

# Magnete • Magnets



ThyssenKrupp Magnettechnik



ThyssenKrupp



**Das Programm. Die Erfahrung.  
Das Know-how. Und die weltweiten Kontakte. •  
The range. The experience. The know-how.  
And the worldwide contacts.**



Das sind die entscheidenden Faktoren für die erfolgreiche Lösung von spezifischen Problemen. Wir sind auf den Anwender- und Beschaffungsmärkten der Welt zu Hause. Daher kennen wir die Entwicklungen und Tendenzen beim Einsatz von Magneten, Magnetsystemen und Komponenten und natürlich kennen wir die führenden Hersteller in aller Welt. Unsere Spezialisten mit langjähriger Erfahrung finden konstruktive Lösungen für Ihre ganz speziellen Anforderungen.

These are the decisive factors for the successful solution of specific problems. We are at home on the world's user and procurement markets. Therefore we are closely familiar with the developments and trends in the application of magnets, magnet systems and components and, of course, we know the leading manufacturers in all parts of the world. Our specialists with longstanding experience will come up with constructive solutions for your very special applications.

**Ein Programm, das sich sehen lassen kann./A range we are proud of.**

#### **Einzelmagnete/Magnets**

- Hartferrit/Hard Ferrite
- AlNiCo/AlNiCo
- Samarium Cobalt/Samarium Cobalt
- Neodym-Eisen-Bor/Neodymium Iron Boron
- Kunststoffgebunden/Plastic Bonded

#### **Magnetsysteme & Komponenten/ Magnet Systems & Components**

- Separation/Separation
- Blechhandling/Sheet Metal Handling
- Kupplungen/Couplings
- Haftsysteme/Holding Systems
- Aktoren/Actuators

#### **Engineering/Engineering**

- Beratung/Consulting
- Berechnung/Numerical Calculation
- Optimierung/Optimisation
- Spezielle Entwicklung/Development
- Bemusterung/Sampling

Qualitätsmanagement/Quality Management . . . . .	4
Hartferritmagnete/Hard Ferrite Magnets . . . . .	5
AlNiCo-Magnete/AlNiCo-Magnets . . . . .	10
Samarium-Cobalt-Magnete/Samarium-Cobalt-Magnets . . . . .	15
Neodym-Eisen-Bor-Magnete/Neodymium-Iron-Boron-Magnets . . . . .	19
Kunststoffgebundene Magnete/Plastic Bonded Magnets . . . . .	24
Technische Informationen/Technical Information . . . . .	31



## Unsere „Feldstärke“: Die Lösung Ihrer spezifischen Probleme.



Magnetismus hat bei ThyssenKrupp Tradition. Über Jahrzehnte hat ein Unternehmensbereich der ThyssenKrupp-Gruppe Erfahrung und Know-how in der Magnettechnik aufgebaut. Heute hat sich ThyssenKrupp Magnettechnik auf den Vertrieb von magnetischen Werkstoffen, Systemen und Komponenten spezialisiert.

Das Unternehmen bietet Ihnen damit ein breites Programm hochwertiger Produkte und umfassendes Fachwissen für die Lösung Ihrer spezifischen Probleme. Und das weltweit – durch die enge Zusammenarbeit mit den Stützpunkten der ThyssenKrupp-Gruppe in mehr als 100 Ländern.

Magnetism has a long tradition at ThyssenKrupp. The ThyssenKrupp Group's magnet unit has accumulated experience and expertise over decades. Today, ThyssenKrupp Magnettechnik is specialized in the marketing of magnetic materials, systems and components.

The Company can offer you a broad range of high-grade products backed by extensive expertise for solving your own specific problems. And we can do this world-wide - through our close cooperation with the ThyssenKrupp Group's bases in over 100 countries.

### Unser Programm/Our range

- Einzelmagnete/Magnets
- Magnetsysteme/Magnet Systems
- Komponenten/Components
- Messtechnik/Measurement
- Engineering/Engineering





# Our unique attraction: Solutions to your specific problems.

3



Ob Einzelmagnete für Motorsysteme, Lautsprecher, Kupplungen und Rotoren oder als Magnetsystem für die Separation oder das Blechhandling. Wir liefern die Bauteile und Komponenten, die Sie für perfekte Produkte benötigen. Und unsere Ingenieure entwickeln, aufbauend auf langjährigen Erfahrungen und hoher Fachkompetenz, auch bei schwierigsten Anforderungen Lösungsvorschläge, die überzeugen. Sprechen Sie mit uns. Sie werden sehen, es lohnt sich!

## Das Know-how

Auf hochmodernen Anlagen prüfen wir Magnete und Magnetsysteme auf Herz und Nieren. Damit stellen wir einerseits eine optimale Qualität bei Anlieferung sicher und andererseits ermöglichen uns die Messergebnisse präzise Aussagen zur Auslegung eines Systems, um mögliche Verbesserungen und Optimierungen zu erzielen. Wir führen dazu sämtliche feld-numerischen oder analytischen Berechnungen von Drehmomenten, Leistungen, Haftkräften und Spulendimensionierungen nach kundenspezifischen Vorgaben durch.

Whether single magnets for motor systems, loudspeakers, couplings, rotors or as magnet system for separation or the sheet metal handling. We supply the parts and components you need for perfect products. And, based on long-term experience and high competence, our engineers develop impressive solution proposals even for the most difficult requirements. Talk to us. You'll see, it's rewarding!

## The know-how

We thoroughly test magnets and magnet systems using the most advanced equipment. On the one hand, this assures optimum quality, on the other, the measurements allow us to make precise statements as far as a system's design is concerned in order to derive possible improvements and optimizations. To this end we carry out all field-numeric or analytic calculations of torque, performance, magnetic forces and coil dimensions according to customer specifications.





## **Zertifiziertes QM-System nach DIN EN ISO 9001:2000**

In den letzten Jahren haben die Anforderungen an Lieferanten zugenommen, die Übereinstimmung ihrer Arbeitsprozesse mit den Forderungen nationaler, internationaler und spezieller handelsbezogener Qualitätsmanagement-Normen nachzuweisen. Und dies auch bereits in der Bewerbungsphase um Aufträge.

Ein hoher Qualitätsstandard für alle Produkte und Dienstleistungen sowie eine effektive Begrenzung aller produktbezogenen Risiken gehört zu den Grundlagen effektiver unternehmensweiter Qualitätssicherungsprozesse.

ThyssenKrupp Magnettechnik sichert seinen Kunden zu, dass der Verkauf aller Produkte den Richtlinien der DIN EN ISO 9001:2000 unterliegt.

## **Certified QM-System according to DIN EN ISO 9001:2000**

Over the past few years, suppliers have increasingly been required to prove their company's compliance with national, international and specific, trade-related QA-standard, sometimes as early as in the run-up phase to an order (certification).

A high quality level of products and services as well as an effective limitation of any product-related risks call for a company-wide system of quality assurance activities.

ThyssenKrupp Magnettechnik guarantees the sale of products according to the guidelines of DIN EN ISO 9001:2000.



## Hartferritmagnete

Magnete aus Hartferrit sind die kostengünstigsten und weltweit verbreitetsten aller Magnetwerkstoffe. Aus Hartferrit können sowohl isotrope als auch anisotrope Magnete hergestellt werden. Anisotrope Hartferritmagnete verfügen über eine Energiedichte, die mehr als 300 % höher als die isotroper Magnete ist. Je nach Ausgangsmaterial unterscheidet man zwischen Bariumferrit und dem höher koerzitativen Strontiumferrit.

## Hard Ferrite Magnets

Hard ferrite magnets are the most cost effective and widely used of all magnetic materials. Both isotropic and anisotropic magnets can be produced in hard ferrite. Anisotropic hard ferrite magnets have an energy density which is 300 % higher than isotropic magnets. Depending on the base material, there is a distinction between barium ferrite and the higher coercive strontium ferrite.

## Herstellung/Production

Die Rohstoffe (im Wesentlichen Eisenoxit, Bariumkarbonat bzw. Strontiumkarbonat) werden nach der Eingangskontrolle gewogen, gemischt, vorgesintert und zu einem feinen Pulver mit hexagonalen Kristallen vermahlen. Bei isotropen Magneten wird anschließend das Vormaterial granuliert und verpresst. Die Herstellung anisotroper Magnete unterscheidet zwei Verfahren. Im ersten wird das Vormaterial erst getrocknet und anschließend im Magnetfeld gepresst. Im zweiten Verfahren wird das Vormaterial unter Einfluss eines Magnetfeldes nassgepresst. Anschließend erfolgt das Sintern, Endbearbeiten und Reinigen. Je nach Kundenwunsch wird die Oberfläche bearbeitet, markiert, magnetisiert oder beschichtet.

After goods inwards inspection, the raw materials (mainly iron oxide, barium carbonate respectively strontium carbonate) are weighed, blended, pre-sintered and ground to a fine powder with hexagonal crystals. For isotropic magnets, the prematerial is consequently granulated and pressed. There are two procedures in the production of anisotropic magnets. Firstly, the prematerial is dried and then pressed in a magnetic field. Secondly, the prematerial is wet pressed under the influence of a magnetic field; this is followed by sintering, finishing and cleaning. The surface can be machined, marked, magnetised or coated to customer requirements.

## Chemikalienbeständigkeit/Chemical Resistance

Dauermagnete aus Ferrit sind in hohem Maße chemikalienbeständig. Sie sind unempfindlich gegen Oxidation und Witterungseinflüsse.

Weitgehend beständig sind Ferritmagnete gegen schwache organische Säuren, Wasser, Benzin, organische Lösungsmittel, Kali- und Natronlauge sowie Kochsalzlösung.

Nicht beständig sind sie gegen konzentrierte anorganische Säuren (Salzsäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Flusssäure, Oxalsäure).

Bedingt beständig sind sie gegen Essig, verdünnte Schwefel- und Salpetersäure.

Permanent ferrite magnets are to a great extent chemical resistant. They are also resistant to oxidation and climatic influences.

Ferrite magnets are largely resistant to weak organic acids, water, petrol, organic solvents, caustic potash solution, soda lye and common salt.

They are not resistant to concentrated inorganic acids (hydrochloric, sulphuric, phosphorous, hydrofluoric and oxalic).

They have a very limited resistance against acetic, diluted sulphuric and nitric acids.

weitgehend beständig/ largely resistant	bedingt beständig/ limited resistant	unbeständig/ not resistant
Ozon/Ozone	Salpetersäure, verd./ Nitric acid, diluted	Salzsäure/Hydrochloric acid
Wasser/Water		Schwefelsäure/Sulphuric acid
Benzin/Petrol	Schwefelsäure, verd./ Sulphuric acid, diluted	Phosphorsäure/Phosphorous acid
organische Lösungsmittel/Organic solvent	Essig/Acetic	Flusssäure/Hydrofluoric acid
Natronlauge/Caustic potash solution		Oxalsäure/Oxalic acid
Kalilauge/Soda lye		
Kochsalzlösung/Common salt		
Entwickler/Developer		
Fixierbad/Fixing bath		
schwache organische Säuren/ Weak organic acids		



## Toxizität/Toxicity

Ferritmagnete sind ungiftig und verhalten sich bei ihrer Vernichtung auf Mülldeponien umweltfreundlich. Eine Müllverbrennung greift Ferritmagnete nicht an.

Selbst direkter Kontakt mit Lebensmitteln gilt als unbedenklich. Nach den Bestimmungen des Lebensmittelgesetzes ist der direkte ständige Kontakt von allen Ferritwerkstoffen mit Trinkwasser zulässig.

Zu beachten ist der Anteil Barium im Magneten. Da Barium zur Gruppe der Schwermetalle gehört, ist es bei bestimmten Anwendungen sinnvoll, auf Strontiumferritmagnete zu setzen.

Ferrite magnets are non-toxic and environment friendly when disposed off on landfills. Ferrite magnets are unaffected by incineration.

Even direct contact with foodstuffs is harmless. According to foodstuff legislation, direct and continuous contact between ferrite materials and potable water is permitted.

Attention should be given to the barium content of the magnets. As barium is a heavy metal, it is advisable to consider the use of strontium ferrite magnets for certain applications.

## Temperaturverhalten/Temperature Behaviour

Ab 250 °C ist mit geringfügiger, bei zunehmender Temperatur mit größerer irreversibler Entmagnetisierung zu rechnen. Je nach Arbeitspunkt des Magneten kann es allerdings auch schon bei niedrigen Temperaturen zu irreversiblen Verlusten kommen. Hinsichtlich des Kristallgefüges der Magnete entstehen erst bei Temperaturen über 1000 °C Gefügeveränderungen und damit irreversible Verluste.

Dagegen sind die magnetischen Kenngrößen relativ stark von der Temperatur abhängig. Allgemein gilt bei Hartferriten: Bei steigender Temperatur fällt die Remanenz um 0,2 % pro Kelvin und die Koerzitivfeldstärke nimmt um 0,3–0,4 % zu. Bei sinkender Temperatur steigt die Remanenz und die Koerzitivfeldstärke fällt. Aus diesem Grunde ist die Wahl der richtigen Werkstoffsorte entsprechend der jeweiligen Anwendung wichtig.

Irreversible damage of a limited nature can occur up to 250 degrees C; the extent of same increases as the temperature rises. Depending on the application of the magnet, irreversible losses can also occur at lower temperatures. With regard to the crystalline structure of the magnet, only temperatures exceeding 1000 degrees C result in grain structure changes and therefore irreversible losses.

Contrary to this, the magnetic parameters greatly depend on temperature. As a general rule for hard ferrite magnets - at increased temperatures the remanence decreases by 0.2 % per Kelvin and the coercive field strength increases by 0.3–0.4 %. At decreased temperatures, the remanence increases and the coercive field strength decreases. For this reason, selecting the correct magnet for the specific application is vitally important.

## Magnetformen/Magnet Shapes

Die Vorzugsrichtung verläuft in der Regel parallel zur Pressrichtung. Bohrungen und Nuten können daher nur in Pressrichtung eingebracht werden. Scharfe Kanten und Ecken sind möglichst zu vermeiden, da auf Grund der großen Sprödigkeit des Werkstoffes Risse und Ausbrüche entstehen können. Neben dem Formpressen ist auch eine indirekte Formgebung möglich. Dabei wird die Endform (meist Klein- und Kleinstmagnete) aus fertig gesinterten größeren Blockmagneten herausgeschnitten.

Als Magnetformen können Quader, Segmente, Ringe, Zylinder, etc. hergestellt werden.

The preferred direction is usually parallel to the direction of pressing. Drill holes and grooves can only be applied in the direction of pressing. Sharp edges and corners are to be avoided as the high brittleness level of the material can cause cracks and fractures.

Indirect shaping is possible as well as mould pressing. This is usually achieved by cutting from large sintered blocks (mainly for small and minute magnets).

Magnets can be pressed as blocks, segments, rings, cylinders, etc.

## Lieferprogramm/Delivery Programme

Unser Lieferprogramm umfasst eine breite Palette von Hartferrit-Werkstoffen mit unterschiedlichen magnetischen Eigenschaften. Sie ermöglichen eine den individuellen Anwendungsanforderungen angepasste Werkstoffauswahl. Hierzu beraten wir Sie gerne ausführlich.

Our range comprises a wide selection of various Hard Ferrite materials with differing magnetic properties. They permit material selection tailored to individual application requirements. We look forward to advising you in detail.

