

## Elektromagnetische Aktoren

# Elektrische Signale in Bewegung umsetzen

Elektromagnete können weit mehr, als nur Metalle anziehen. Oft sind sie sogar die bessere Alternative zu Pneumatiken, Elektromotoren oder Servoantrieben. Die Begriffsvielfalt ist jedoch enorm, zum Teil überlappend und selten eindeutig. Im Artikel werden die grundsätzliche Funktionsweise und die Unterschiede der wesentlichen Basistypen dargelegt.

Rudolf Tremba\*

■ Unter einem „Elektromagnet“ stellt man sich in der Regel eine Spule mit Eisenkern vor. Doch schon die bewegliche Lagerung des Kerns erzeugt unmittelbar mechanisch nutzbare Bewegungen. Die Elektromagnete unterteilt man daher in passive und aktive Elektromagnete.

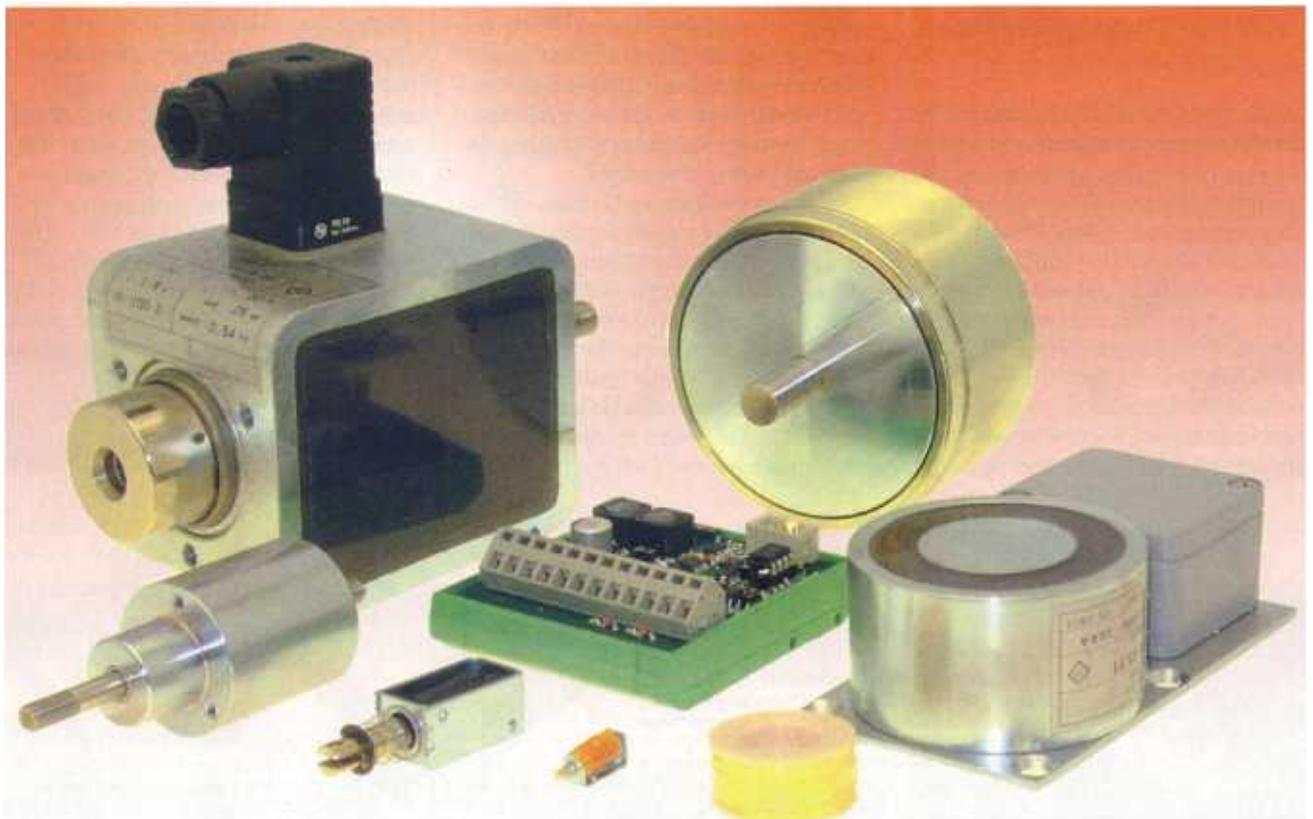
### Passive Elektromagnete oder Haftmagnete

