60050(121) und IEC 60050(221) | Magnetische Eigenschaften                                                                                                          | Zeichen            | Einheit               |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------|
| 221-03-16                                           | Permanente Permeabilität                                                                                                           | $\mu_{\text{rec}}$ | —                     |
|                                                     | Temperaturkoeffizient der Remanenz (entspricht dem Temperaturkoeffizienten der magnetischen Sättigungspolarisation $\alpha(J_s)$ ) | $\alpha(B_r)$      | $\%/^{\circ}\text{C}$ |
|                                                     | Temperaturkoeffizient der Koerzitivfeldstärke der magnetischen Polarisation                                                        | $\alpha(H_{cJ})$   | $\%/^{\circ}\text{C}$ |
| 121-12-51                                           | Curie-Temperatur oder Curie-Punkt                                                                                                  | $T_C$              | $^{\circ}\text{C}$    |

Bei den in den Tabellen 9 bis 17 gemachten Angaben handelt es sich um typische Mindestwerte. Sie sind Mittelwerte aus der Literatur, dienen nur zur Information und sind nicht garantiert. Der Temperaturbereich für die angegebenen Temperaturkoeffizienten in den Tabellen geht im Allgemeinen von  $20^{\circ}\text{C}$  bis  $100^{\circ}\text{C}$ ; dies schließt jedoch nicht aus, dass die Werkstoffe auch außerhalb dieses Bereiches verwendet werden können.

Die magnetische Feldstärke zum Aufmagnetisieren der Dauermagnetwerkstoffe bis zur magnetischen Sättigung ist in IEC 60404-5 und in IEC 60404-7 angegeben.

## 5 Chemische Zusammensetzung

Zur Information sind in 11.1.1.1 und 11.2.1 die Bereiche der Zusammensetzung für die verschiedenen Werkstoffgruppen angegeben.

## 6 Dichte

Die Dichtewerte in den Tabellen 9 bis 17 dienen nur zur Information. Die Dichtewerte können zur Berechnung von Masse und Volumen verwendet werden.

## 7 Bezeichnung

Dauermagnetwerkstoffe können durch Kurzzeichen oder durch alphanumerische Symbole (Code-Nummern) gekennzeichnet werden (siehe Tabellen 9 bis 17). Soweit chemische Symbole in den Kurzzeichen verwendet werden, weisen sie auf die hauptsächlichen Werkstoffbestandteile hin. Im Kurzzeichen bezeichnet die Zahl vor dem Schrägstrich den Höchstwert des Produktes  $BH$  (in  $\text{kJ/m}^3$ ) und die Zahl hinter dem Schrägstrich ein Zehntel der Koerzitivfeldstärke  $H_{cJ}$  (in  $\text{kA/m}$ ). Hartmagnetische Werkstoffe mit einem Bindemittel (meist organisch, siehe 11.3) werden durch ein dem Kurzzeichen nachgesetztes „p“ gekennzeichnet.

Beispiel: Für die Sorte AlNiCo 12/6 von Tabelle 9 stammt die ganze Zahl 12 aus dem  $(BH)_{\max}$ -Mindestwert von  $11,6 \text{ kJ/m}^3$  und die ganze Zahl 6 aus dem zehnten Teil des  $H_{cJ}$ -Mindestwertes, also  $1/10$  von  $55 \text{ kA/m} = 5,5 \text{ kA/m}$ , durch Auf- oder Abrunden zur nächsten ganzen Zahl. Wenn das Abrunden jedoch zu Null führt, wird nur die erste, von Null verschiedene Dezimalstelle beibehalten.

Die Codenummern sind aus dem in IEC 60404-1 benutzten Einteilungssystem übernommen worden. Der Buchstabe in der Codenummer bezeichnet die hartmagnetische Werkstoffgruppe und die erste Ziffer die Werkstoffart in der betreffenden Gruppe, siehe Tabelle 8. Eine „0“ an der zweiten Stelle bedeutet, dass es sich um einen magnetisch isotropen, und eine „1“, dass es sich um einen magnetisch anisotropen Werkstoff handelt. Die Zahl an der dritten Stelle bezeichnet die verschiedenen Sorten.