## Magnetische Eigenschaften/Magnetic Properties

**Ausgewählte** Werkstoffqualitäten (nach DIN IEC 60404-8-1).

**Weitere Qualitäten auf Anfrage.**

**Selected** material qualities (according DIN IEC 60404-8-1).

**Further qualities on request.**

Werkstoff/Material				Remanenzflussdichte/ Remanence flux density		Koerzitivfeldstärke/ Coercive force				max. magnet. Energiedichte/ Max. magnetic energy density		Temperaturkoeffizient/ Temperature coefficient	
				B <sub>r</sub>		H <sub>cB</sub>		H <sub>cJ</sub>		(BH) <sub>max</sub>		TK(B <sub>r</sub> ) %/°C	TK(H <sub>cJ</sub> ) %/°C
				mT	G	kA/m	kOe	kA/m	kOe	kJ/m <sup>3</sup>	MG0e		
HF 8/22	i	min		210	2100	135	1,7	220	2,7	8	1,0	-0,2	0,3
HF 24/23	a	min		350	3500	215	2,7	230	2,8	24	3,0	-0,2	0,4
HF 28/16	a	min		390	3900	160	2,0	160	2,0	28	3,5	-0,2	0,4
HF 28/26	a	min		380	3800	250	3,1	260	3,3	28	3,4	-0,2	0,4
HF 28/30	a	min		380	3800	260	3,3	300	3,8	28	3,6	-0,2	0,3
HF 30/16	a	min		400	4000	160	2,0	160	2,0	30	3,8	-0,2	0,4
HF 30/26	a	min		400	4000	250	3,1	260	3,3	30	3,8	-0,2	0,4
HF 30/32	a	min		400	4000	285	3,3	320	4,0	32	4,0	-0,2	0,4
HF 32/26	a	min		410	4100	250	3,1	260	3,3	32	4,0	-0,2	0,4

a = anisotrop; i = isotrop

Die relative Permeabilität liegt im Bereich von 1,05 – 1,1.  
Die Magnetisierungsfeldstärke beträgt mindestens das 3fache des H<sub>cJ</sub>-Wertes.

a = anisotropic; i = isotropic

The relative permeability ( $\mu_r$ ) is between 1,05 – 01,1.  
The magnetizing field strength is at least three times the H<sub>cJ</sub> value.

## Physikalische Eigenschaften/Physical Properties

Einsatztemperatur

$T_{\max} = 250^{\circ}\text{C}$

Curie-Temperatur

$T_c = 450^{\circ}\text{C}$

Operating Temperature

$T_{\max} = 250^{\circ}\text{C}$

Curie Temperature

$T_c = 450^{\circ}\text{C}$

Werkstoff/ Material	Dichte/ Density	Elastizitäts- modul/ Modulus of elasticity	Druck- festigkeit/ Pressure resistance	Härte/ Hardness	spez. elektr. Widerstand/ Spec. elec. resistance	spez. Wärme/ Specific heat	spez. Wärmeleit- fähigkeit/ Specific thermal conduc- tivity	lin. Ausdehnungs- koeffizient/ Lin. expansion coefficient	
								parallel/ parallel	senkrecht/ vertical
								zur Vorzugsrichtung/ in relation to preferred direction	
	g/cm <sup>3</sup>	E kN/mm <sup>2</sup>	Fp N/mm <sup>2</sup>	H <sub>v</sub>	$\rho$ $\Omega$ mm <sup>2</sup> /m	c J/kg K	$\lambda$ W/m K	$\Delta d/d_0$ 10 <sup>-6</sup> /K	$\Delta d/d_0$ 10 <sup>-6</sup> /K
Hartferrit/ Hard Ferrite	4,7-4,9	120-180	300-700	~ 500	$\infty$	500-800	5-10	9,2-13,3	9,2-10

## Entmagnetisierungskurven/Demagnetising Curves

Entmagnetisierungskurven

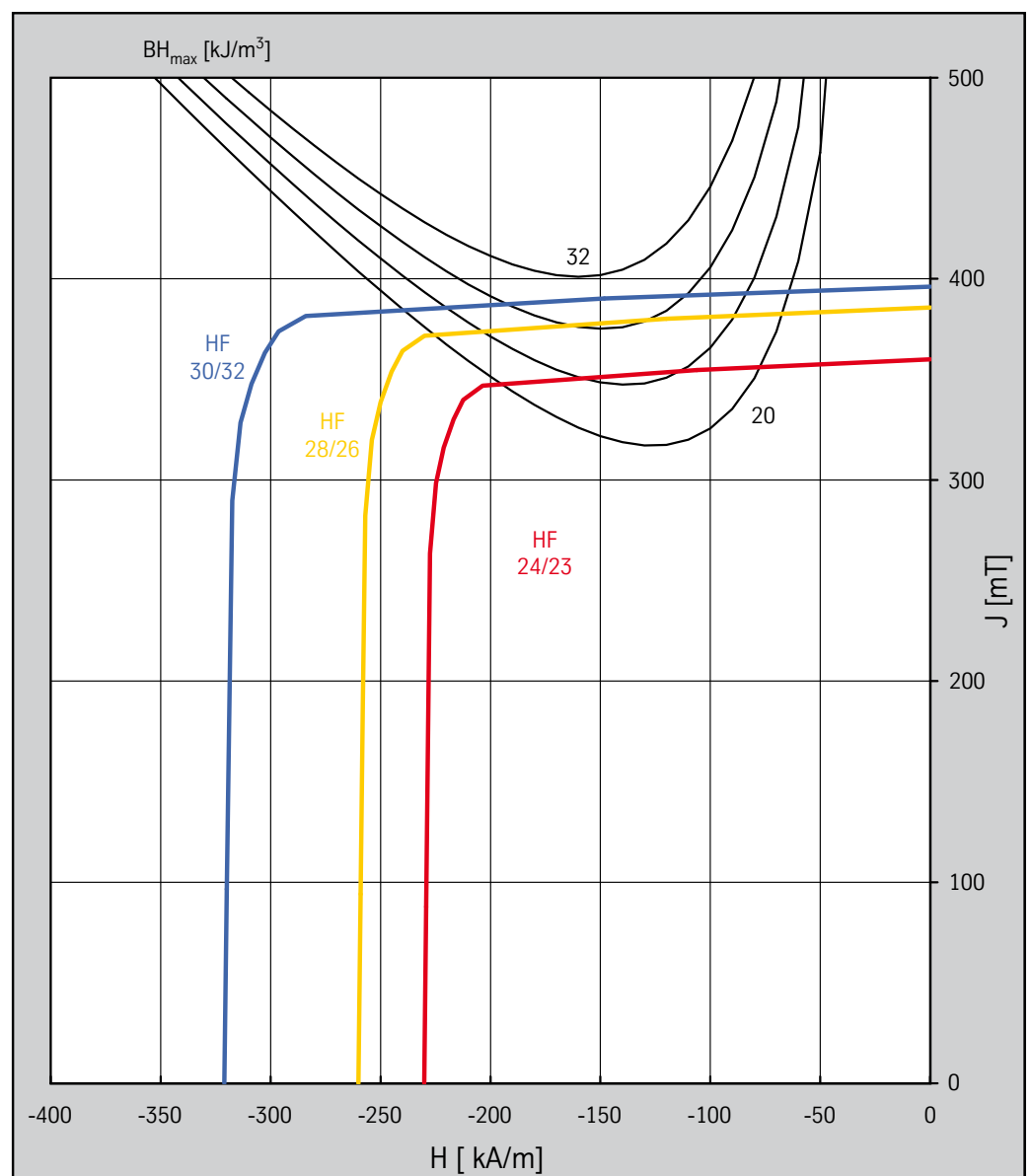
**ausgewählter**

Hartferrit-Werkstoffqualitäten:

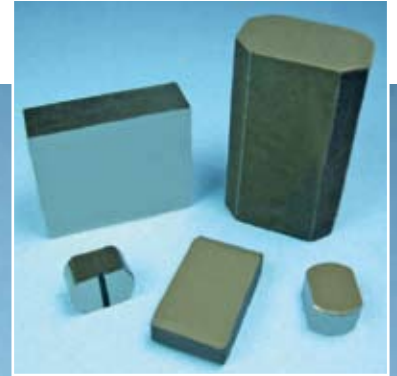
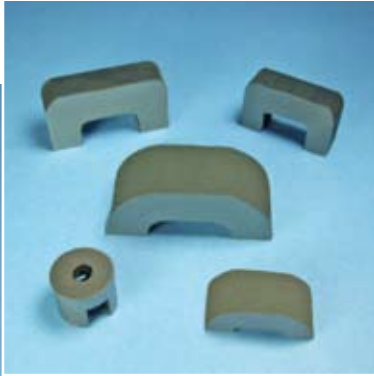
Demagnetising curves

of **selected**

Hard Ferrite-material qualities:







### AlNiCo-Magnete

Hierbei handelt es sich um metallische Dauermagnete auf Basis von AlNiCo-Legierungen. Je nach Materialzusammensetzung (neben Aluminium (Al), Nickel (Ni) und Cobalt (Co) auch Eisen (Fe), Kupfer (Cu) sowie Titan (Ti)) und Fertigungsverfahren können isotrope und anisotrope Magnete mit unterschiedlichen magnetischen Werten hergestellt werden. Dauermagnete aus AlNiCo weisen eine große magnetische Stabilität gegenüber Temperatureinflüssen auf (Einsatztemperaturen von bis zu 500 °C sind möglich) und verfügen über eine hohe Remanenz.

### AlNiCo-Magnets

These are metallic permanent magnets based on AlNiCo alloys. Depending on material composition (apart from aluminium (Al), nickel (Ni), cobalt (Co) also iron (Fe), copper (Cu) and titanium (Ti)) and production process, isotropic and anisotropic magnets can be manufactured with different magnetic properties. Permanent AlNiCo magnets have substantial magnetic stability against temperature influences (application temperatures up to 500 degrees C are possible) and a high remanence level.

## Herstellung/Production

AlNiCo-Magnete können mittels unterschiedlicher Verfahren hergestellt werden:

Im Rahmen des Gussverfahrens werden die Vormaterialien geschmolzen und anschließend in Sand- oder Feingussformen gegossen.

Beim Sinterverfahren werden die Pulver der Vormaterialien zunächst gemischt, in das Matrizenhohl eines Presswerkzeuges gefüllt und danach zu Formkörpern verpresst. Anschließend werden die Teile unter Schutzgas oder im Vakuum bei Temperaturen von etwa 1300°C gesintert. Durch diesen Prozess entstehen die gewünschte Legierung und die Verdichtung des Formkörpers. Je nach Pressdichte und Sintertemperatur ist mit einer Sinterschrumpfung von ca. 10% zu rechnen. Im Anschluss daran werden die Magnete verschiedenen Warmbehandlungen unterzogen, um die elementare Struktur weiter auszurichten und zu festigen. Anschließend können die Magnete bearbeitet werden.

AlNiCo magnets can be manufactured by different production processes:

The casting method is where the prematerials are molten and cast into sand or close tolerance dies.

The sintering process is where the prematerial powders are blended, dispensed into a closed die and then pressed to individual shapes. The components are consequently sintered in an inert gas atmosphere or a vacuum at approximately 1300 degrees C. This process ensures the required alloying and the density of the magnet. Depending on the press density and sintering temperature, sinter shrinkage of up to approximately 10% can occur. The magnets are then subjected to certain heat treatment processes in order to further align and stabilise their elemental structure.

## Chemikalienbeständigkeit/Chemical Resistance

Dauermagnete aus AlNiCo verfügen über eine extrem hohe Korrosionsbeständigkeit und sind beständig gegen Öl, organische Lösungsmittel, Benzin, Alkohole; bedingt beständig gegen Essigsäure, organische Säuren bei Konzentrationen < 10%; nicht beständig gegen anorganische Säuren, Seewasser, Zitronensäure, Weinsäure, stark alkalische Lösungen

Permanent AlNiCo magnets have an extremely high level of corrosion resistance and are also resistant to oil, organic solvents, petrol and alcohol; they have a limited resistance to acetic acid, organic acids with a concentration level of < 10%; they are not resistant to inorganic acids, salt water, citric acid, tartaric acid, strong alkaline solutions.

weitgehend beständig/ largely resistant	bedingt beständig/ limited resistant	unbeständig/ not resistant
Organische Lösungsmittel/ Organic solvents	Essigsäure/Acetic acid	anorganische Säuren/ Inorganic acids
Motoröl/Engine oil	Wasserstoffperoxid/ Hydrogen peroxide	Weinsäure/Tartaric acid
Benzin/Petrol	Harnsäure < 10 %/ Urine acid < 10 %	Zitronensäure/Citric acid
Alkohole/Alcohol		Seewasser/Salt water
		Salze in wässriger Lösung/ Strong alkaline solutions

**Toxizität/Toxicity**

Magnete aus AlNiCo sind herstellbedingt chemisch inert und können umweltfreundlich entsorgt werden. Besondere Maßnahmen nach dem Abfallbeseitigungsgesetz brauchen daher nicht beachtet zu werden. Für bestimmte Anwendungsbereiche, z.B. bei direktem Kontakt mit Lebensmitteln, ist auf Grund des Kobaltgehaltes der Legierung eine Ummantelung aus Kunststoff anzuraten.

Due to their production process AlNiCo magnets are chemically inert and can be disposed in an environment - friendly way. Therefore no special measures according to waste disposal law need to be observed.

For certain applications, i.e. direct contact with food, a plastic coating is advisable due to the cobalt content.

**Temperaturverhalten/Temperature Behaviour**

AlNiCo-Magnete sind die am geringsten von der Temperatur abhängigen Magnete aller Magnetwerkstoffe.

AlNiCo magnets are among all types of magnet materials those which are most independent in respect of temperature.

AlNiCo-Magnete verfügen über den kleinsten reversiblen Temperaturkoeffizient von -0,02 % pro 1°C. Dieser ermöglicht selbst bei großen Temperaturschwankungen (Einsatztemperaturen von -270°C bis +550°C sind möglich, ohne dass metallurgische Veränderungen auftreten) ein konstantes Magnetfeld.

AlNiCo magnets are characterized by the lowest temperature coefficient of -0,02 % per 1°C thus enabling a constant magnetic field even in case of considerable changes of temperature (operating temperature between -270° up to +550°C are possible without generating metallurgical modification).

Die durch natürliche und künstliche Alterung hervorgerufenen Verluste können durch Aufmagnetisieren behoben und rückgängig gemacht werden.

Losses caused by natural and artificial stabilization process can be remedied by remagnetization.

**Magnetformen/Magnet Shapes**

Grundsätzlich sind alle Formen, die sich mittels pulvermetallurgischen Verfahren bzw. durch Gießen realisieren lassen, herstellbar: Rundstäbe, Vierkantstabmagnete, Quader, U-Magnete, Ringe, Formmagnete.

In principle all shapes can be produced by powder metallurgy processes or by casting: rod, bar magnets, blocks, horse shoe magnets, ring magnets and other shapes.

AlNiCo-Magnete sind hart und spröde; eine Bearbeitung kann daher im Allgemeinen nur durch Schleifen erfolgen.

AlNiCo magnets are hard and brittle; machining is generally only possible by grinding.

Nuten, Bohrungen, Vertiefungen etc. können angepresst werden, sofern sie parallel zur Pressrichtung verlaufen.

Grooves, drill holes, indents, etc. can be pressed into the magnets as long as they are parallel to the direction of pressing.

**Lieferprogramm/Delivery Programme**

Unser Lieferprogramm umfaßt eine breite Palette von AlNiCo-Werkstoffen mit unterschiedlichen magnetischen Eigenschaften. Sie ermöglichen eine den individuellen Anwendungsanforderungen angepasste Werkstoffauswahl. Hierzu beraten wir Sie gerne ausführlich.

Our range comprises a wide selection of various AlNiCo materials with differing magnetic properties. They permit material selection tailored to individual application requirements. We look forward to advising you in detail.



