

Grundlagen des Magnetismus (1)

Im Rahmen dieser Beitragsreihe sollen die Grundlagen des Magnetismus vorgestellt werden. Dabei geht es zunächst um Dauermagnetismus mit Permanentmagneten, die ihr statisches Magnetfeld auch ohne ständige Energiezufuhr beibehalten und in späteren Folgen um den Elektromagnetismus, der zur Aufrechterhaltung des Feldes immer einen elektrischen Stromfluss benötigt.

Bereits im Altertum kannte man die Eigenschaft gewisser eisenhaltiger Körper, Kräfte und Drehmomente auf ähnliche oder auch auf andere Eisenkörper auszuüben. Diese Stoffe, die erstmalig in Kleinasien in der Gegend Magnesia gefunden wurden, erhielten den Namen »Magnete«. Heute kann man solche »Dauermagnete« auch künstlich herstellen. In den letzten Jahrzehnten erzielte man bei der Herstellung von Dauermagneten sehr große Fortschritte, indem man Legierungen mit bestimmten Elementen, den sog. »seltenen Erden«, verwendet. Dadurch lassen sich besonders starke Dauermagnete, oder wie man auch sagt, »Permanentmagnete«, herstellen (Bild 1). Samarium-Cobalt (SmCo) beispielsweise ist eine Legierung des Seltenerdmetalls Samarium (Sm) mit dem Metall Cobalt (Co) und wird vorrangig als SmCo_5 oder $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ in Permanentmagneten verwendet. Seit Mitte der 80iger Jahre sind Neodym- oder NdFeB-Magnete im Ein-

Prof. Dr.-Ing. H. Biechl
Werner-von-Siemens-Labor
für Elektrische Antriebe
und Mechatronik
Hochschule Kempten

satz. Sie bestehen hauptsächlich aus einer intermetallischen Verbindung des Seltene Erde Elements Neodym (Nd) sowie Eisen (Fe), das teilweise durch Kobalt (Co) ersetzt sein kann. Das Halbmetall Bor (B) bestimmt maßgeblich die Kristallstruktur der Magnete. Neodym-Magneten

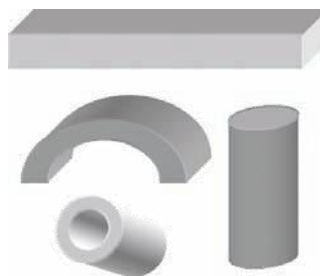


Bild 1: Beispiele für Dauermagnete: rechteck-, schalen-, stab- oder ringförmig. Die Magnetisierungsrichtung erfolgt auf Kundenwunsch

sind relativ stark korrosionsanfällig und haben nur einen eingeschränkten Einsatztemperatur.

Obwohl man sich die Ursache des Magnetismus über lange Zeit nicht erklären konnte, studierte man sehr gründlich das Wesen des Magnetismus. Man stellte folgendes fest:

- In der Umgebung von Magneten treten Kräfte auf andere Magnete und Eisenteile auf. Diese Kräfte nehmen mit zunehmendem Abstand ab.
- Die Wirkungen sind nicht an ein bestimmtes Medium gebunden, sie treten auch im Vakuum auf.
- Außer bei Eisen entstehen diese Kräfte noch bei Nickel, Kobalt und Legierungen aus diesen und mit anderen Stoffen.
- Der Raum, in dem diese Wirkungen erkennbar sind, wird Magnetfeld genannt. Bringt man ein unmagnetisches Eisenstück in ein Magnetfeld, so wird es selbst zu einem Magneten. Diesen Vorgang be-



Bild 2: Gleichnamige Pole stoßen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an

Bild 3: Bei Zerlegung eines Magneten in zwei Teile entstehen zwei neue, vollständige Magnete

zeichnet man mit »Magnetisierung«.

- Die Kraftwirkung eines Magneten ist an zwei Stellen am größten. Diese Stellen bezeichnet man als Pole.
- Jeder Dauermagnet hat zwei unterschiedliche Pole.

Nimmt man eine frei bewegliche Magnetenadel, wie sie z. B. im Kompass enthalten ist, so stellt man fest, dass sie sich so ausrichtet, dass die eine Spitze nach Norden und die andere nach Süden zeigt. Deshalb spricht man bei einem Magneten vom Nord- bzw. Südpol.

Grundlegendes zum Magnetismus

Dass jeder Dauermagnet zwei entgegengesetzte (man sagt auch ungleichnamige) Pole hat, folgt aus einem Experiment, bei dem man die Kräfte untersucht, die zwei Dauermagnete aufeinander ausüben (Bild 2).

Die Pole sind farblich markiert. Rot kennzeichnet einen Nordpol, Grün einen Südpol. Aus den Beobachtungen ergeben sich folgende Erkenntnisse:

1. Gleichartige (= gleichnamige) Magnetpole stoßen sich ab, ungleichartige (= ungleichnamige) Magnetpole ziehen sich an.
2. Magnetisiert man einen länglichen, dünnen Eisenstab in Längsrichtung, so wird dieser, wie bereits erwähnt, selbst zu einem Magneten. Teilt man anschließend diesen Stab in viele kleine Einzelstäbe, so erhält man wiederum kleine Magnete (Bild 3). Es ist nicht möglich, durch Teilung einzelne Pole herzustellen.
3. Magnetpole treten immer paarweise auf, d.h., sie bestehen aus Nord- und Südpol.

