

# Richtige Auslegung von Magneten lässt sich nur empirisch erreichen

Bei der praxisgerechten Auslegung von Permanentmagneten hilft nur Ausprobieren. Zielführend sind häufig langjährige Erfahrungen, die sich inzwischen in praktischen Regularien niedergeschlagen haben. Ausgangspunkt ist der Magnetwerkstoff: AlNiCo, Hartferrit, Samarium-Kobalt oder Neodym.

INGA BAUER

**K**omplizierte Anwendungen lassen sich mit leistungsstarken Dauermagneten lösen. Permanentmagnete ziehen an, halten fest, separieren, treiben an und geben Impulse. Meist ist der Magnet zwar nur ein kleines Bauteil einer größeren Anlage, jedoch sind Magnetanwendungen immer wieder eine technische Herausforderung: Der Weg von der Idee bis zur Umsetzung ist oft lang und mühsam, weil sich Wissenschaft und Lehre mit ganz anderen Themen der Magnettechnik beschäftigen als mit den be-

Inga Bauer ist Geschäftsführerin der Bauer & Böcker GmbH & Co. KG, 42857 Remscheid, Tel. (0 21 91) 7 10 75, Fax (0 21 91) 7 76 43, info@bauer-magnettechnik.de

reits erwähnten Funktionen. So gibt es keine mathematische Formel zum Berechnen der Magnethaftkraft. Das ist mit Sicherheit ein Grund dafür, dass Werkstoffauswahl, Magnetisierung, Dimensionierung und Applikation auf den ersten Blick verwirrend erscheinen. Das Ziel der optimierten Umsetzung lässt sich oft nur mit der Trial-and-Error-Methode herausfinden.

## Uneinheitliche Bezeichnungen erschweren die Auswahl

Für die industrielle Nutzung gibt es seit einigen Jahren vier verschiedene Grundwerkstoffe: Aluminium-Nickel-Kobalt (AlNiCo), Hartferrit, Samarium-Kobalt und Neodym.

Die spezifischen Eigenschaften dieser Werkstofftypen sind in Tabelle 1 vermerkt. Innerhalb dieser Kategorien hat jeder Hersteller variierende chemische Zusammensetzungen, die sich in ihren physikalischen Eigenschaften leicht unterscheiden. Leider gibt es keine einheitlichen Bezeichnungen der Werkstoffvarianten. Jedoch lassen sich wesentliche Entscheidungskriterien hinsichtlich des richtigen Werkstoffs anhand einiger Eckpunkte schnell festlegen:

- Werden Magnete hohen Temperaturen oder mechanischer Beanspruchung ausgesetzt, kommt AlNiCo zur Anwendung. Außerdem ist die Legierung bei starken Magnetfeldern erforderlich. Mit diesem Werkstoff lassen sich jedoch kleine Bauformen nicht verwirklichen, weil das Verhältnis Länge zu Durchmesser oberhalb von 1 zu 1 liegen muss. Darüber hinaus ist zu beachten, das AlNiCo-Magnete schnell durch Gegenfelder entmagnetisiert werden können.

- Hartferrit ist heute noch immer der am häufigsten verwendete Magnetwerkstoff. Er verbindet gute Haftkräfte mit einem günstigen Preis.

- Samarium-Kobalt erzeugt starke magnetische Kräfte, ist aber teuer. Die besonderen Vorteile dieses Magnetwerkstoffs liegen in der Tatsache, dass er problemlos Temperaturen bis etwa 250 °C ausgesetzt werden kann und gegen Korrosion unempfindlich ist.

- Der Magnetwerkstoff Neodym hat vor rund 15 Jahren seinen Siegeszug begonnen. Neodym-Magnete sind sehr stark und mittlerweile erschwinglich. Aufgrund dieses Werkstoffs konnten neue Anwendungen mit Magneten abgedeckt werden. Jedoch sind



Dieser Greifarm hebt Wellen einzeln vom Zuführband. Dazu ist er mit Neodym-Stabgreifermagneten (Polyschuhsystem) ausgestattet. Die hohe Haftkraft wird erst bei direktem Formschluss erzeugt.

Bild: Bauer Magnettechnik

Neodym-Magnete nur bis etwa 80 °C einsetzbar und benötigen einen guten Korrosionsschutz – aus Nickel oder Zink.

Dennoch eignen sich Neodym-Magnete für den Hochwasserschutz. So halten sie als Flachgreifermagnete Kellerfenster wasserdicht, wie die Anwendung bei einem Kunden zeigt (Bild 1). Dazu wird ein verzinkter Metallrahmen außen am Fenster angebracht, eine Verbundplatte in der Größe des Rahmens am Rand mit kleinen, starken Neodymmagneten umlaufend bestückt und ein umlaufender Dichtwerkstoff aufgebracht. Bei drohendem Hochwasser wird die Platte auf den Rahmen gesetzt und hält so das Wasser fern. Das Ablösen erfolgt durch Aushebeln.