## Magnetische Eigenschaften/Magnetic Properties

**Ausgewählte** Werkstoffqualitäten (nach DIN IEC 60404-8-1).

**Weitere Qualitäten auf Anfrage.**

**Selected** material qualities (according DIN IEC 60404-8-1).

**Further qualities on request.**

Werkstoff/Material		Remanenz- flussdichte/ Remanence flux density		Koerzitiv- feldstärke/ Coercive force		max. magnet. Energiedichte/ Max. magnetic energy density		Einsatz- temperatur/ Operating temperature	Temperatur- koeffizient/ Temperature coefficient	
		B <sub>r</sub>		H <sub>cJ</sub>		(BH) <sub>max</sub>			TK(B <sub>r</sub> ) %/°C	TK(H <sub>cJ</sub> ) %/°C
gegossen/casted		mT	G	kA/m	kOe	kJ/m <sup>3</sup>	MGOe	T <sub>max</sub> °C		
AlNiCo 10/4	i	610	6100	40	0,50	10,0	1,25	450	-0,030	-0,02
AlNiCo 12/5	i	720	7200	45	0,56	12,4	1,55	450	-0,030	-0,02
AlNiCo 13/5	i	700	7000	48	0,60	12,8	1,60	450	-0,030	-0,02
AlNiCo 18/10	i	610	6100	102	1,30	20,0	2,60	550	-0,020	-0,02
AlNiCo 29/6	a	1000	10000	60	0,75	29,0	3,64	525	-0,020	0,03
AlNiCo 38/5	a	1220	12200	50	0,60	38,0	4,77	525	-0,020	0,01
AlNiCo 38/12	a	800	8000	125	1,57	38,0	4,75	550	-0,025	0,01
AlNiCo 44/5	a	1250	12500	52	0,65	44,0	5,50	525	-0,020	0,01
AlNiCo 52/6	a	1300	13000	56	0,70	52,0	6,50	525	-0,020	0,01

Die Magnetisierungsfeldstärke beträgt mindestens das 5fache des H<sub>cJ</sub>-Wertes.

Die relative Permeabilität (μ<sub>p</sub>) liegt im Bereich von 2,5 – 5.

The magnetizing field strength is at least five times the H<sub>cJ</sub> value.

The relative permeability (μ<sub>p</sub>) is between 2,5 – 5.

Werkstoff/Material			Remanenz- flussdichte/ Remanence flux density		Koerzitiv- feldstärke/ Coercive force		max. magnet. Energiedichte/ Max. magnetic energy density		Einsatz- temperatur/ Operating temperature	Temperatur- koeffizient/ Temperature coefficient
			B <sub>r</sub>		H <sub>cJ</sub>		(BH) <sub>max</sub>		T <sub>max</sub> °C	TK(B <sub>r</sub> ) %/°C
gesintert/sintered			mT	G	kA/m	kOe	kJ/m <sup>3</sup>	MGOe		
AlNiCo 8/4	i		520	5200	43	0,54	8	1,00	440	-0,022
AlNiCo 12/5	i		640	6400	50	0,63	12	1,50	450	-0,014
AlNiCo 14/5	i		710	7100	52	0,65	14	1,75	450	-0,020
AlNiCo 18/8	i		650	6500	82	1,03	18	2,25	525	-0,020
AlNiCo 28/6	a		1000	10000	58	0,72	28	3,50	525	-0,020
AlNiCo 35/5	a		1120	11200	48	0,61	35	4,39	550	-0,020
AlNiCo 36/12	a		800	8000	123	1,54	36	4,52	525	-0,020

TK (H<sub>cJ</sub>) = +0,03 bis -0,07 %/K.

Die Magnetisierungsfeldstärke beträgt mindestens das 5fache des H<sub>cJ</sub>-Wertes.

Die relative Permeabilität (μ<sub>p</sub>) liegt im Bereich von 2,5 – 5.

TK (H<sub>cJ</sub>) = +0,03 up to -0,07 %/K.

The magnetizing field strength is at least five times the H<sub>cJ</sub> value.

The relative permeability (μ<sub>p</sub>) is between 2,5 – 5.

## Physikalische Eigenschaften/Physical Properties

Curie-Temperatur  
T<sub>c</sub> = 820-870 °C

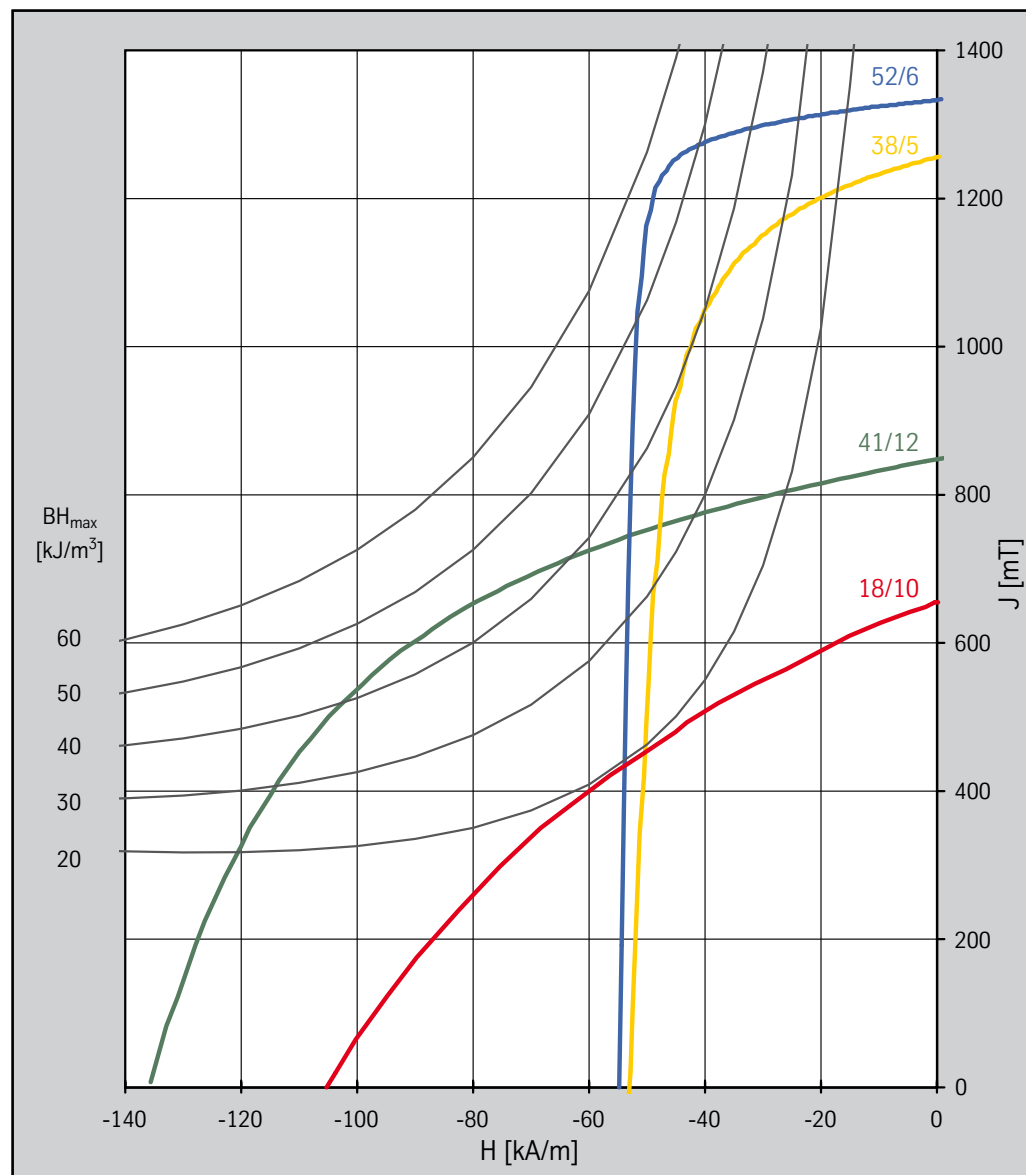
Curie Temperature  
T<sub>c</sub> = 820-870 °C

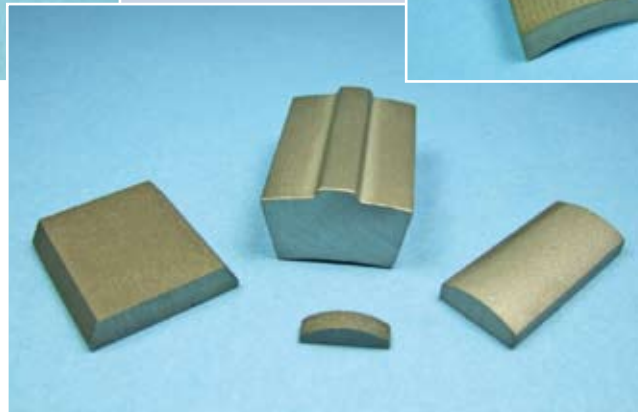
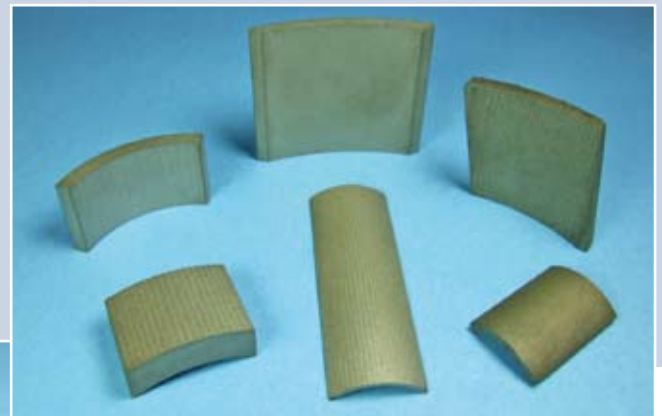
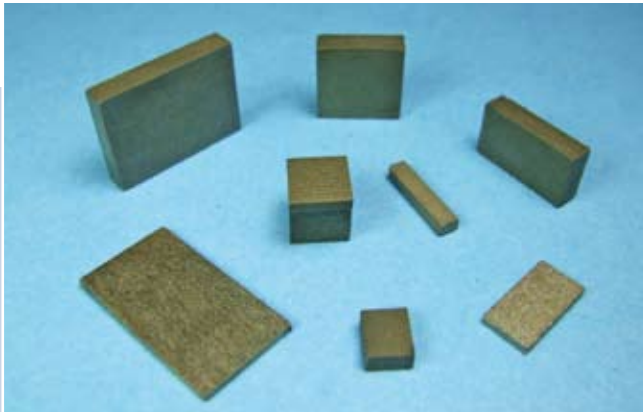
Werkstoff/ Material	Dichte/ Density	Elastizitätsmodul/ Modulus of elasticity	Biegefestigkeit/ Bend strength	Druckfestigkeit/ Pressure resistance	Härte/ Hardness	spez. elektr. Widerstand/ Spec. elec. resistance	spez. Wärme/ Spec. heat	spez. Wärmeleitfähigkeit/ Spec. thermal conductivity	lin. Ausdehnungskoeffizient/ Lin. expansion coefficient	
									parallel/ parallel	senkrecht/ vertical
									zur Vorzugsrichtung/ in relation to preferred direction	
	g/cm <sup>3</sup>	E kN/mm <sup>2</sup>	F <sub>B</sub> N/mm <sup>2</sup>	F <sub>p</sub> N/mm <sup>2</sup>	H <sub>v</sub>	ρ Ω mm <sup>2</sup> /m	c J/kg K	λ W/m K	Δ dl <sub>0</sub> 10 <sup>-6</sup> /K	Δ dl <sub>0</sub> 10 <sup>-6</sup> /K
AlNiCo	7,1-7,3	100-200	250-600	300-400	~ 550	0,45-0,65	~ 400	10-100	13-14	13-14

## Entmagnetisierungskurven/Demagnetising Curves

Entmagnetisierungskurven  
**ausgewählter**  
 AlNiCo-Werkstoffqualitäten:

Demagnetising curves  
 of **selected**  
 AlNiCo-material qualities:





## Samarium-Cobalt-Magnete

Die Dauermagnete auf Basis intermetallisch ferromagnetischer Verbindungen von Seltenen Erden, insbesondere Samarium (Sm) und Cobalt (Co) (weitere Elemente sind Eisen (Fe), Kupfer (Cu) und Zirkon (Zr)) sind anisotrop und werden pulvermetallurgisch durch Sintern hergestellt. Kennzeichnend für RECo-Magnete ist ihre hohe Energiedichte, wodurch – z.B. im Vergleich zum Einsatz von Ferritmagneten – die häufig angestrebte Miniaturisierung in der Bauform ermöglicht wird bzw. je nach Auslegung des gesamten Systems bei gleicher Bauform eine höhere Leistung erreicht werden kann.

Auf Grund der sehr hohen Koerzitivfeldstärke sind RECo-Magnete außerordentlich widerstandsfähig gegen Entmagnetisierung und halten auch extremen elektromagnetischen Gegenfeldern stand.

Magnete aus RECo sind sehr hart und weisen eine hohe Materialsprödigkeit auf. Eine vorsichtige Bearbeitung und Handhabung ist zu empfehlen, um Ausbrüche und Risse zu vermeiden.

## Samarium-Cobalt-Magnets

Permanent magnets with intermetallic, ferro-magnetic composition of rare earth materials, in particular samarium (Sm) and cobalt (Co) (further elements are iron (Fe), copper (Cu) and zirconium (Zr)) are anisotropic and are produced by a powder metallurgical sintering process. The main characteristic of RECo magnets is a very high level of energy density. This enables the miniaturisation of systems when compared with ferrite magnets or a higher performance level for systems of similar sizes.

Due to their very high coercive field strength RECo magnets are extremely resistant to demagnetisation and electro-magnetic counter fields.

RECo magnets are very hard and brittle, therefore careful machining and handling is advisable to avoid fractures and cracks.



# Samarium-Cobalt-Magnete • Samarium-Cobalt-Magnets

## Herstellung/Production

Die Legierungsaufbereitung erfolgt durch Erschmelzen der Legierung und Mahlen der Vormaterialien zu einkristallinem Pulver mit Korngrößen unter 5 µm. Durch das anschließende Pressen unter Magnetfeldeinwirkung erfolgt die magnetische Ausrichtung. Je nach Orientierung der Pressrichtung zum Magnetfeld ist die Ausrichtung und somit auch die magnetischen Werte verschieden stark. Beim sogenannten Querfeldpressen liegen Magnetfeld und Pressrichtung senkrecht zueinander. Hierbei werden die höchste Energiedichte und beste Remanenz erreicht. Beim Axialfeldpressen (Pressrichtung und Magnetfeld verlaufen parallel) erreicht man niedrigere Werte (etwa 10 % weniger beim  $B_r$  und 20 % weniger beim  $(BH)_{\max}$ -Wert), die im Allgemeinen jedoch die Kundenanforderungen noch erfüllen und zudem in größeren Stückzahlen kostengünstiger herzustellen sind.

Das Sintern der Magnete erfolgt unter Vakuum oder Schutzgas bei Temperaturen zwischen 1100-1200 °C. Die Sinterdichten liegen bei 8,2-8,5 g/cm<sup>3</sup>. Anschließend werden die Magnete einer Wärmebehandlung zwischen 500-900 °C unterzogen.

Als weitere Fertigungsschritte schließen sich dann die Bearbeitung, Schleifen, Einbau ins System etc. an.

The alloy preparation is done by melting the alloy and grinding the prematerials to a mono crystalline powder with a grain size of below 5 µm. The magnetic alignment is achieved by pressing under the influence of a magnetic field. Depending on the orientation and direction of pressing compared with the magnetic field, the alignment and thus the magnetic values will vary considerably. During the so called cross field pressing, the magnetic field and the direction of pressing should be at right angles.

This results in maximum energy density and optimum remanence. Axial pressing (press direction and magnetic field are parallel) results in lower values (approximately 10 % lower  $B_r$  and 20 % lower  $(BH)_{\max}$  value). However, this should meet customer requirements in most cases and result in more cost effective production of big volume quantities.

Magnet sintering is carried out in an inert gas atmosphere or in a vacuum at temperatures between 1100-1200 degrees C. Sintering density is between 8.2-8.5 g/cm<sup>3</sup>. Finally the magnets are heat treated between 500-900 degrees C.