## 8 Lieferzustand und Maße

Die Werkstoffe nach dieser Norm dürfen magnetisiert oder nicht magnetisiert geliefert werden, und sie dürfen in Magnetsysteme eingebaut sein.

Die Maße der Magnete sind bei der Bestellung zu vereinbaren.

## 9 Prüfung

### 9.1 Prüfumfang

Der Prüfumfang muss zwischen Lieferant und Besteller vereinbart werden.

### 9.2 Prüfverfahren

Das Prüfverfahren muss zwischen Lieferant und Besteller vereinbart werden.

Die magnetischen Mindestwerte der Magnete mit passender Form und geeigneten Maßen müssen nach IEC 60404-5 gemessen werden.

Wenn Form und Maße nicht den Anforderungen von 4.1 entsprechen, sollten die Einzelheiten der Prüfung zwischen Lieferant und Besteller vereinbart werden.

## 10 Gründe für Beanstandung

Gründe für Beanstandungen sind das Nichterreichen der magnetischen Eigenschaften (in den Tabellen 9 bis 17 sind Mindestwerte einiger magnetischer Eigenschaften festgelegt), physikalischer Größen und Grenzabmaße (siehe Tabellen 18 bis 21).

Äußere und innere mechanische Fehler dürfen nur dann beanstandet werden, wenn sie die Handhabung und die Verwendung des Magneten schädlich beeinträchtigen.

Der Beanstandung des Kunden müssen Belegstücke aus der beanstandeten Lieferung beigelegt werden.

## 11 Beschreibung der Tabellen der genormten Eigenschaften

### 11.1 Magnetisch harte Legierungen

#### 11.1.1 Aluminium-Nickel-Kobalt-Eisen-Titan-Legierungen (AlNiCo)

##### 11.1.1.1 Chemische Zusammensetzung

Die Dauermagnete auf Aluminium-Nickel-Kobalt-Eisen-Titan-Basis, bezeichnet als AlNiCo, haben ein breites Spektrum mit komponentenreichen Legierungen in folgendem Zusammensetzungsbereich (Werte in Gewichtsprozent):

**Tabelle 3 – Chemische Zusammensetzung von AlNiCo-Legierungen (Gewichtsprozent)**

|        | Al       | Ni        | Co       | Cu      | Ti      | Nb      | Si        | Fe   |
|--------|----------|-----------|----------|---------|---------|---------|-----------|------|
| AlNiCo | 8 bis 13 | 13 bis 28 | 5 bis 42 | 2 bis 6 | 0 bis 9 | 0 bis 3 | 0 bis 0,8 | Rest |

##### 11.1.1.2 Herstellungsverfahren

Die AlNiCo-Legierungen werden schmelz- oder pulvermetallurgisch hergestellt. Sofern der Kobaltgehalt höher als 20 Gewichtsprozent ist, können die magnetischen Eigenschaften dieser Legierungen durch Anlegen eines Magnetfeldes während der Wärmebehandlung in einer Vorzugsrichtung verbessert werden. Durch ein solches Verfahren wird eine magnetische Anisotropie im Werkstoff erzeugt.

Die besten magnetischen Werte werden bei AlNiCo-Magneten mit Stengelkristallisation bzw. an Einkristallen erreicht. Dabei ist das während der Wärmebehandlung angelegte Magnetfeld parallel zu den Stengelachsen auszurichten.

##### 11.1.1.3 Unter-Einteilung

Isotrope Magnetlegierungen, gegossen oder gesintert (R1-0-x)  
mit  $x = 1, 2, \dots$

Anisotrope Magnetlegierungen, gegossen oder gesintert (R1-1-x)  
mit  $x = 1, 2, \dots$

##### 11.1.1.4 Magnetische Eigenschaften und Dichte

Die magnetischen Eigenschaften und die Dichte sind in Tabelle 9 angegeben (siehe auch 4.1 und 4.2 sowie Abschnitt 6).