Passive Magnete üben keine unmittelbare Bewegung aus. Sie dienen dazu, Materialien zu halten, daher auch die Bezeichnung Haftmagnete. Spule, Gehäuse und Kern bilden eine feste Einheit. Sie unterscheiden sich primär hinsichtlich Bauform, Funktion und Art der Spule. Zu den wichtigsten Bauformen zählen runde

und eckige Topfmagnete (Kastenmagnete), Hufeisenmagnete und Elektrostabmagnete. Üblicherweise sind die Haftflächen plan, Sonderformen können aber auch an der Haftfläche speziell geformt sein, um nicht plane Materialien wie zum Beispiel Rohre zu halten.

Als Spule wird in fast allen Magneten die klassische Drahtspule eingesetzt. Vor allem im Leistungsbereich gibt es mittlerweile auch Spezialspulen mit sehr hoher Packungsdichte und extremer Temperaturfestigkeit für hohe Ströme. Haftmagnete ziehen in der Regel bei Bestromung an. Lösende Haftmagnete mit integriertem Permanentmagneten halten unbestromt und lösen das Gegenstück

\*Rudolf Tremba ist Geschäftsführer der Tremba GmbH in Neufahrn.



bei Bestromung. Sehr leistungsstarke Haftmagnete werden auch als Lasthebemagnete bezeichnet. Anwendungen finden sich zum Beispiel in der Kran- und Hebertechnik.

Ein anderes Anwendungsgebiet ist die Sicherheitstechnik. So werden Sicherheitstüren mit untersteuert betriebenen Elektrohaftmagneten gehalten, bis ein Signal (Feuermelder o.ä.) den Magneten löst und die Tür federgetrieben automatisch schließt.

## Aktive Elektromagnete oder Betätigungsmagnete

Aktive Elektromagnete dagegen üben unmittelbar eine mechanisch nutzbare Bewegung aus. Als Überbegriff hat sich daher auch die Bezeichnung Betätigungsmagnete eingebürgert. Bei diesen Magneten sind entweder Spule und Magnetkern beweglich zueinander gelagert oder ein beweglicher Anker ist hinzugefügt. Daraus ergeben sich drei verschiedene Grundbewegungen: ziehen/drücken, drehen und klappen sowie entsprechende Bezeichnungen: Hubmagnete (Bild 1), Drehmagnete und Klappankermagnete.

Stark vereinfacht ausgedrückt erzeugen Hubmagnete eine lineare Bewegung, indem der Kern bei Bestromung in die Spule eingezogen wird. Dabei wird der Magnetkreis über einen Luftspalt geschlossen. Damit sind technisch sogar Hubmagnete möglich, deren Spule außerhalb der mechanisch aktiven Komponenten liegt.

Der einfachste Weg, eine drückende Wirkung zu erzeugen, ist es, den Tauchkern um einen Druckstift zu verlängern: Fährt der Tauchkern auf der einen Seite hinein, drückt der Stift auf der anderen Seite der Spule hinaus. Unbestromt liegt der Tauchkern kraftlos im Lager.

## Arten von aktiven Elektromagneten

Spezielle Konstruktionen mit mehreren oder geteilten Spulen, integrierten Permanentmagneten oder Federn können Hubmagneten zahlreiche interessante Funktionen hinzufügen: stromlos in einer oder mehr Positionen arretierend, an gleicher Seite ziehend und drückend wirkend etc. (Bild 2). Je nachdem, ob ein Hubmagnet in einer Richtung oder in zwei Richtungen wirkt und mit oder ohne Mittelstellung arbeitet, unterscheidet man zwischen einfach und doppelt wirkenden Hubmagneten beziehungsweise



■ Bild 1: Miniaturhubmagnet (HMF-0806) mit ziehender Wirkung

Doppelhubmagneten sowie Umkehrhubmagneten. Ein Betätigungsmagnet, der aktiv in zwei Richtungen arbeitet, wird auch als bidirektional wirkender Magnet bezeichnet. Nach Bauform geordnet gibt es hauptsächlich offene und geschlossene Bügelmagnete sowie Zylindermagnete. Bei offenen Bügelmagneten sitzt die Spule in einem u-förmigen Metallbügel. Diese Variante ist preiswert, verhältnismäßig leicht und wird aufgrund des geringeren Wirkungsgrades gern für kleinere Bauformen verwendet. Bei geschlossenen Bügelmagneten umfasst der Rahmen mindestens vier Seiten der Spule. Hochwertige Bügelmagnete bestehen aus einem nahtlos geschlossenen Rahmen und verfügen damit über einen hohen Wirkungsgrad. Sie finden sich im Bereich mittlerer und hoher Kräfte vor allem bei Industrieanwendungen wieder (Aufmacherbild).