Further production stages are machining, grinding, system assembly, etc.

## Chemikalienbeständigkeit/Chemical Resistance

Dauermagnete aus RECo sind weitgehend beständig gegen organische Säuren, nicht beständig gegen anorganische Säuren und Laugen.

Dauerhafter Kontakt mit Wasser sollte vermieden werden.

**Aufgrund der starken Affinität von Samarium zu Sauerstoff neigen Magnete aus RECo bei höheren Temperaturen zur Oxidation.**

RECo magnets are largely resistant to organic acids, but not resistant to inorganic acids and alkaline solutions.

Permanent contact with water should be avoided.

**Due to the strong affinity of samarium to oxygen, RECo magnets tend to oxidise at higher temperatures.**

## Temperaturverhalten/Temperature Behaviour

Durch den Einfluss höherer Temperaturen können bei RECo-Magneten Verluste der Remanenz, des  $(BH)_{\max}$ -Wertes und der Koerzitivfeldstärke auftreten. Diese Verluste sind jedoch weitgehend reversibel, da durch ein Absenken der Temperatur die ursprünglichen Werte wieder erreicht werden können. Irreversible Verluste treten erst oberhalb einer Temperatur von 350 °C auf.

Due to the effects of higher temperatures RECo magnets can suffer losses of remanence,  $(BH)_{\max}$  value and coercive field strength. However, these losses are for the most part reversible as a reduction in temperature re-establishes the original values. Irreversible losses only occur at temperatures in excess of 350 degrees C.

Bei den durch Gegenfelder hervorgerufenen Verlusten handelt es sich in der Regel um reversible Verluste, die durch erneutes Aufmagnetisieren rückgängig gemacht werden können.

Mittels Stabilisierungsmaßnahmen können die Magnete auf einen bestimmten Wert eingestellt werden. Dies schließt eventuelle Veränderungen in Form magnetischer Verluste beim Einsatz der Magnete aus. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass mit diesem Verfahren niedrigere Induktionswerte verbunden sind.

Losses caused by counterfields are also reversible by renewed magnetising.

Stabilisation methods can adjust the magnets to certain values. This excludes possible changes in the form of magnetic losses during application. It should be noted that this process is linked to lower induction values.

## Magnetformen/Magnet Shapes

Formgepresst lassen sich Quader, Ringe, Segmente, Zylinder sowie Formmagnete herstellen. Bohrungen, Vertiefungen, Nuten etc. können angedrückt werden, sofern sie parallel zur Pressrichtung verlaufen.

Klein- und Kleinstmagnete werden trenntechnisch aus größeren Blöcken hergestellt.

Form pressed - blocks, ring, segment, cylinder and other shapes.

Drill holes, indentations, grooves, etc. can be pressed as long as they are parallel to the direction of pressing.

Small and micro magnets can be cut from larger blocks.

## Lieferprogramm/Delivery Programme

Unser Lieferprogramm umfasst eine breite Palette von RECo-Werkstoffen mit unterschiedlichen magnetischen Eigenschaften. Sie ermöglichen eine den individuellen Anwendungsanforderungen angepasste Werkstoffauswahl. Hierzu beraten wir Sie gerne ausführlich.

Our range comprises a wide selection of various RECo materials with differing magnetic properties. They permit material selection tailored to individual application requirements. We look forward to advising you in detail.

## Magnetische Eigenschaften/Magnetic Properties

**Ausgewählte** Werkstoffqualitäten (nach DIN IEC 60404-8-1).

**Weitere Qualitäten auf Anfrage.**

**Selected** material qualities (according DIN IEC 60404-8-1).

**Further qualities on request.**

Werkstoff/ Material		Remanenz- flussdichte/ Remanence flux density		Koerzitivfeldstärke/ Coercive force				max. magnet. Energiedichte/ Max. magnetic energy density		Einsatz- temperatur/ Operating temperature	Temperatur- koeffizient/ Temperature coefficient		Sättigungs- feldstärke/ Satura- tion field strength
		B <sub>r</sub>		H <sub>cB</sub>		H <sub>cJ</sub>		(BH) <sub>max</sub>		T <sub>max</sub> °C	TK(B <sub>r</sub> ) %/°C	TK(H <sub>cJ</sub> ) %/°C	H <sub>s</sub> kA/m
mT	G	kA/m	kOe	kA/m	kOe	kJ/m <sup>3</sup>	MGOe						
RECo <sub>5</sub> 150/120	min	850	8500	650	8,2	1200	15,0	150	18,0	250	-0,042	-0,25	2500
RE <sub>2</sub> Co <sub>17</sub> 180/120	min	950	9500	735	9,2	1200	15,0	180	23,0	300	-0,030	-0,20	4000
RE <sub>2</sub> Co <sub>17</sub> 190/120	min	1000	10000	740	9,3	1200	15,0	190	24,0	300	-0,030	-0,20	4000
RE <sub>2</sub> Co <sub>17</sub> 200/140	min	1030	10300	720	9,0	1400	17,5	200	25,0	300	-0,030	-0,20	4000
RE <sub>2</sub> Co <sub>17</sub> 200/160	min	1030	10300	720	9,0	1600	20,1	200	25,0	300	-0,030	-0,20	4000
RE <sub>2</sub> Co <sub>17</sub> 200/200	min	1030	10300	720	9,0	2000	25,0	200	25,0	300	-0,030	-0,20	4000
RE <sub>2</sub> Co <sub>17</sub> 220/40	min	1100	11000	440	5,5	455	5,7	220	27,6	250	-0,030	-0,20	2500

Die Magnetisierungsfeldstärke beträgt mindestens das 3fache des H<sub>CJ</sub>-Wertes. Die relative Permeabilität liegt im Bereich von 1,04-1,1.

The magnetizing field strength is at least three times the H<sub>CJ</sub> value. The relative permeability (μ<sub>r</sub>) is between 1,04-1,1.

# Samarium-Cobalt-Magnete • Samarium-Cobalt-Magnets

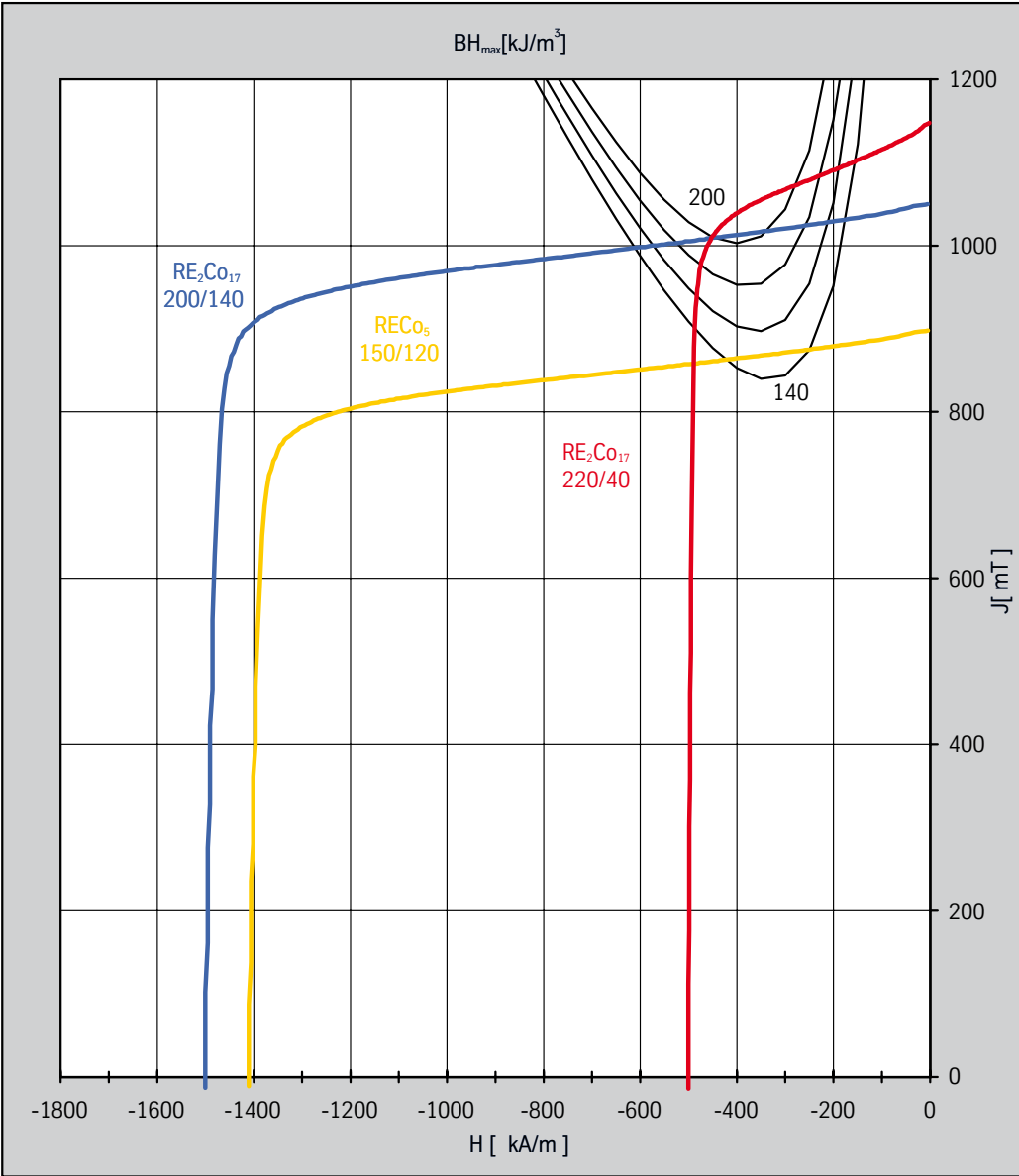
Physikalische Eigenschaften/Physical Properties

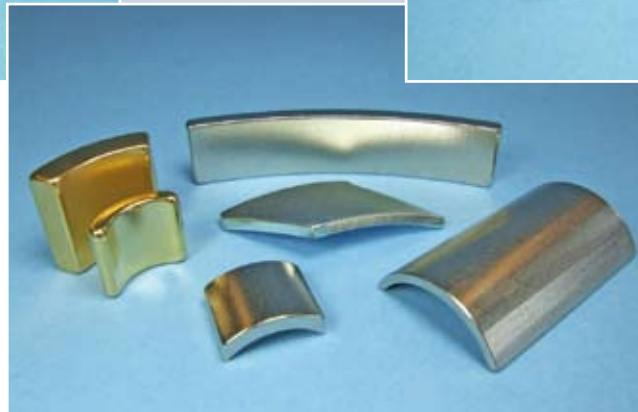
Werkstoff/ Material	Dichte/ Density	Elastizi- ttsmo- dul/ Modulus of elas- ticity	Biege- festig- keit/Bend strength	Druck- festig- keit/ Pressure resistance	Hrte/ Hard- ness	spez. elektr. Wider- stand/ Spec. elec. resistance	spez. Wärme/ Spec. heat	spez. Wärme- leitf- higkeit/ Spec. therm. conduc- tivity	Curie- Tempera- tur/Curie Temper- ature	lin. Ausdehnungs- koeffizient/Lin. expansion coefficient	
										parallel/ parallel	senkrecht/ vertical
										zur Vorzugsrichtung/ in relation to preferred direction	
	g/cm <sup>3</sup>	E kN/mm <sup>2</sup>	F <sub>B</sub> N/mm <sup>2</sup>	F <sub>p</sub> N/mm <sup>2</sup>	H <sub>v</sub>	ρ Ω mm <sup>2</sup> /m	c J/kg K	λ W/m K	T <sub>c</sub> °C	Δ dI <sub>0</sub> 10 <sup>-6</sup> /K	Δ dI <sub>0</sub> 10 <sup>-6</sup> /K
RECo <sub>5</sub> 150/120	8,4	160	120	1000	550	0,55	360	13	720	6	13
RE <sub>2</sub> Co <sub>17</sub> 180/120	8,3	120	120	800	640	0,85	320	12	800	8	11

Entmagnetisierungskurven/Demagnetising Curves

Entmagnetisierungskurven  
**ausgewählter**  
RECo-Werkstoffqualitäten:

Demagnetising curves  
of **selected**  
RECo-material qualities:





## Neodym-Eisen-Bor-Magnete

Bei REFeB handelt es sich um einen Werkstoff, der aus dem Seltenerdmetall Neodym (Nd), Eisen (Fe) und Bor (B) besteht und erst in jüngster Zeit entwickelt worden ist. Mit REFeB-Magneten können Energieprodukte erreicht werden, die bis zu 40% über den höchsten bisher bekannten und verwendeten metallischen Magneten liegen. Sowohl neue technische Lösungen werden dadurch ermöglicht als auch eine Reduzierung des Magnet Materialeinsatzes bei gleicher Leistung des Systems und nicht zuletzt die Möglichkeit der Miniaturisierung des gesamten Systems.

Im Gegensatz zu Magneten aus RECo sind die Rohstoffe für REFeB-Magnete auf Grund größerer Verfügbarkeit bedeutend günstiger, da der Anteil von Neodym in Seltenerdmetallerzen um ein Vielfaches höher ist als der von Samarium.

## Neodymium-Iron-Boron-Magnets

REFeB magnets have only been developed recently and consist of the rare earth neodymium, iron and boron. Energy products which are up to 40% above currently known and used metallic magnets can be produced using this combination of materials.

Magnets made from REFeB alloys enable the realisation of new technological solutions and the reduction of the utilisation of magnetic materials with the same performance level of the system and also provides the possibility of miniaturising the whole system.

In contrast to RECo magnets the raw materials for REFeB magnets are more readily available as the content of neodymium in rare earth ores is substantially higher than that of samarium.



# Neodym-Eisen-Bor-Magnete • Neodymium-Iron-Boron-Magnets

## Herstellung/Production

Ebenso wie Magnete aus RECo werden auch REFeB-Magnete pulvermetallurgisch durch Sintern hergestellt. Die Legierungen können mittels verschiedener Verfahren hergestellt werden: Einerseits schmelzmetallurgisch, wobei bestimmte Vormaterialien verschmolzen und anschließend gemahlen werden. Andererseits können durch einen Reduktions- und Diffusionsprozess aus SE-Oxiden und Metallen Legierungspulver hergestellt werden, die anschließend nochmals feingemahlen werden.

Das einkristalline Pulver mit Korngrößen um  $5\text{ }\mu\text{m}$  wird in das Matrizenhohl eines Presswerkzeuges gefällt. Beim Pressen unter Magnetfeldeinwirkung entsteht ein anisotroper Magnet. Alternativ zum Formpressen ist auch ein isostatisches Pressen unter Feldeinwirkung möglich. Hierbei werden die anisotropen Pulverpartikel parallel zur Richtung des Magnetfeldes ausgerichtet. Beim Pressen wird das Material verdichtet und die Ausrichtung fixiert. Anschließend werden die Magnete unter Schutzgas oder Vakuum bei Temperaturen zwischen  $1030$  und  $1100^\circ\text{C}$  gesintert. Durch den Sinterprozess muss mit einer Schrumpfung von ca.  $15\text{--}20\%$  gerechnet werden. Es werden Dichten von  $7,4\text{--}7,6\text{ g/cm}^3$  erreicht. Im Anschluss daran werden die Teile einer Wärmebehandlung bei Temperaturen zwischen  $600$  und  $900^\circ\text{C}$  unterzogen. Ist die Einhaltung kundenspezifischer Toleranzen erforderlich, können nach der Wärmebehandlung die Teile bearbeitet, d. h. geschliffen werden.

Like RECo magnets, REFeB magnets are produced by the process of powder metallurgical sintering. The alloys can be produced by different processes: by melting and blending of certain prematerials or by reduction/diffusion of rare earth oxides and metals followed by grinding.