Bei dieser Anwendung ist eine starke Anhaftung wichtig, damit die Dichtmasse vor Eintritt des Hochwassers den Spalt zwischen Platte und Rahmen schließt. Die Flachgreifermagnete sind dazu praktisch, weil sie rückseitig eine Befestigungsmöglichkeit bieten. Auch wenn die verzinkten Neodym-Flachgreifermagnete nicht korrosionsschutz sind, ist eine Anwendung über Jahre möglich, weil die Haftkraft nicht von möglicher Korrosion beeinflusst wird.

Das Besondere am Magnetwerkstoff ist, dass energiegeladene Teilchen innerhalb der Atomstruktur durch Anlegen eines magnetischen Feldes ausgerichtet werden können und diese einmalige Ausrichtung beibehalten. Das funktioniert, indem beim Sintervorgang des pulverförmigen Rohstoffs ein Magnetfeld angelegt und so die Vorzugsrichtung der Energieteilchen festgelegt wird. Als

letzter Arbeitsschritt der Magnetherstellung wird der Magnet in eine Spule gehalten und so die Magnetenergie eingebracht. Außer den gegossenen AlNiCo-Magneten werden alle Magnete im Sinterverfahren hergestellt. Daher lassen sie sich auch nicht mechanisch bearbeiten, sind spröde und zerbrechen bei mechanischer Einwirkung.

**Kapselung in Metallgehäuse ist Standard bei Magneten**


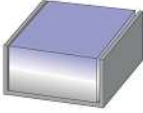


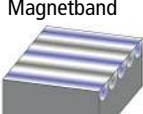
Die Magnete werden nur selten in ihrer ursprünglichen Form eingebaut. Oft werden sie in einem Metallgehäuse gekapselt. Das hat mehrere Vorteile: Erstens wird der Magnet so gegen mechanische Erschütterungen geschützt. Zweitens bietet das Metallgehäuse – meist mit Korrosionsschutz – die Möglichkeit, verschiedene gedrehte oder gefräste Bauformen zu erzeugen und Befestigungen in Form von Gewinden ins Bauteil zu integrieren. Drittens entsteht durch Einbau eines Magneten in ein Metallgehäuse ein Magnet-system, das bei richtiger Dimensionierung die Haftkraft bis zu 18-fach verstärken kann – allerdings auf Kosten des Magnetfeldes. Tabelle 2 verdeutlicht verschiedene Systemvarianten, die das Standardprogramm von Bauer-Magnettechnik bietet.

Wird der Magnet als Kontaktgeber verwendet, ist das Magnetfeld und weniger die Haftkraft gefragt. Das heißt: Bei solchen Anwendungen kommt der Magnet ohne verstärkendes System aus. So wird für die Geschwindigkeitsmessung am Fahrrad ein Rohmagnet an der Speiche und ein Hallsensor an der Gabel befestigt. Erfasst das be-

wegte Magnetfeld den Sensor, wird dieser geschaltet. Auf die gleiche Weise funktioniert auch der Auslöser eines Airbags. Voraussetzung ist ein Rohmagnet mit weiträumigem Magnetfeld. Der Magnetwerkstoff wird in Abhängigkeit von der Anwendung ausgewählt. Außer Neodym können zum Beispiel alle Magnetwerkstoffe bei Umgebungstemperaturen höher als 80 °C eingesetzt werden. Im Gegensatz zu AlNiCo verlieren Hartferrit, Neodym und Samarium-Kobalt bei Gegenfeldern ihre Haltekraft nicht.

Soll der Magnet allerdings eine möglichst hohe Haftkraft erzeugen, wie das zum Beispiel bei Lasthebemagneten der Fall ist, wird unabhängig vom Werkstoff ein System zur Haftkraftverstärkung benötigt. So ermöglichen Polschuhsysteme eine Kraftmaximierung auf kleinstem Raum. Allerdings müssen die Magnete die Last etwa 30 s lang „ansaugen“, bis die Maximalkraft erreicht ist, die sich nur bei geschliffenen Flächen einstellt. Bei unebenen Oberflächen oder bei leichtem Abstand zum Gegenstück empfiehlt sich die

**Tabelle 2: Zur Verstärkung der Haftkraft werden Magnete in unterschiedliche Systeme eingebaut.**

Magnet-systeme	Eigenschaften
Rohmagnet 	durchmagnetisiert, an beiden Stirnflächen magnetisch, weiträumige Feldlinien, Haftkraftfaktor 1
U-Profil-Polplatten 	durchmagnetisiert, Haftkraft auf eine Seite konzentriert, zufriedenstellende Haftkraft bei kleinem Luftspalt oder unebenen Flächen, preiswert, Haftkraftfaktor 5,8
Polschuh-System 	durchmagnetisiert mit zwei Polschuhen, stärkste Kraftbündelung, höchste Anziehung, ebene Auflagenfläche, Haftkraftfaktor 18
Feinpol-System 	streifenförmig auf einer Fläche mit Polplatten magnetisiert, Feinpolteilung, gute Haftkraft bei ebener Oberfläche des Gegenstücks, gut geeignet für dünne Materialien wie Bleche, Haftkraftfaktor 3,5
Magnetband 	streifenförmig auf einer Fläche magnetisiert, Feinpolteilung, gute Haftkraft auf großen Flächen, Haftkraftfaktor 3