Drehmagnete besitzen eine Welle, die bei Bestromung der Spule um einen bestimmten Winkel dreht. Auch sie sind in der Basisform unbestromt kraftlos. Eine Rückbewegung in die Ausgangsposition erfolgt beispielsweise durch ergänzende Rückholfedern. Drehmagnete arbeiten

sehr präzise, stellen aber fertigungstechnisch ebenso hohe Anforderungen. Günstige Alternativen sind Hubdrehmagnete. Sie bieten einen klaren Preisvorteil, wenn die geringe axiale Verschiebung mechanisch kompensiert wird oder für die Anwendung nicht störend ist.

Klappankermagnete wirken über einen beweglichen Anker. Er wird wie ein Hebel von der Spule angezogen und führt eine Art klappende Bewegung aus. Klappankermagnete finden millionenfach Anwendung in Relais, um über die Hebelwirkung Schaltkontakte zu öffnen und zu schließen. In der Regel sind sie mit einer Rückholfeder ausgestattet, die den Anker in die Ausgangsposition zurückholt.

## Auswahlkriterien für Magnete, Verschleiß und Alterung

Zu den wesentlichen Auswahlkriterien eines Magneten zählen in erster Linie die Haltekraft bei passiven Magneten und der Kraft-Hub-Verlauf bei aktiven Magneten. Dazu kommen die Art der Bewegung, Baugröße, ergänzende Funktionen (zum Beispiel arretierend oder bidirektional) und Lebensdauer. Als Faustregel gilt: Der optimale Magnet ist der, der bei kleinster Bauform die erforderlichen Kräfte mit ausreichender Toleranz nach oben liefert und der mechanischen Belastung standhält.

Wie alle elektromechanischen Bauteile verschleißt auch Elektromagnete. Passive Magnete altern hauptsächlich durch Korrosion, aktive Elektromagnete durch die mechanische Belastung. Der Verschleiß ist ein schleichender Prozess und der Punkt der Funktionsunfähigkeit hängt stark von der Applikation ab. So testet beispielsweise Tremba mit eigenen Vorrichtungen die Lebensdauer nach



■ Bild 2: Aktive Elektromagnete: Zylindermagnet mit Druckstift, Kurzhubmagnet, nahtloser Industriebhubmagnet mit doppelt gelagertem Tauchkern für maximale Zyklen, Low-Cost-Hubmagnet mit ziehender Wirkung und Arretierung, Miniaturhubmagnet mit einer Auflagefläche kleiner als ein 1-Cent-Stück (Mitte)

Modell	$I_{\text{nenn}}$ bei 100%		$I_{\text{nenn}}$ bei 50%		$I_{\text{nenn}}$ bei 25%		$I_{\text{nenn}}$ bei 10%		$I_{\text{nenn}}$ bei 5%	
	kalt	warm	kalt	warm	kalt	warm	kalt	warm	kalt	warm
GY030-2.5006	1,0	0,6	1,4	0,9	2,0	1,3	3,2	2,1	4,5	3,0
GY040-3.5007	1,5	1,1	2,1	1,5	3,0	2,2	4,7	3,5	6,7	5,0
GY050-3.5007	1,8	1,3	2,6	1,8	3,7	2,6	5,8	4,1	8,2	5,9

■ Tabelle 1: Stromwerte bei unterschiedlichen Temperaturen (spannungsgesteuert); warm: betriebswarme Spule bei Raumtemperatur; kalt: Spulenteperatur 20 °C

sehr strengen Kriterien, sodass die angegebenen Zyklen in der Regel weit überschritten werden können. Ein ungefährer Richtwert nach diesem Test liegt bei Low-Cost-Hubmagneten mit metallischer und einfacher Hülsenlagerung bei 200.000 bis 300.000 Zyklen.

Insbesondere hochwertige Betätigungsmagnete mit gelagerten Kernen beziehungsweise Wellen sind bei sachgemäßer Anwendung äußerst robust. Sie überleben viele Millionen Schaltzyklen ohne Wartungsaufwand. Eine solide und frühzeitige Beratung im Applikationsdesign zahlt sich hier aus: Die Reklamationsquote von Magneten von Markenherstellern ist äußerst gering. Und bei korrosionsfördernden Einsatzbedingungen stehen spezielle Beschichtungen und andere Schutzmaßnahmen zur Verfügung.