The mono crystalline powder with a grain size of approximately  $5\text{ }\mu\text{m}$  is dispensed into the die cavity of a mould. Then pressing under the influence of a magnetic field produces an anisotropic magnet. As an alternative to form pressing isostatic pressing in a magnetic field is also possible. This aligns the anisotropic powder particles parallel to the direction of the magnetic field. The pressing process condenses the material and fixes the alignment. The magnets are then sintered at temperatures between  $1030\text{--}1100$  degrees C in an inert gas atmosphere or a vacuum. Sintering results in shrinkage of between  $15\text{--}20\%$ . The density values measure between  $7.4\text{--}7.6\text{ g/cm}^3$ . The components are subsequently heat treated at temperatures of  $600\text{--}900$  degrees C. If specific tolerances are required the components can be ground after heat treatment.

## Chemikalienbeständigkeit/Chemical Resistance

Magnete aus REFeB sind nicht beständig gegen anorganische Säuren und Laugen. Aufgrund erhöhter Neigung zu Korrosion (rostähnliche Oberflächenkorrosion) ist beim Einsatz von REFeB-Magneten ein geeigneter Oberflächenschutz für bestimmte Einsatzfälle vorzusehen.

Als Oberflächenschutz bieten sich Metallüberzüge auf Zinn (Sn)-, Zink (Zn)- und Nickel (Ni)-Basis an. Unter Umständen eignen sich auch Lack- oder Kunststoffbeschichtungen.

Jüngste Fortschritte in der Weiterentwicklung des Materials haben jedoch das Korrosionsproblem bereits erfolgreich entschärft.

REFeB magnets are not resistant to inorganic acids and alkaline solutions. Due to their high level of susceptibility to corrosion (surface rust corrosion) suitable surface protection should be applied for certain applications. This comes in the form of metallic coatings based on tin (Sn), zinc (Zn) and nickel (Ni). Varnish or plastic coatings can also be used.

Recent progress in the further development of this material has successfully diminished the corrosion problem.

## Temperaturverhalten/Temperature Behaviour

Die starke Temperaturabhängigkeit von REFeB-Magneten spiegelt sich in den Veränderungen der magnetischen Werte unter Temperatureinfluss wider. Aufgrund der negativen Temperaturkoeffizienten bei Seltenerdmetallen ist bei höheren Temperaturen die Verschiebung des Arbeitspunktes zu berücksichtigen. Die in der vorstehenden Tabelle genannten Werte wurden bei Raumtemperatur 20°C gemessen.

The strong temperature dependence of REFeB magnets is mirrored by changing magnetic values affected by temperature. Due to the negative temperature coefficients of rare earth metals the relocation of the operating point should be considered. The values of the above mentioned tables has been measured at room temperature of 20 degrees C.

## Magnetformen/Magnet Shapes

Formgepresst können Quader, Ringe, Segmente und Zylinder hergestellt werden. Klein- und Kleinstmagnete werden trenntechnisch aus größeren Materialblöcken hergestellt.

Form pressed block, ring, segment and cylinder magnets can be produced.

Small and micro magnets can be cut from larger blocks.

## Lieferprogramm/Delivery Programme

Unser Lieferprogramm umfasst eine breite Palette von REFeB-Werkstoffen mit unterschiedlichen magnetischen Eigenschaften. Sie ermöglichen eine den individuellen Anwendungsanforderungen angepasste Werkstoffauswahl. Hierzu beraten wir Sie gerne ausführlich.

Our range comprises a wide selection of REFeB materials with differing magnetic properties. They permit material selection tailored to individual application requirements. We look forward to advising you in detail.

# Neodym-Eisen-Bor-Magnete • Neodymium-Iron-Boron-Magnets

## Magnetische Eigenschaften/Magnetic Properties

**Ausgewählte** Werkstoffqualitäten (nach DIN IEC 60404-8-1).  
**Weitere Qualitäten auf Anfrage.**

**Selected** material qualities (according DIN IEC 60404-8-1).  
**Further qualities on request.**

Werkstoff/ Material		Remanenz- flussdichte/ Remanence flux density		Koerzitivfeldstärke/ Coercive force				max. magnet. Energiedichte/ Max. magnetic energy density		Einsatz- temperatur/ Operating temperature	Temperatur- koeffizient/ Temperature coefficient		
		B <sub>r</sub>		H <sub>cB</sub>		H <sub>cJ</sub>		(BH) <sub>max</sub>			T <sub>max</sub> <sup>*</sup> °C	TK(B <sub>r</sub> ) %/°C	TK(H <sub>cJ</sub> ) %/°C
		mT	G	kA/m	kOe	kA/m	kOe	kJ/m <sup>3</sup>	MGOe				
REFeB 220/220	min	1080	10800	780	9,8	≥ 2250	≥ 28	220	28	≤ 180	-0,085	-0,56	
REFeB 240/140	min	1120	11200	820	10,3	≥ 1355	≥ 17	240	30	≤ 120	-0,100	-0,56	
REFeB 250/110	min	1130	11300	820	10,3	≥ 1115	≥ 14	250	31	≤ 100	-0,100	-0,60	
REFeB 260/160	min	1170	11700	860	10,8	≥ 1595	≥ 20	260	33	≤ 150	-0,095	-0,56	
REFeB 280/140	min	1200	12000	860	10,8	≥ 1355	≥ 17	280	35	≤ 120	-0,100	-0,56	
REFeB 300/110	min	1250	12500	845	10,6	≥ 1115	≥ 14	300	38	≤ 100	-0,100	-0,60	
REFeB 325/127	min	1300	13000	845	10,6	≥ 1275	≥ 16	325	41	≤ 110	-0,100	-0,56	
REFeB 400/88	min	1440	14400	800	10,0	≥ 875	≥ 11	400	50	≤ 80	-0,120	-0,85	

Die Magnetisierungsfeldstärke beträgt mindestens das 2fache des H<sub>cJ</sub>-Wertes.  
Die relative Permeabilität liegt im Bereich von 1,04-1,12.

The magnetizing field strength is at least two times the H<sub>cJ</sub> value.  
The relative permeability is between 1,04-1,12.

\* Die tatsächliche maximale Einsatztemperatur ist abhängig von der Scherung des Magneten. Diese kann nur durch eine feldnumerische Berechnung genau bestimmt werden.

\* The actual maximum application temperature depends on the magnet's shear. This can only be precisely determined through a field-numeric calculation.

## Physikalische Eigenschaften/Physical Properties

Curie-Temperatur  
T<sub>c</sub> = 310°C

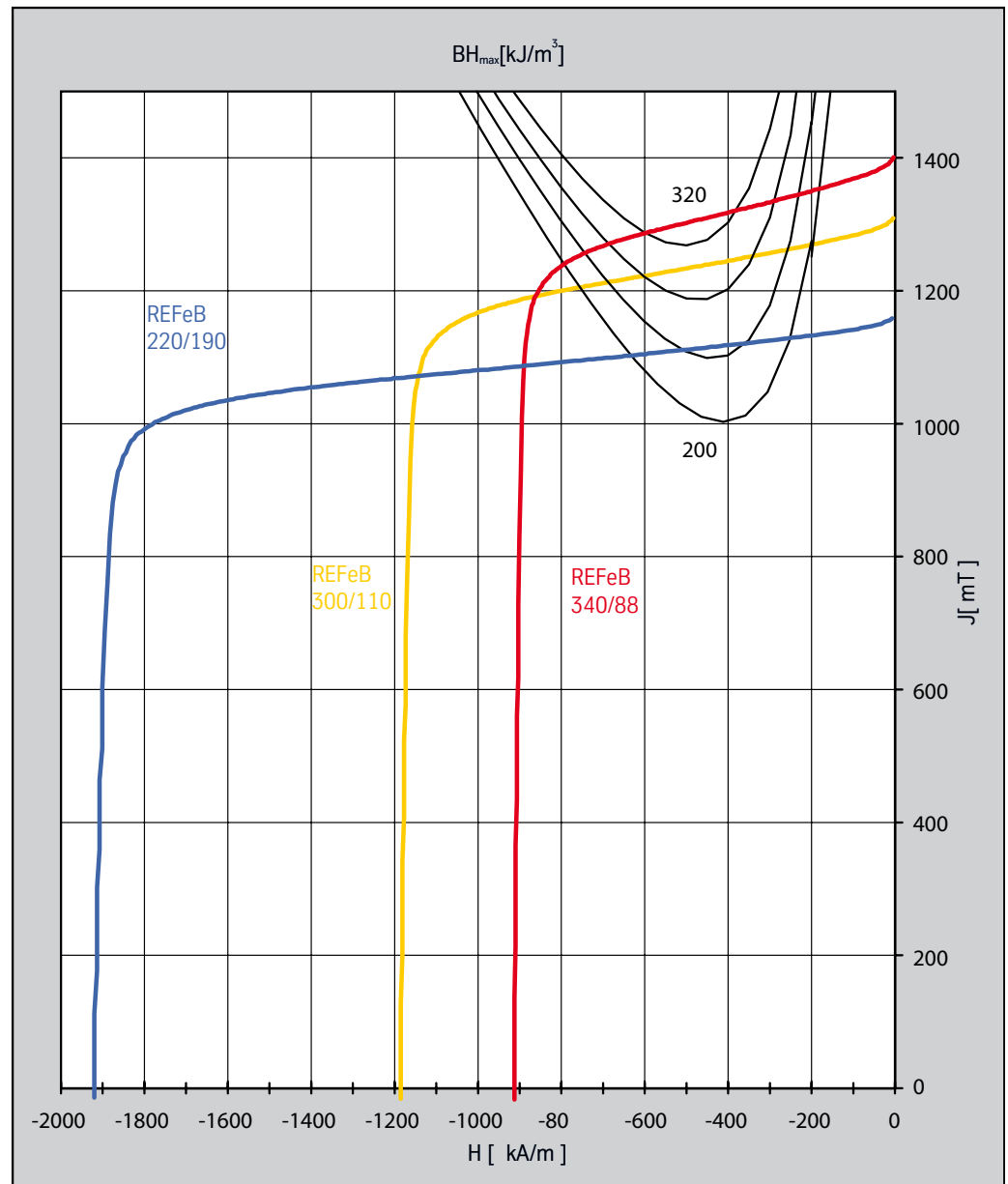
Curie Temperature  
T<sub>c</sub> = 310°C

Werkstoff/ Material	Dichte/ Density	Elastizi- tätsmodul/ Modulus of elasticity	Biegefe- stigkeit/ Bend strength	Druck- festigkeit/ Pressure resistance	Härte/ Hardness	spez. elektr. Widerstand/ Spec. elec. resistance	spez. Wärme/ Spec. heat	spez. Wärme- leitfähigkeit/ Spec. therm. conductivity	lin. Ausdehnungs- koeffizient/Lin. expansion coefficient	
									parallel/ parallel	senkrecht/ vertical
									zur Vorzugsrichtung/ in relation to preferred direction	
	g/cm <sup>3</sup>	E kN/mm <sup>2</sup>	F <sub>B</sub> N/mm <sup>2</sup>	F <sub>p</sub> N/mm <sup>2</sup>	H <sub>v</sub>	ρ Ω mm <sup>2</sup> /m	c J/kg K	λ W/m K	Δ dl <sub>0</sub> 10 <sup>-6</sup> /K	Δ dl <sub>0</sub> 10 <sup>-6</sup> /K
REFeB	~ 7,5	140	250	750	570	1,5	440	9	5	-1

## Entmagnetisierungskurven/Demagnetising Curves

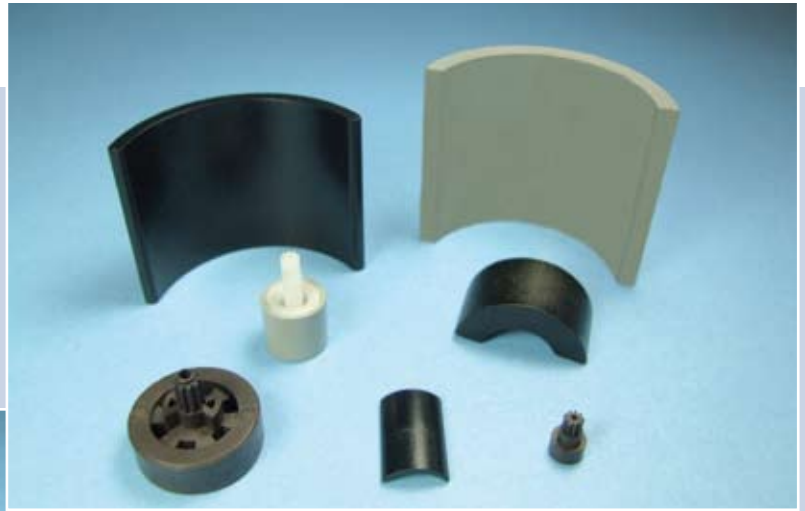
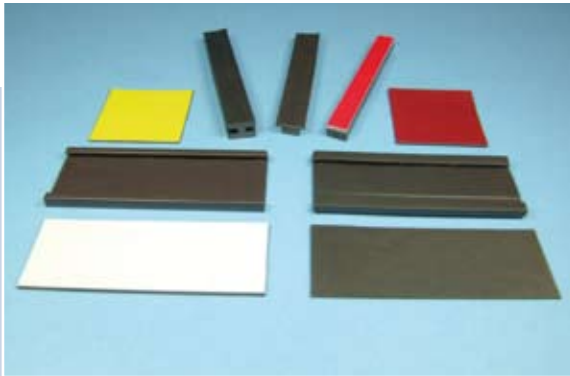
Entmagnetisierungskurven  
**ausgewählter**  
REFeB-Werkstoffqualitäten:

Demagnetising curves  
of **selected**  
REFeB-material qualities:





## Kunststoffgebundene Magnete • Plastic-bonded magnets



### Kunststoffgebundene Magnete

Kunststoffgebundene Magnete sind Teilchenverbundwerkstoffe, bei denen Dauermagnetpulver in Kunststoffbinder eingebettet werden. Als Magnetpulver kommen Hartferrit (HF), verschiedene RECo- und REFeB-Pulver und in sehr geringem Ausmaß auch AlNiCo-Legierungen zum Einsatz. Zum Einbinden der Magnetpartikel werden thermoplastische Binder, z.B. Polyamid (PA) oder Polyphenylsulfid (PPS), sowie Duroplaste, z.B. Epoxharze, verwendet.

Je nach Materialzusammensetzung und Fertigungsverfahren können isotrope und anisotrope Magnete mit unterschiedlichen magnetischen und mechanischen Werten hergestellt werden. Da nicht nur die Art des Magnet- und Kunststoffmaterials, sondern auch Füll- und Ausrichtungsgrad die Eigenschaften des Verbundwerkstoffes bestimmen, ergibt sich eine große Breite an magnetischen Kennwerten und eine beachtliche Sorten- und Formenvielfalt.

### Plastic-bonded magnets

Plastic-bonded magnets are particle composites with permanent-magnet powder embedded in a plastic binder. Hard ferrite (HF), various RECo and REFeB powders and, to a very little extent, AlNiCo alloys are used as magnetic powder. For embedding the magnetic particles thermoplastic binders as, for instance, polyamide (PA) or polyphenyl sulfide (PPS) and duroplasts like epoxy resins are used.

Depending on the material composition and production process isotropic and anisotropic magnets with differing magnetic and mechanical specifications are available. Since not only the type of magnet or plastic material but also the filling and alignment degree determine the composite's properties widely varying magnetic parameters and an outstanding variety in types and shapes arise.

## Herstellung/Production

Der Herstellungsprozess der formstabilen kunststoffgebundenen Magnete unterscheidet zwei Verfahren. Das am häufigsten verwendete Herstellungsverfahren ist das Spritzgussverfahren. Im Formpressverfahren werden vor allem kunststoffgebundene Seltenerd-magnete gefertigt.