##### 11.1.1.5 Zulässige Maßabweichungen

Werte für die zulässigen Maßabweichungen der gesinterten und der gegossenen AlNiCo-Magnete sind in Tabelle 18 angegeben.

## 11.1.2 Chrom-Eisen-Kobalt-Legierungen (CrFeCo)

### 11.1.2.1 Chemische Zusammensetzung

Die Zusammensetzungen der Dauermagnete auf Chrom-Eisen-Kobalt-Basis, bezeichnet als CrFeCo, liegen in folgenden Bereichen (Werte in Gewichtsprozent):

**Tabelle 4 – Chemische Zusammensetzung von CrFeCo-Legierungen (Gewichtsprozent)**

|        | Cr        | Co       | Andere Elemente<br>z. B. Si, Ti, Mo, Al, V | Fe   |
|--------|-----------|----------|--------------------------------------------|------|
| CrFeCo | 25 bis 35 | 7 bis 25 | 0,1 bis 3                                  | Rest |

### 11.1.2.2 Herstellungsverfahren

Die CrFeCo-Legierungen können durch Gießen, dem ein Warmwalz-, Kaltwalz- oder Ziehprozess folgt, hergestellt werden, um Bänder und Drähte zu erzeugen. Aus diesen Werkstoffen werden die Teile dann durch Stanzen, Drehen oder Bohren hergestellt. Nach der Formgebung muss eine Wärmebehandlung zur Einstellung der Dauermagneteigenschaften erfolgen. Die Magnete können auch mittels eines pulvermetallurgischen Verfahrens geformt werden. Die magnetischen Eigenschaften der gegossenen wie der gesinterten Werkstoffe können durch Anlegen eines Magnetfeldes während der Wärmebehandlung in einer Vorzugsrichtung verbessert werden.

### 11.1.2.3 Unter-Einteilung

Isotrope Magnetlegierungen (R2-0-x)  
mit x = 1, 2, ...

Anisotrope Magnetlegierungen (R2-1-x)  
mit x = 1, 2, ...

### 11.1.2.4 Magnetische Eigenschaften und Dichte

Die magnetischen Eigenschaften und die Dichte von isotropen und anisotropen CrFeCo-Magneten sind in Tabelle 10 angegeben (siehe auch 4.1 und 4.2 sowie Abschnitt 6).

### 11.1.2.5 Zulässige Maßabweichungen

Die Werte für die zulässigen Maßabweichungen von kaltgewalzten Bändern und kaltgezogenen Drähten und Stäben sind in den Tabellen 19 und 20 aufgeführt. Für gesinterte Magnete sind die zulässigen Maßabweichungen zwischen Lieferant und Besteller zu vereinbaren.

## 11.1.3 Eisen-Kobalt-Vanadium-Chrom-Legierungen (FeCoVCr)

### 11.1.3.1 Chemische Zusammensetzung

Für die chemische Zusammensetzung gelten folgende Bereiche (Werte in Gewichtsprozent):

**Tabelle 5 – Chemische Zusammensetzung von FeCoVCr-Legierungen (Gewichtsprozent)**

|         | Co        | V + Cr   | Fe   |
|---------|-----------|----------|------|
| FeCoVCr | 49 bis 54 | 4 bis 13 | Rest |

### 11.1.3.2 Herstellungsverfahren

Die FeCoVCr-Legierungen werden durch Gießen und Warm- und Kaltwalzen oder -ziehen zu Bändern bzw. Drähten verarbeitet. Die Kaltverformung (80 % bis 95 %), der eine Wärmebehandlung im Bereich von 500 °C bis 650 °C folgt, ist für die Herstellung der dauermagnetischen Eigenschaften wesentlich.