4. Ebenso wie ein elektrisches Feld oder auch ein Gravitationsfeld lässt sich ein Magnetfeld durch Feldlinien veranschaulichen. Die Tangente an die Feldlinie in einem bestimmten Punkt gibt die Richtung des magnetischen Feldes genau in diesem Punkt an. Durch eine kleine, drehbar gelagerte Magnetenadel lässt sich ein Magnetfeld bezüglich der Richtung ausmessen. Sie richtet sich genau in Feldrichtung aus. Bild 4 zeigt das Feldlinienbild eines Stabmagneten. Da die Richtung des Magnetfeldes mit der Richtung der Kraft auf ein kleines Eisenteil übereinstimmt, werden Feldlinien auch als Kraftlinien bezeichnet.

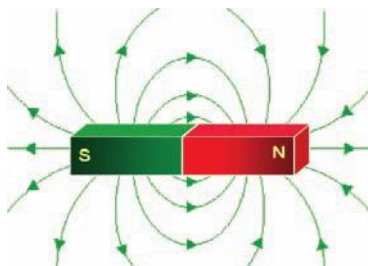


Bild 4: Feldlinien eines Stabmagneten

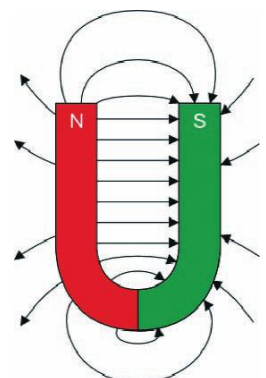


Bild 5: Magnetfeld eines Hufeisenmagneten

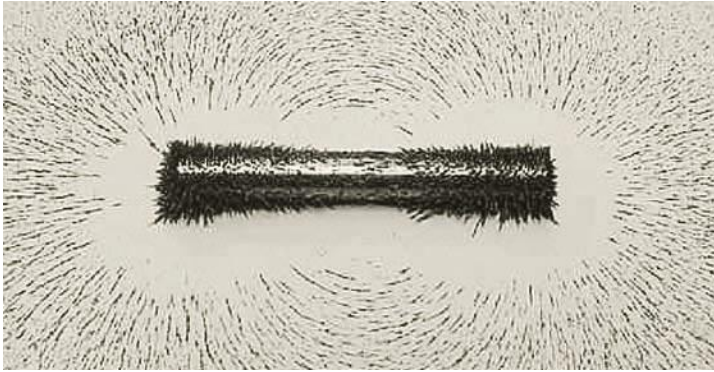


Bild 6: Eisenfeilspäne visualisieren das Feld eines Stabmagneten

Zu beachten ist jedoch, dass die Kraft, die entlang einer Feldlinie wirkt, im Allgemeinen variiert, also nicht konstant ist.

5. Da es keine magnetischen Monopole gibt (Monopole = Pole, die nicht paarweise, sondern einzeln vorkommen), sind

magnetische Feldlinien immer geschlossen. Sie haben keinen Anfang und kein Ende (in Bild 4 schließen sich die Feldlinien im Inneren des Stabmagneten). Bei elektrischen Feldern ist dies anders. Hier gibt es sowohl positive als auch negative Ladungen, die einzeln auftreten können (z. B. mit einem Bandgenerator erzeugt) und somit Anfang oder Ende einer Feldlinie sein können.

6. Der Verlauf des magnetischen Feldes, d. h. der Feldlinienverlauf, lässt sich heute, je nach Geometrie des Magneten, mit mehr oder weniger Aufwand exakt berechnen (Bild 5). Unter Umständen sind hierfür allerdings umfangreiche Feldrechnenprogramme erforderlich. Durch spezielle Sonden, z. B. Hall-Sonden, lässt sich das Magnetfeld auch messtechnisch erfassen. Früher hat man gelegentlich Eisenfeilspäne auf ein Blatt Papier gestreut und dieses etwas geschüttelt. Dadurch ordnen sich die winzigen Eisenteilchen in Richtung der Feldlinien an, so dass der Verlauf des Feldes erkennbar wird (Bild 6). Außer für pädagogische Zwecke hat diese Vorgehensweise heute keine praktische Bedeutung mehr. Es muss auch noch darauf hingewiesen werden, dass Feldlinien in Wirklichkeit nicht vorhanden sind. Es handelt sich hierbei lediglich um eine Vorstellung, die sich allerdings hervorragend dafür eignet, den Verlauf des Feldes deutlich zu machen.

William Gilbert (* 24. Mai 1544 in Essex, England; † 10. Dezember 1603 in London oder Colchester) war ein englischer Arzt und als Physiker einer der Pionier der modernen naturwissenschaftlichen Forschung. Mit sorgfältig geplanten Experimenten erforschte er systematisch die Eigenschaften magnetischer Erze, untersuchte die elektrische Aufladung an unterschiedlichen Substanzen und unterschied als erster eindeutig zwischen Magnetismus und der statischen Elektrizität. Er vertrat die Ansicht, dass der Erdmagnetismus direkt mit der Drehbewegung der Erde zusammenhänge und die Planeten von einer Art magnetischer Kraft auf ihren Bahnen gehalten würden und dass die Erde insgesamt als ein einziger Magnet mit zwei Polen angesehen werden müsse. Das erste Buch über



den Magnetismus, d.h. die Lehre über das Wesen der Magnete, erschien im Jahre 1600 in London. Es hatte den Titel »Über den Magneten, die magnetischen Kräfte und den großen Magneten Erde«. Zeitgenossen Gilberts wie Johannes Kepler und Galileo Galilei schätzten seine Leistung als Physiker hoch ein.