Aus den Magnetpulvern und den Kunststoffen wird in Mischanlagen zunächst ein Compound hergestellt. Beim Spritzgussverfahren werden Hartferrit- oder Seltenerdpulver in thermoplastische Kunststoffe eingebettet und granuliert. Das Granulat wird auf Spritzgussmaschinen zu Magnetformteilen verarbeitet. Bei der Formpresstechnik, die nur für die Herstellung der kunststoffgebundenen Seltenerd-magnete wirtschaftlich relevant ist, werden geeignete Pulvermischungen in Werkzeugen und Pressen verarbeitet. REFeB-Pulver wird mit duroplastischen Harzen verbunden. In den Presswerkzeugen werden die Compoundmischungen dann zu den gebräuchlichen Formen wie Blöcken, Scheiben, Ringen, Flachprofilen und Segmenten verpresst. Nach der Formgebung folgt eine thermische Aushärtungsphase, die die Presslinge mechanisch stabil macht. Im Anschluss an diese Fertigungsprozesse erfolgen die Endbearbeitung und Oberflächenreinigung. Je nach Kundenwunsch wird magnetisiert, die Oberfläche markiert oder beschichtet.

The rigid plastic-bonded magnets have two production processes. Injection moulding is the most frequently used. Compression moulding is used especially for plastic-bonded rare-earth magnets.

First of all, a compound is mixed from the magnet powders and plastics. In the injection-moulding process, hard ferrite or rare-earth powders are embedded into thermoplastics and granulated. The granulate is processed on injection-moulding machines into magnet mouldings. In compression moulding technology, only of economic relevance for manufacturing plastic-bonded rare-earth magnets, suitable powder mixtures are processed in tools and presses. REFeB powder is combined with duroplastic resins. In the compression tools, the compound mixtures are subsequently moulded into the most frequently used shapes as blocks, disks, rings, flat sections and segments. After shaping, a thermal hardening phase follows, making the pressed material mechanically stable. This is followed by the finishing and surface cleaning stages. Depending on customer demands, the parts are magnetized and the surface marked or coated.

## Magnetformen/Magnet Shapes

Einer der wesentlichen Vorzüge kunststoffgebundener Magnete ist die Formgebungsvielfalt, die das Spritzgussverfahren bietet. Die mittels Spritzguss hergestellten thermoplastischen Sorten bieten einfache Möglichkeiten einer unmittelbaren Verbindung mit anderen Konstruktionsteilen, z.B. Wellen, Naben oder Gehäuseteilen. In einem Arbeitsgang lassen sich dadurch einbaufertige Komponenten gewinnen. Die bei der Spritzgusstechnik einhaltbaren Toleranzen können so eng gehalten werden, dass in einem Arbeitsgang Bohrungen oder Achsen eingepresst werden können. Es können aber auch Wellen, Lagerbuchsen und andere Bauelemente als Einlegeteile mit eingespritzt werden. Ebenso können Ritzel und andere Funktionsteile mit angespritzt werden. Realisieren lassen sich ferner komplexe Konturen und Geometrien, dünnwandige Ringmagnete, flache Scheiben- und Ringmagnete, topfförmige Magnete, Profilierungen, Verstärkungsrippen, Querbohrungen und vieles andere mehr.

One of the essential advantages of plastic-bonded magnets is their shaping variety as a result of injection moulding. The thermoplastic grades manufactured by injection moulding offer easy possibilities of direct embedding into other structural parts, e.g. shafts, hubs or housing parts. Hence, ready-to-install components can be produced in a single process. The tolerances maintained through injection moulding allow the magnets to be squeezed into bores or hubs in a single cycle. Also shafts, bushings and other components may be injected as insertion components. Pinions and other operating parts can be injected, too. Moreover, complex shapes and geometries, thin-walled ring magnets, flat disk and ring magnets, pot-shaped magnets, sections, reinforcement fins, sectional bores and much more are feasible.

# Kunststoffgebundene Magnete • Plastic-bonded magnets

## Kunststoffgebundene Hartferritmagnete/Plastic-bonded hard ferrite magnets

Im Herstellungsprozess der formstabilen kunststoffgebundenen Hartferritmagnete werden Teilchen mit dauermagnetischen Eigenschaften aus Barium- oder Strontiumferrit in einen thermoplastischen Kunststoff eingebettet. Der Volumenanteil des Hartferrit-Pulvers bestimmt entscheidend das erreichbare magnetische Niveau. Schon infolge dieses „Verdünnungseffektes“ können kunststoffgebundene Hartferrit-Magnete nicht die magnetischen Werte des Ausgangsmaterials (Vollmaterials) erreichen. Kunststoffgebundene Magnete werden bei gleichem Volumen stets schwächere magnetische Eigenschaften aufweisen als gesinterte isotrope Magnete. Höhere magnetische Werte lassen sich mit anisotropen kunststoffgebundenen Hartferrit-Magneten erreichen, die jedoch nicht das Niveau gesinteter anisotroper Hartferrit-Magnete erzielen. Durch die Mischungsverhältnisse von Ferritanteil und Kunststoffanteil können ferner Elastizität und Festigkeit des Magneten beeinflusst werden.

In the manufacturing process for rigid plastic-bonded hard ferrite magnets, particles with permanent magnetic properties from barium or strontium ferrite are embedded into a thermoplastic. The volume of the hard ferrite powder is a decisive factor in the magnetism achieved. Due to this “thinning effect”, plastic-bonded hard ferrite magnets cannot reach the magnetic values of the input (solid) material. Plastic-bonded magnets will have weaker magnetic properties at the same volume than sintered isotropic magnets. Higher magnetic values can be achieved with anisotropic plastic-bonded hard ferrite magnets, however not reaching the level of sintered anisotropic hard ferrite magnets. The ferrite/plastic mixing ratio will also influence the magnet's elasticity and hardness.

## Temperaturverhalten/Temperature Behaviour

Die Temperaturabhängigkeit der magnetischen Eigenschaften entspricht grundsätzlich der des kompakten Hartferrits. Für den Temperaturkoeffizienten der Remanenz  $TK(B_r)$  und den Temperaturkoeffizienten der Koerzitivfeldstärke  $TK(H_{cJ})$  gilt  $TK(B_r) = -0,2\% / K$  und  $TK(H_{cJ}) = 0,2 \text{ bis } 0,5\% / K$ .

Dieses Temperaturverhalten der kunststoffgebundenen Ferritwerkstoffe kann zur Folge haben, dass Magnete und Magnetsysteme mit sehr niedrig liegendem Arbeitspunkt einen bleibenden (irreversiblen) Magnetisierungsverlust erleiden können, wenn sie niedrigen Temperaturen ausgesetzt werden.

Die maximal zulässige Einsatztemperatur hängt primär vom verwendeten Kunststoffbinder sowie den Dimensionsverhältnissen ab. Sie liegt bei den kunststoffgebundenen Hartferrit-Magneten bei ca. 130°C. Für höhere Dauergebrauchstemperaturen bis 200°C stehen mit den Polyphenylensulfiden (PPS) als Trägermaterial hochtemperaturbeständigere Werkstoffe zur Verfügung.

The magnetic properties' temperature factor basically equals that of the compact hard ferrite. The remanence temperature coefficient  $TK(B_r)$  and the coercive field strength's temperature coefficient  $TK(H_{cJ})$  are  $TK(B_r) = -0,2\%/K$  and  $TK(H_{cJ}) = 0.2 \text{ to } 0.5\%/K$ .

The temperature behavior of the plastic-bonded ferrite materials can cause magnets and magnet systems with a very low operating point to suffer a permanent (irreversible) magnetization loss when exposed to low temperatures.

The maximum permitted application temperature primarily depends on the plastic binder use as well as the dimension ratio. For plastic-bonded hard ferrite magnets, this is approx. 130°C. For higher permanent-use temperatures up to 200°C, highly temperature-resistant materials are available, with polyphenylene sulfides (PPS) acting as substrate.

## Mechanische Eigenschaften/Mechanical Properties

Grundsätzlich hervorzuheben ist das im Vergleich zu gesinterten Hartferriten günstige mechanische Verhalten der kunststoffgebundenen Hartferrit-Magnete. Infolge der Kunststoffbindung weisen die Magnete eine gewisse Elastizität bzw. Zähigkeit auf. Die für Hartferrit typische Sprödigkeit entfällt somit. Dies bietet für die Weiterverarbeitung der Magnete deutliche Vorteile. Die gegebene Zähigkeit ermöglicht unter Ausnutzung der bei der Spritzgusstechnik einzuhaltenden engen Toleranzen die Verbindung mit anderen Konstruktionsteilen, wie beispielsweise das Einpressen von Achsen in Rotoren aus kunststoffgebundenen Magnetwerkstoffen. Die mechanischen Eigenschaften der kunststoffgebundenen Magnete hängen jedoch entscheidend vom verwendeten Kunststoff und dem jeweiligen Füllgrad ab. Allgemein gültige Aussagen lassen sich daher nur schwerlich treffen. Anwendungsspezifische Erprobungen sind daher im Einzelfall durchzuführen.

The more favorable mechanical behavior of plastic-bonded hard ferrite magnets when compared to sintered hard ferrite magnets is immediately evident. Due to the plastic bonded, such magnets feature a certain elasticity or viscosity. Hence, the brittleness characteristic of hard ferrite is avoided. This offers decisive advantages for further processing the magnets. The given toughness permits a combination with other structural parts by exploiting the tight tolerances in injection moulding, as, for instance, pressing-in of axles into rotors from plastic-bonded magnetic materials. But the mechanical properties of plastic-bonded magnets depend to a large degree on the plastic used and the corresponding filling degree. Generally valid statements are therefore hard to make. Hence, application-specific tests have to be carried out in individual cases.

## Magnetformen/Magnet Shapes

Mit Einschränkungen sind alle im Kunststoffspritzverfahren realisierbaren Formen herstellbar. Gespritzte kunststoffgebundene Magnete zeichnen sich insbesondere durch die Möglichkeit einer individuellen Formgebung aus. Es ergibt sich daher ein vielfältiges Teilespektrum, welches sich auch in unserem Lieferprogramm wiederfindet.

Apart from certain exceptions, any injection moulded parts are producible. Injection-moulded plastic-bonded magnets are especially remarkable for their individual shaping options. Such variety is reflected in our product range.

## Lieferprogramm/Delivery Programme

Unser Lieferprogramm umfasst eine breite Palette von kunststoffgebundenen Hartferrit-Werkstoffen mit unterschiedlichen magnetischen Eigenschaften. Sie ermöglichen eine den individuellen Anwendungsanforderungen angepasste Werkstoffauswahl. Hierzu beraten wir Sie gerne ausführlich.

Our range comprises a wide selection of plastic-bonded hard ferrite materials with differing magnetic properties. They permit material selection tailored to individual application requirements. We look forward to advising you in detail.



# Kunststoffgebundene Magnete • Plastic-bonded magnets

## Magnetische Eigenschaften/Magnetic Properties

**Ausgewählte** Werkstoffqualitäten (nach DIN IEC 60404-8-1).  
**Weitere Qualitäten auf Anfrage.**

**Selected** material qualities (according DIN IEC 60404-8-1).  
**Further qualities on request.**

Werkstoff/ Material				Remanenz- flussdichte/ Remanence flux density		Koerzitivfeldstärke/ Coercive force				max. magnet. Energiedichte/ Max. magnetic energy density		Dichte/ Density
				B <sub>r</sub>		H <sub>cB</sub>		H <sub>cJ</sub>		(BH) <sub>max</sub>		g/cm <sup>3</sup>
				mT	G	kA/m	kOe	kA/m	kOe	kJ/m <sup>3</sup>	MGOe	
HF	1/18 p	i	min	70	700	50	0,63	175	2,20	0,8	0,10	2,4
HF	2/20 p	i	min	113	1130	75	0,94	195	2,45	2,1	0,26	3,3
HF	4/22 p	i	min	145	1450	110	1,38	215	2,70	3,5	0,44	3,8
HF	8/19 p	a	min	210	2100	120	1,51	185	2,32	7,5	0,94	3,5
HF	10/22 p	a	min	220	2200	150	1,88	215	2,70	9,6	1,20	3,2
HF	12/22 p	a	min	250	2500	170	2,14	220	2,76	12,0	1,51	3,4
HF	14/22 p	a	min	270	2700	170	2,14	220	2,76	14,0	1,80	3,5

a = anisotrop; i = isotrop

a = anisotropic; i = isotropic

## Kunststoffgebundene REFeB-Magnete/Plastic-bonded REFeB magnets

Magnete auf der Basis von Neodym-Eisen-Bor gehören zur jüngsten Generation der Dauermagnetwerkstoffe. Kunststoffgebundene REFeB-Magnete kommen insbesondere dann zur Anwendung, wenn z. B. mit Hartferriten magnetische Anforderungen nicht zu erfüllen sind oder gesinterte Seltenerdmetall-Magnete aus wirtschaftlichen oder fertigungstechnischen Gründen nicht in Frage kommen. Weitere Vorteile liegen darin, dass kunststoffgespritzte Magnete auf REFeB-Basis im Allgemeinen magnetisch isotrop sind und somit in beliebiger Richtung oder mit beliebiger Polzahl magnetisiert werden können.

Die formgepressten Sorten zeigen, aufgrund des bei dieser Technik erzielbaren höheren Füllgrades und der damit höheren Dichte, im Vergleich zu den spritzgegossenen Sorten jeweils das höhere magnetische Niveau. Das höhere Energieprodukt erlaubt somit kleinere Bauformen im Verhältnis zu Hartferriten, wobei in aller Regel bei diesem Herstellungsprozess anisotrope Magnete realisiert werden, die Remanenzen bis 0,8 T ermöglichen.

Magnets based on neodymium-iron-boron are among the newest generation of permanent magnet materials. Plastic-bonded REFeB magnets are especially used in applications where hard ferrite magnets cannot meet magnetic specifications or where sintered rare-earth magnets are not used for economic or production-related reasons. Further advantages are that plastic-injected magnets based on REFeB are generally magnetically isotropic and hence can be magnetized in any direction with any number of poles.

Due to the higher filling degree and hence higher density achievable with this technique, the compression-moulded grades have high magnetism compared with the injection-moulded varieties. The higher energy product thus allows smaller component shapes when compared to hard ferrites. As a rule, anisotropic magnets are produced in this manufacturing process with remanences of up to 0.8 T.

## Chemikalienbeständigkeit/Chemical Resistance

Die Magnete sind für Anwendungen unter normalen Raumbedingungen ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen (z.B. Beschichtung) einsetzbar, da bei den kunststoffgebundenen REFeB-Magneten das korrosionsempfindliche Neodym nur in geringen Anteilen auftritt. Der metallische Anteil der Magnete ist damit korrosionsbeständiger als der vergleichbare gesinterte Werkstoff. Durch den Kunststoffanteil, der das Magnetmaterial umgibt, werden die empfindlichen Partikel zusätzlich geschützt.

Nach längerer Auslagerung unter erhöhten Temperaturen und hoher Feuchte zeigen REFeB-Magnete jedoch nach kurzer Zeit Rost. Bei kritischen Anwendungen bietet eine Oberflächenbeschichtung aus Zinn (Sn), Zink (Zn), Nickel (Ni) oder Aluminium (Al) bzw. eine spezielle Kunststoffbeschichtung geeigneten Schutz der Magnete.

The magnets can be used for applications under normal room conditions without additional protective measures (e.g. coatings), since on the plastic-bonded REFeB magnets, corrosion-sensitive neodymium is only present in small quantities. Therefore, the magnets' metallic share is more corrosion resistant than the comparable sintered material. Due to the plastics surrounding the magnetic material, the sensitive particles are additionally shielded.

After lengthy exposure to elevated temperatures and high humidity, REFeB magnets do develop, however, rust. For critical applications, a surface coating in tin (Sn), zinc (Zn), nickel (Ni) or aluminum (Al) or a specific plastic coating offer suitable protection.