**Tabelle 1: Vier Magnetwerkstoffe haben sich für Industrieanwendungen etabliert**

Auswahlkriterium	Magnetwerkstoff			
	AlNiCo	Hartferrit	Samarium-Kobalt	Neodym
Haftkraft	mäßig	gut	stark	stark
Temperaturbelastung °C	≤ 450	≤ 250	≤ 250	≤ 80
Korrosionsbeständigkeit	gut	gut	gut	empfindlich
Bearbeitung	Fräsen, Bohren, Schleifen	–	–	–
Bauformen	nur Stäbe	alle Formen	alle Formen	alle Formen
Magnetisierung	axial	alle Richtungen	alle Richtungen	alle Richtungen
Entmagnetisierung	leicht mit Magnetgegenfeldern	mäßig mit Magnetgegenfeldern	nur mit starken Magnetgegenfeldern	nur mit starken Magnetgegenfeldern
Preis	günstig	sehr günstig	hochpreisig	mittelpreisig

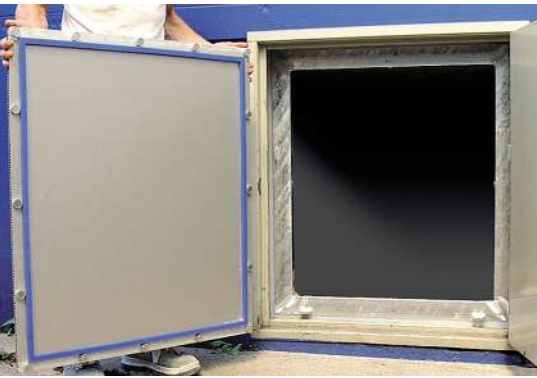


Bild: Bauer Magnettechnik

**Bild 1: Kleine starke Neodym-Flachgreifer-magnete für den Hochwasserschutz. Sie halten die Verbundplatte im Metallrahmen. Dabei wird die Dichtmasse am Plattenrand in den Rahmen gepresst. So bleibt das Fenster dicht.**

Verwendung eines Rohmagneten oder U-Profil-Plattensystems, um noch eine gute Haftung zu erzeugen. Als Magnetwerkstoff eignen sich dafür Hartferrit und Neodym.

Zur Systemausstattung gehören auch Edelstahlgehäuse, die bei feuchter Umgebung oder hohen hygienischen Anforderun-

gen erforderlich sein können. Gummier- te Haftflächen und Gummilippen sind rat- sam, sofern Magnete auf lackierten, emp- findlichen Oberflächen angebracht werden oder – zusätzlich zur Erzeugung der Haft- kraft – auch seitlichen Scherkräften stand- halten müssen.

### **U-Profil-System als Stabgreifer ist scheibenförmig aufgebaut**

Magnetsysteme gibt es auf dem Markt am häufigsten in den Bauformen Flach- und Stabgreifer. Bei Flachgreifern wird in einen Metalltopf ein scheibenförmiger Magnet eingelassen. Der Magnet hat nur am Topf- boden Kontakt mit dem Metallmantel. Seitlich wird der Magnet vom Topf durch einen nicht magnetischen Werkstoff – Kunst- stoff oder Messingring – isoliert. Dieses Sys- tem bezeichnet man als U-Profil-System (Tabelle 2).

Beim U-Profil-System wird der rücksei- tige Pol durch das Metallgehäuse vorne auf den Rand gelegt. Beim Auflegen des Magneten auf eine Stahlplatte erfolgt der magne- tische Rückschluss, die Feldlinien sind ge-

schlossen und der Magnet haftet an der Metallplatte. Ein U-Profil-System kann natürlich auch als Stabgreifer gebaut werden. Dabei hat der Magnet auch eine scheiben- förmige Bauform, aber der Topf wird ent- sprechend länger gedreht.

Stabgreifer mit der 18-fachen Haltekraft eines Rohmagneten haben den Aufbau des Polschuhsystems. In der Mitte ist ein kleiner rechteckiger Magnetblock. An den beiden Polen liegt jeweils eine Metallhalbschale an, über die der jeweilige Pol an die Stirnseite transportiert wird. Durch Auflage an einer Metallplatte kann sich diese Art von Magnet- system regelrecht „festsaugen“. Dieser Effekt wird zum Beispiel in der Automatisierungs- technik ausgenutzt.

So wurde ein Greifarm mit Neodym-Stab- greifermagneten von Bauer Magnettechnik ausgestattet. Für diese Stabgreifer mit Poly- schuhsystem spricht, dass sie eine sehr hohe Haftkraft nur bei direktem Formschluss er- zeugen. Von hoher Wichtigkeit bei der Aus- wahl war, dass dieser Greifarm nur eine Welle vom Zuführband hebt und diese dann sicher hält.