## Magnete richtig ansteuern – eigentlich ganz einfach

Im Prinzip ist das Ansteuern von Elektromagneten einfach: Strom an = Magnet wirkt, Strom aus = Magnet ist kraftlos. Außerdem spielt die Polarität zumindest bei den meisten einfach wirkenden Magneten keine Rolle. Auch können die Nutzwerte über die Stromstärke massiv beeinflusst werden, unter anderem Kraft, Hubweg und Schaltgeschwindigkeit. Grundsätzlich gilt: „mehr Strom, mehr Kraft“. Dem sind natürlich Grenzen gesetzt und der Grundsatz ist abhängig von Modell, Funktionsweise und Qualität. So kann bei arretierenden Hubmagneten oder lösenden Haftmagneten ein Übersteuern nachteilig sein. Professionelle Lieferanten stellen die entsprechenden Ansteuerwerte zur Verfügung. Wichtig ist, Elektromagnete in der Beschaltung nicht als ohmsche Last zu betrachten. Bereits mit dem Zuschalten von Dioden und Kapazitäten lassen sich Schaltgeschwindigkeiten erhöhen und Kontaktbrand minimieren. Eine zusätzliche Drossel in der Stromversorgung minimiert die Restwelligkeit, sichert den Betrieb auch empfindlicher Halbleiter und rundet damit eine saubere Beschaltung ab.

Wer sich Schaltungsaufwand sparen will, kann für die Ansteuerung auch von doppelt wirkenden und arretierenden Hubmagneten auf gängige Motortreiber zurückgreifen. Die Auswahl ist jedoch nicht sehr groß und die Leistungswerte preisgünstiger Treiber sind begrenzt. Erfahrene Magnetlieferanten führen deshalb in ihrem Sortiment auch fertige Steuerungen.

## Übersteuern für höhere Kräfte und Hubwege

Das Übersteuern dient dazu, höhere Kräfte und (bei aktiven Elektromagneten) weitere Hubwege zu erzielen. Übersteuern heißt, dass der Magnet mit höheren Strömen betrieben wird, als für den Dauerbetrieb ausgelegt und zulässig ist. Das Ziel ist, den kleinstmöglichen Magneten für eine Applikation zu finden, um Platz, Gewicht und Geld zu sparen.

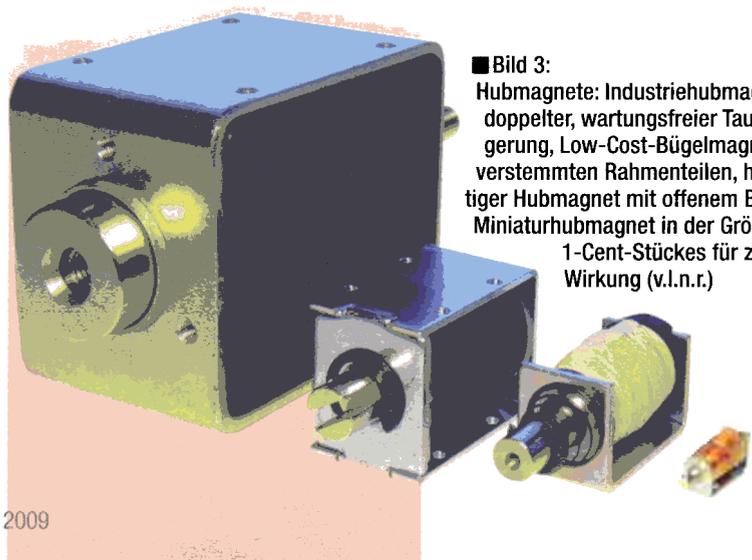
Als Maß für das Übersteuern wird der Begriff der relativen Einschaltdauer (ED) verwendet. Die relative Einschaltdauer ist streng genommen lediglich das prozentuale Verhältnis zwischen eingeschalteter Zeit und Dauer des gesamten Schaltzyklusses. Magnete, die für 100% relative ED ausgelegt sind, können demnach dauerhaft eingeschaltet sein, ohne zu überhitzen. Je geringer die relative ED ist, umso stärker kann übersteuert werden.