## Temperaturverhalten/Temperature Behaviour

Im Zusammenhang mit der Temperaturabhängigkeit der magnetischen Eigenschaften des Werkstoffes ist anzumerken, dass die Temperaturkoeffizienten Materialparameter beschreiben, die sich durch Dotierungen verändern lassen. Da bei den Werkstoffen aus REFeB die grundlegenden Materialentwicklungen noch nicht soweit abgeschlossen sind, wie etwa im Falle der Seltenerd-magnete aus RECo, variieren die Koeffizienten je nach Hersteller des Werkstoffes. Als Annäherung gilt für den Temperaturkoeffizienten der Remanenz  $TK(B_r) = -0,12\text{ \%}/K$  und den Temperaturkoeffizienten der Koerzitivfeldstärke  $TK(H_{cJ}) = -0,4\text{ \%}/K$ .

Neben der reversiblen Änderung des Magnetisierungszustandes treten bei höheren Einsatztemperaturen irreversible Verluste auf. Als maximale Arbeitstemperaturen gelten für die formgepressten Sorten ca.  $100^\circ C$  und für die spritzgegossenen Sorten ca.  $150^\circ C$ , kurzzeitig auch bis zu  $200^\circ C$ . Diese Angaben sind als Richtwerte zu verstehen und müssen im Einzelfall kritisch diskutiert werden.

In connection with the temperature dependency of the magnetic properties it may be said that the temperature coefficients describe material parameters that can be changed by doping. Since for materials from REFeB the basis research is not yet completed, as, in the case of rare-earth magnets from RECo, the coefficients vary among the material manufacturers. As an approximation,  $TK(B_r) = -0.12\%/K$  and the coercive field strength temperature coefficient  $TK(H_{cJ}) = -0.4\%/K$ .

Apart from a reversible change in the magnetizing conditions, irreversible losses occur at higher application temperatures. For compression-moulded grades, approx.  $100^\circ C$  is the maximum operating temperature and for injection-moulded grades, approx.  $150^\circ C$ , for a short period even up to  $200^\circ C$ . These statements are guidelines and have to be critically analyzed in individual instances.

# Kunststoffgebundene Magnete • Plastic-bonded magnets

## Mechanische Eigenschaften/Mechanical Properties

Bedingt durch die Kunststoffbasis liegt im Gegensatz zu gesinterten Magnetwerkstoffen eine hohe Stabilität gegenüber mechanischen Belastungen vor, wobei die mechanischen Eigenschaften der kunststoffgebundenen Magnete im Wesentlichen vom eingesetzten Kunststoff bestimmt werden. Für den konkreten Anwendungsfall muss daher eine spezifische Werkstoffauswahl erfolgen.

Unlike sintered magnet materials and due to the inherent plasticity, there is a good resistance to mechanical loads while the plastic-bonded magnet's properties are mainly determined by the plastic material used. For the concrete applications, therefore, the materials must be specifically selected.

## Magnetformen/Magnet Shapes

Neben Zylindern, Blöcken und Ringformen ist jede im Pressverfahren zu erstellende Geometrie realisierbar. Das Spritzgussverfahren erlaubt die Realisierung auch komplexer Formen. So sind etwa Rotoren mit Ritzel und Achsen in einem Formteil möglich.

Apart from cylinders, blocks and ring shapes, any pressed geometry is feasible. Injection moulding permits complex shapes, too, rotors with pinions and axles being possible in one moulding.

## Lieferprogramm/Delivery Programme

Unser Lieferprogramm umfasst eine breite Palette von kunststoffgebundenen REFeB-Werkstoffen mit unterschiedlichen magnetischen Eigenschaften. Sie ermöglichen eine den individuellen Anwendungsanforderungen angepasste Werkstoffauswahl. Hierzu beraten wir Sie gerne ausführlich.

Our range comprises a wide selection of plastic-bonded REFeB materials with differing magnetic properties. They permit material selection tailored to individual application requirements. We look forward to advising you in detail.

## Magnetische Eigenschaften/Magnetic Properties

**Ausgewählte** Werkstoffqualitäten (nach DIN IEC 60404-8-1).

**Weitere Qualitäten auf Anfrage.**

**Selected** material qualities (according DIN IEC 60404-8-1).

**Further qualities on request.**

Werkstoff/ Material			Remanenz- flussdichte/ Remanence flux density		Koerzitivfeldstärke/ Coercive force				max. magnet. Energiedichte/ Max. magnetic energy density		Dichte/ Density
			B <sub>r</sub>		H <sub>cB</sub>		H <sub>cJ</sub>		(BH) <sub>max</sub>		
mT	G	kA/m	kOe	kA/m	kOe	kJ/m <sup>3</sup>	MGOe				
REFeB 28/90 p	S/I	min	420	4200	280	3520	900	11300	28	3,5	4,4
REFeB 30/54 p	S/I	min	450	4500	280	3520	540	6780	30	3,8	4,4
REFeB 34/90 p	S/I	min	460	4600	300	3770	900	11300	34	4,3	4,8
REFeB 35/54 p	S/I	min	490	4900	300	3770	540	6780	35	4,4	4,8
REFeB 55/95 p	F/C	min	570	5700	380	4780	950	11940	55	6,9	5,9
REFeB 68/62 p	F/C	min	660	6600	380	4780	620	7790	68	8,5	5,9
REFeB 85/83 p	F/C	min	660	6600	430	5400	830	10425	85	10,7	5,9

S = Spritzgusstechnik; F = Formpresstechnik

I = Injection moulding; C = Compression moulding

## Fachbegriffe der Magnettechnik/Specialist Terms used in Magnet Technology

Einige der wichtigsten Fachbegriffe, die in der Magnettechnik verwendet werden, sind nachfolgend erläutert:

Some of the most widely used and important terms in magnet technology are explained below:

## Energieprodukt ( $B \cdot H$ )/Energy Product ( $B \cdot H$ )

Das Energieprodukt ist das Produkt aus Flussdichte  $B$  und Feldstärke  $H$  im zweiten Quadranten der Hystereseschleife, der Entmagnetisierungskurve. Zwischen den Punkten  $B_r$  und  $H_{cB}$  hat das Energieprodukt ein Maximum  $(BH)_{\max}$ .

Das maximale Energieprodukt kann als maximal gespeicherte magnetische Energie definiert werden und dient zur Beurteilung von Dauermagnetwerkstoffen.

This is the product of flux density  $B$  and field strength  $H$  in the second quadrant of the hysteresis cycle of the demagnetising curve. Between the points  $B_r$  and  $H_{cB}$ , the energy product has a maximum  $(BH)_{\max}$ .

The maximum energy product can be defined as the maximum stored magnetic energy and is used for assessing permanent magnetic materials.

## Entmagnetisierungskurve/Demagnetising Curve

Für die Beschreibung eines dauer- oder permanentmagnetischen Werkstoffes dient der im 2. Quadranten gelegene Teil der Hystereseschleife, die sogenannte Entmagnetisierungskurve.

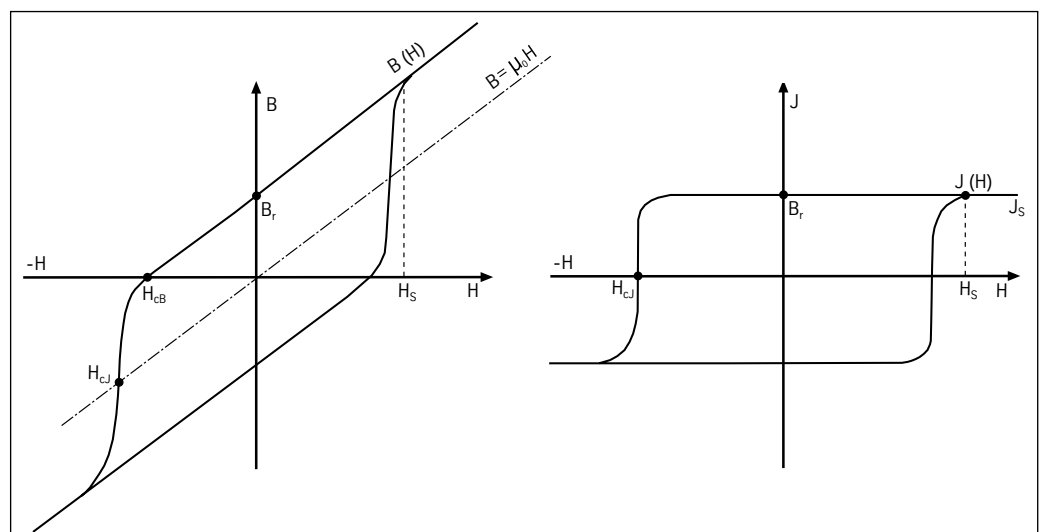
The hysteresis cycle located in the second quadrant is used to describe permanent magnetic materials - the so called demagnetising curve.

## Hystereseschleife/Hysteresis Cycle

Durch die Hystereseschleife wird die Abhängigkeit der magnetischen Flußdichte  $B$  oder der magnetischen Polarisation  $J$  von der magnetischen Feldstärke  $H$  dargestellt.

This shows the dependency of the magnetic flux density  $B$  or the magnetic polarisation  $J$  of the magnetic field strength.

- $B_r$  = Remanenz/  
Remanence
- $J_s$  = Sättigungspolarisation/  
Saturation polarisation
- $H_s$  = Sättigungsfeldstärke/  
Saturation field strength
- $H_{cJ}$  = Koerzitivfeldstärke der  
magnetischen Polarisation/  
Intrinsic field strength
- $H_{cB}$  = Koerzitivfeldstärke der  
magnetischen Flußdichte/  
Coercive field strength of  
magnetic flux density





# Technische Informationen • Technical Information

## Flussdichte B/Flux density B

Das magnetische Feld H und die magnetische Flussdichte B sind wie folgt miteinander verknüpft:

$$B = \mu_0 \mu_r H$$

Dabei sind  $\mu_0$  die magnetische Feldkonstante des Vakuums und  $\mu_r$  die relative Permeabilität, eine Konstante, deren Größe von der Substanz abhängt, auf die das Magnetfeld H einwirkt.

The magnetic field H and the magnetic flux density B are linked as follows:

$$B = \mu_0 \mu_r H$$

Thus  $\mu_0$  represents the magnetic field constant of the vacuum and the  $\mu_r$  represents the relative permeability, a constant whose magnitude depends on the substance on which the magnetic field H is influencing.

## Polarisation/Polarisation

Für die magnetische Polarisation J ergibt sich nachfolgende Beziehung:

$$J = (\mu_r - 1) \mu_0 H$$

Magnetic polarisation J is as follows:

$$J = (\mu_r - 1) \mu_0 H$$

## Isotropie/Anisotropie/Isotropy/Anisotropy

Richtungsunabhängigkeit oder -abhängigkeit der magnetischen Eigenschaften.

Ein isotroper Magnet hat keine Vorzugsrichtung und kann somit sowohl in als auch quer zur Pressrichtung magnetisiert werden, d. h. z. B. axial, radial, lateral oder auch diametral.

Ein anisotroper Magnet ist vorzugsgerichtet und kann nur in seiner Vorzugsrichtung, in der Regel mit der Pressrichtung identisch, magnetisiert werden, d. h. axial.

Die Herstellung diametral vorzugsgerichteter Magnete ist mit einer entsprechenden Technologie und Feldspulenordnung aber ebenfalls möglich.

Directional independence or dependence of the magnetic properties.

An isotropic hard ferrite has no preferred direction and can therefore be magnetised parallel or transverse to the press direction, i.e. axially, radially, laterally or diametrically.

An anisotropic hard ferrite has a preferred direction which is identical to the press direction and can only be magnetised accordingly, i.e. axially.

The production of hard ferrites with a diametric preferred direction is possible using the appropriate technology and field coil layout.

## Koerzitivfeldstärke $H_c$ /Coercive Force $H_c$

Stärke des entmagnetisierenden Feldes, bei dem  $B = 0$  wird ( $H_{cB}$ ) oder  $J = 0$  wird ( $H_{cJ}$ ).

This is the strength of the demagnetising field whereby  $B = 0$  becoming ( $H_{cB}$ ) or  $J = 0$  becoming ( $H_{cJ}$ ).

## Remanenz $B_r$ /Remanence $B_r$

Verbleibende magnetische Flussdichte in einem Magneten, der einem magnetisierenden Feld ausgesetzt war.

This is the residual magnetic flux density of a magnet which has been exposed to a magnetic field.

## Vorzugsrichtung/Preferred Direction

Durch das Herstellverfahren bedingte Richtung in einem Magneten, in der die magnetischen Eigenschaften Höchstwerte aufweisen.

This is the direction of a magnet whereby the magnetic properties achieve optimum values as a result of the production process.

## Einheiten magnetischer Kennwerte/Units of Magnetic Values

Einige der am häufigsten verwendeten Einheiten magnetischer Kennwerte und deren Umrechnung finden Sie in der nachfolgenden Übersicht:

Please find below a summary of the most commonly used units of magnetic values:

### Magnetische Feldstärke H (in kA/m oder Oe)/Magnetic field strength H (in kA/m or Oe)

1 kA/m = 12,56 Oe  
1 Oe = 0,0796 kA/m  
1.000 Oe = 79,6 kA/m

A = Ampere/Ampere  
Oe = Oersted/Oersted  
k = kilo =  $10^3$ /kilo =  $10^3$   
m = Meter/Meter

### Magnetische Flussdichte oder Induktion B, Magnetische Polarisation J, Remanence Br (in mT, G oder Vs/m<sup>2</sup>)/

### Magnetic flux density or induction B, Magnetic polarisation J, Remanence Br (in mT, G or Vs/m<sup>2</sup>)

1 mT = 10 G  
1 Vs/m<sup>2</sup> = 1 T  
1 T = 1 Vs/m<sup>2</sup> =  $10^{-4}$  Vs/cm<sup>2</sup> =  $10^4$  G

T = Tesla/Tesla  
G = Gauß/Gauß  
m = milli =  $10^{-3}$ /milli =  $10^{-3}$   
Vs = Voltsekunde/Voltsecond

### Magnetischer Fluss (in Vs, Wb oder M)/Magnetic flux (in Vs, Wb or M)

1 Vs = 1 Wb =  $10^8$  M

Vs = Voltsekunde/Voltsecond  
Wb = Weber/Weber  
M = Maxwell/Maxwell

### Magnetische Energiedichte B · H (in kJ/m<sup>3</sup> oder MGOe)/

### Magnetic energy density B · H (in kJ/m<sup>3</sup> or MGOe)

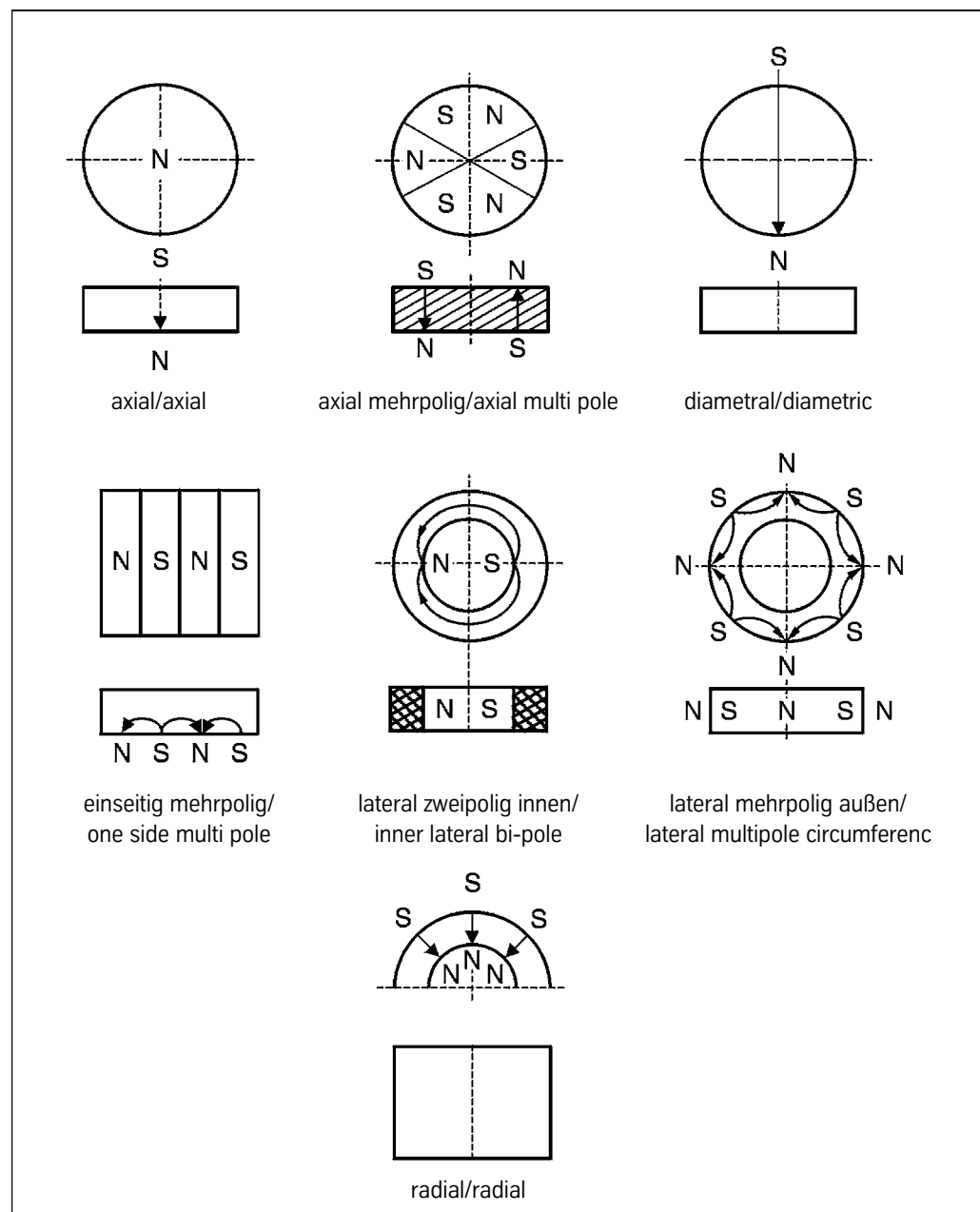
1 kJ/m<sup>3</sup> =  $0,1256 \times 10^6$  GGOe  
1 GGOe =  $7,96/10^6$  kJ/m<sup>3</sup>  
1 MGOe = 7,96 kJ/m<sup>3</sup>

J = Joule/Joule  
M = mega =  $10^6$ /mega =  $10^6$

## Magnetisierungsarten/Types of Magnetisation

Einige der am häufigsten verwendeten Magnetisierungsarten können Sie der nachfolgenden Zusammenstellung entnehmen:

Some of the most commonly used types of magnetisation are illustrated below:



Weitere detaillierte  
Informationen im Internet  
unter:

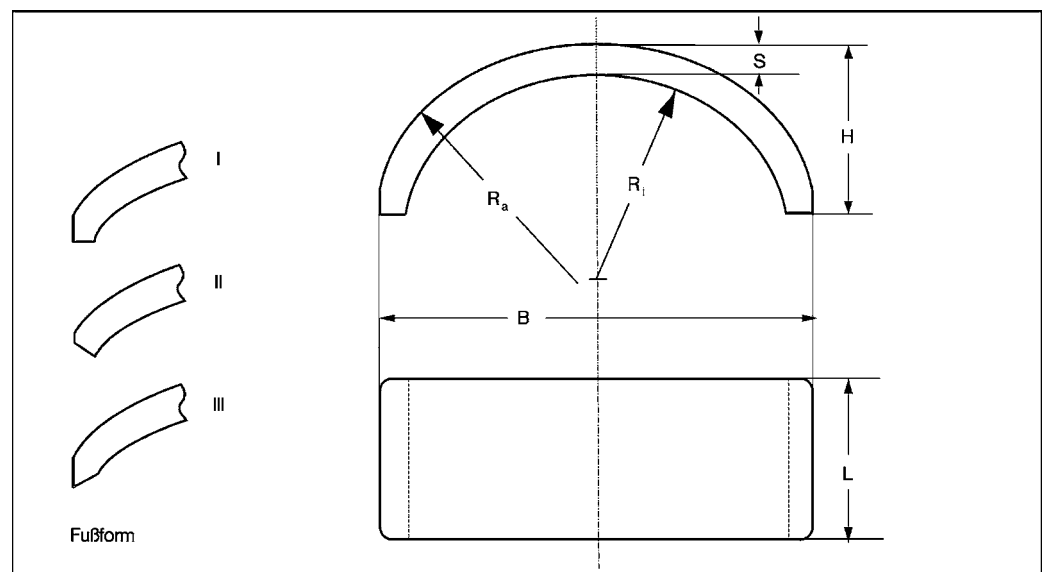
For further  
information please visit our  
website

[www.thyssenkrupp-magnettechnik.com](http://www.thyssenkrupp-magnettechnik.com)

## Segmentmagnete für Motoren/Segment Magnets for Motors

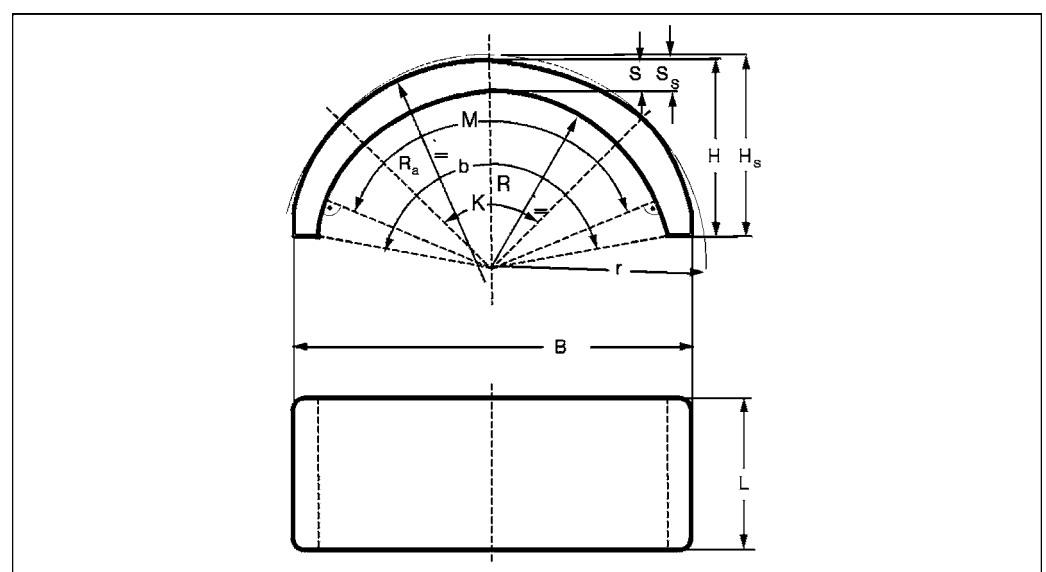
Die nachfolgende Abbildung zeigt die wesentlichen Kenngrößen zur Beschreibung der Geometrie eines Segmentmagneten sowie einige gebräuchliche Fußformen.

The following illustration demonstrates the most important parameters of the geometry of segment magnets and some of the most common edge forms.



Die Vermaßung z.B. eines Stator-Segmentmagneten kann für einen konkreten Anwendungsfall um einiges aufwendiger sein, wie im nächsten Bild dargestellt:

The sizing of a stator segment magnet can be significantly more complicated for certain applications as shown in the following diagram.



# Technische Informationen •

## Technical Information

### Einige Erläuterungen zur Vermaßung von Statorsegmentmagneten (für zweipolige Motoren)/ Explanatory Notes on the Sizing of Stator Segment Magnets (for bi-pole motors)

Damit Statorsegmentmagnete im Rückschlussring sicher anliegen und nicht kippen können, wird der Segmentaußenradius  $R_a$  etwas größer als der Innenradius  $r$  des Rückschlussringes gewählt. Dadurch entsteht zwischen Rückschlussring und Segment ein sichelförmiger Luftspalt, der um so weiter wird, je größer der Öffnungswinkel  $\beta$  des Segmentes ist.

Um diesen Luftspalt klein zu halten, lässt man die Segmente nicht an den Winkelenden am Rückschlussring anliegen, sondern bei einem Winkel  $\gamma = 90^\circ$ . Damit gilt das Maß  $R_a$  auch nur für einen  $\gamma \pm 45^\circ$  von Segmentmitte. Der Mittelpunkt für  $R_a$  ist vom Systemmittelpunkt (= Mittelpunkt von  $r$ ) versetzt.

Zur Verminderung von Laufgeräuschen und zur Herabsetzung des Rastmomentes tragen der ab dem Winkel  $\epsilon$  tangential auslaufende Innenradius  $R_i$  und ein angepasster Segmentöffnungswinkel  $\beta$  bei.

Für Segmente in vier- und noch mehrpoligen Motoren ist der Winkel  $\gamma$  dem Segmentöffnungswinkel anzupassen.

Für Rotorsegmente gelten entsprechende Vermaßungsregeln, die sich an der Rotorkonstruktion orientieren.

#### Hinweis:

Bitte fügen Sie Ihrer Anfrage oder Ihrer Bestellung stets eine Zeichnung bei, die sich an Ihren Erfordernissen und bei der Vermaßung an den weiter oben erläuterten Grundlagen orientiert.

Ebenso wichtig ist die Angabe Ihrer Forderungen bezüglich der magnetischen Werkstoffeigenschaften und evtl. auch der im Rückschlussgehäuse zu erreichenden magnetischen Flusswerte, wobei hierfür entsprechende Messanker erforderlich und Grenzmuster abzustimmen sind.

So that the stator segment magnet has proper contact on the iron ring and can not tilt, the outer segment radius  $R_a$  should be greater than the inner radius  $r$  of the iron ring. This creates a crescent shaped air gap between the iron ring and the segment which increases as the opening angle  $\beta$  of the segment increases.

In order to keep the air gap small, the segments should not touch the angle ends on the iron ring and should have an angle of  $\gamma = 90^\circ$ . Therefore the measurement  $R_a$  only applies to an angle of  $\gamma \pm 45^\circ$  from the centre of the segment. The centre point for  $R_a$  is offset from the centre point of the system (= centre point to  $r$ ).

The inner radius  $R_i$  running tangentially to the angle  $\epsilon$  and an adjusted segment opening angle  $\beta$  contribute to the reduction in running noise.

For segments in four and multi pole motors, the angle  $\gamma$  should be adjusted to the segment opening angle.

Sizing guidelines for rotor segments should relate to the rotor construction.

#### N.B.:

Please submit drawings with enquiries or orders which illustrate your requirements and the above mentioned sizing guidelines. Other details to be sent should include required magnetic properties and if possible the magnetic flux values to be achieved in the iron ring housing. This necessitates a corresponding measurement equipment and agreement on reference samples.





## Antwort-Fax/Re-Fax

An/To: ++49 209 97256-15

**Bitte schicken Sie uns folgende Informationen/Please send us the following information:**

### Magnete/Magnets

- ☐ Hartferrit/Hard Ferrite
- ☐ AlNiCo
- ☐ Samarium Cobalt (RECo)/  
Samarium Cobalt (RECo)
- ☐ Neodym Eisen Bor (REFeB)/  
Neodymium Iron Boron (REFeB)
- ☐ Kunststoffgebunden/  
Plastic bonded

### Magnetsysteme/Magnet Systems

- ☐ Magnetgreifer/Holding Magnets
- ☐ Kupplungen/Couplings
- ☐ Systeme für Blech-Handling/  
Systems for sheet metal handling  
(z.B. Hafräder, Spreizmagnete, schaltbare Systeme, Handentstapler/  
e.g. Holding wheels, spreading magnets,  
switchable systems, manual destacker)
- ☐ Separationssysteme/Separation systems
- ☐ Lasthebemagnete/Lifting magnets

### Zubehör/Accessories

- ☐ Hand-GaussMeter, Polprüfer/  
Manual GaussMeter, Pole Tester
- ☐ Magnetische Meßinstrumente/  
Magnetic Measuring Equipment
- ☐ Magnetisiergeräte/-spulen/  
Magnetising Equipment
- ☐ Stromregler für Elektrosysteme/  
Current Regulator for Electro Systems

- ☐ Technische Informationen zur Magnettechnik/  
Technical information of magnet technology

**Wir bitten Sie um Unterstützung bei/We need assistance to solve the following problem:**

---

---

---

---

### **Absender/Address**

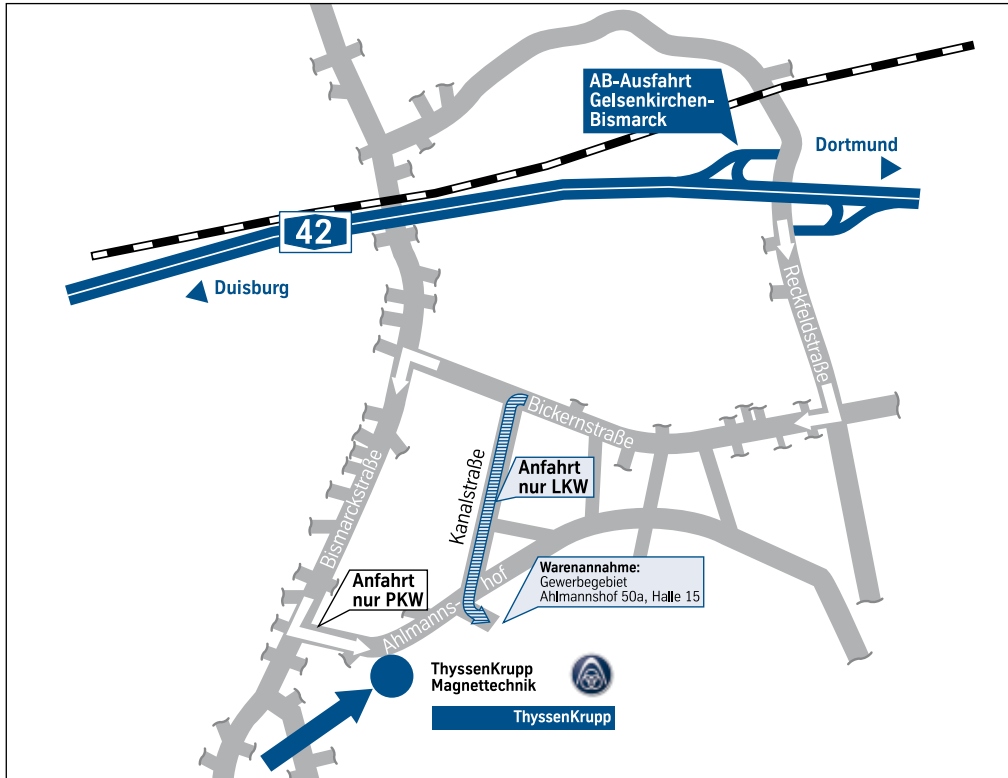
Firma/Company \_\_\_\_\_

Name \_\_\_\_\_ Email \_\_\_\_\_

Adresse/ \_\_\_\_\_  
Address \_\_\_\_\_

Tel. \_\_\_\_\_ Fax \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Datum/Date • Unterschrift/Signature



## ThyssenKrupp Magnettechnik

Geschäftsbereich der ThyssenKrupp Schulte GmbH  
 Postfach 10 27 51 · D-45827 Gelsenkirchen  
 Ahlmannshof 22 · D-45889 Gelsenkirchen  
 Tel. +49 209 97256-0 · Fax +49 209 97256-15  
 E-Mail: [magnet@thyssenkrupp.com](mailto:magnet@thyssenkrupp.com)  
 Internet: [www.thyssenkrupp-magnettechnik.com](http://www.thyssenkrupp-magnettechnik.com)