So wird der Begriff gern direkt als Maß für eine Übersteuerung verwendet. Dabei ist zu beachten, dass Stromstärke und Übersteuerung nicht linear zueinander verlaufen. So weist ein 12 V, 25% Magnet das gleiche Kraftverhalten auf wie die Ausführung für 6 V, 100%. Das ist anfänglich irritierend, weshalb viele Lieferanten gleiche Magnete mit unterschiedlicher Auslegung als verschiedene Modelle anbieten.

Die Grenze der Übersteuerung wird bestimmt durch das modellspezifische Temperaturverhalten und die mechanische Material- und Verarbeitungsgüte. Bei Low-Cost-Magneten (Bild 3) liegt sie bei ca. 10% rel. ED, hochwertige Magnete nach Industrienorm liegen im Allgemeinen bei 5% und tiefer. Vorsicht ist jedoch hinsichtlich der Erwärmung geboten: Je stärker die Übersteuerung, umso kürzer muss die absolute Einschaltdauer gewählt werden.

## Unterschiede in den Ausführungen

Zu den häufigsten Fragen bei den ersten magnetischen Gehversuchen gehört auch, ob die 24 V, 100% Ausführung eines Magneten „stärker“ ist als das gleiche Modell mit niedriger Nennspannung, zum Beispiel 12 V, 100%. Grundsätzlich ist das nicht so, denn es zählt die elektrische



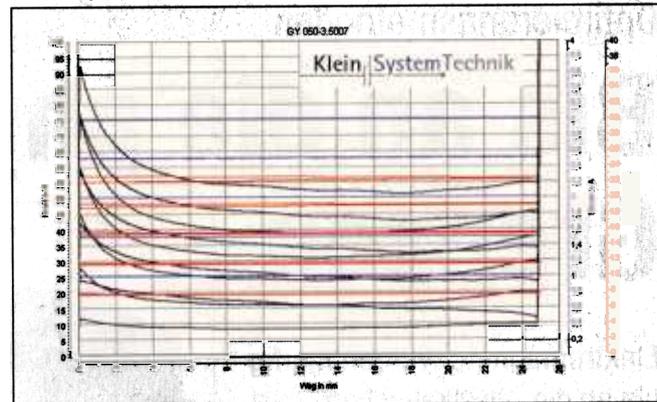
■ Bild 3: Hubmagnete: Industriebauglied mit doppelter, wartungsfreier Tauchkernlagerung, Low-Cost-Bügelmagnet mit verstemten Rahmenteilern, hochwertiger Hubmagnet mit offenem Bügel, Miniaturhubmagnet in der Größe eines 1-Cent-Stücks für ziehende Wirkung (v.l.n.r.)

Leistung, unabhängig davon, für welche Spannung die Spule gewickelt ist. Trotzdem ist diese Frage berechtigt, denn die Wicklung der Spule hat durchaus Einfluss auf das Kraftverhalten. Diese Unterschiede sind für die meisten Anwendungen aber vernachlässigbar und in der Regel geringer als die natürliche Toleranz des Magneten.

## Temperaturverhalten des Elektromagneten

Wesentlich wichtiger ist das Temperaturverhalten. Die Temperatur beeinflusst die Kraftwerte von Elektromagneten in hohem Maß: je höher die Temperatur, umso größer der Spulenwiderstand und damit (bei spannungsgeregelter Ansteuerung) umso geringer die Kraft. Hier sind entsprechende Temperaturdiagramme wertvoll, aus denen sich die Auslegung einer Ansteuerung für einen sicheren Betrieb ableiten lässt (Tabelle 1). Optimal sind Kraftmessungen entsprechend der DIN/ISO0580 oder der echten

■ Bild 4: Professionelles Kraft-Weg-Diagramm mit Beispielmessungen des GY050-3.5007 (Tremba) und Hystereseverhalten



Erwärmungscharakteristik. Für hochspezialisierte Anwendungen stehen deshalb auch Diagramme zur Verfügung, die das Hystereseverhalten aufzeigen (Bild 4). Zu Gunsten der Übersichtlichkeit wird die Hysterese im Allgemeinen gern ausgeblendet.

Die Temperatur beeinflusst aber nicht nur die Elektromechanik. Insbesondere bei magnetisch arretierenden Magneten

sollte die Temperaturresistenz bei entsprechenden Umgebungsbedingungen beachtet werden. (kr)

Tremba

Tel. +49(0)8165 924348

[www.elektronikpraxis.de](http://www.elektronikpraxis.de)

Hub- und Elektromagnete bei Tremba

InfoClick

296601