

# Magnettechnik kompakt

Aktuelle Anwendungen und Technologien mit Dauermagneten

## Magnete zur hochgenauen linearen Positionserkennung für Automobil- und Industrieanwendungen

Für hochgenaue lineare Positionserkennung in schmutzigen Umgebungen werden Dauermagnete als kostengünstige Lösung eingesetzt. Die absolute Erkennung der Position basiert auf der Abtastung von zwei Feldkomponenten und kann nur durch eine sehr genaue Magnetisierung erreicht werden. Magnetfabrik Bonn hat sich auf kostengünstige polymergebundene Hartferritmagnete spezialisiert, die mit einer komplexen Magnetisierung die Sensoranforderung bestmöglich erfüllen. Mit einem Polabstand  $\ll 1\text{mm}$  bieten wir auch Lösungen für Anwendungen im  $\mu\text{m}$ -Bereich.

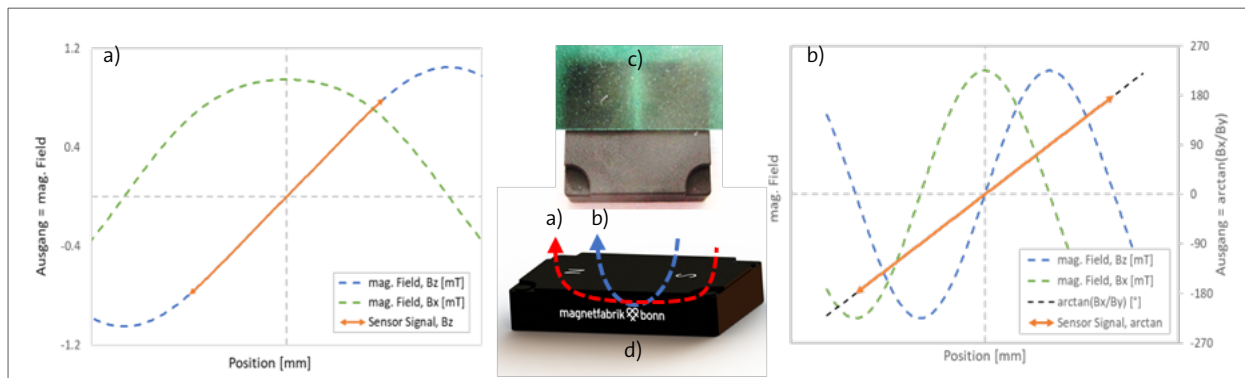


Abbildung 1: Messprinzipien zur linearen Positionserfassung – a) 1D-Sensor der axialen Feldkomponente – b) 2D-Sensor mit Winkelberechnung aus zwei Feldkomponenten – c) Visualisierung der Magnetpole – d) Schema des Magnets

Ein lineares Positionserkennungssystem misst die Position eines Objekts, wie zum Beispiel einer Welle, eines Kolbens oder eines Schalters, der nur in einer Richtung verschoben werden kann. Bei Anwendungen mit kleinen linearen Verschiebungen von bis zu mehreren zehn Millimetern, gibt es für raue Umgebungen sehr genaue und kostengünstige Magnet-

Sensor-Lösungen. Zu den Vorteilen gehören hohe Auflösungen, geringer Leistungsbedarf, berührungslose Messung, Miniaturisierungspotenzial sowie Robustheit gegenüber Temperatur und Schmutz. Da das Magnetfeld durch unmagnetische Materialien dringt und durch Schmutz und Wasser kaum beeinflusst wird, sind solche Systeme ideal für viele automobilen

und industrielle Anwendungen. Die Magnete mit komplexen Magnetisierungen und Geometrien werden aus kunststoffgebundenen Werkstoffen im Spritzgussverfahren kosten-

günstig hergestellt. Eine sachgemäße Handhabung ermöglicht einen Einsatz über mehrere Jahrzehnte.

## Die Details:

Positionserfassungssysteme verfügen über einen Magnet, der sich relativ zu einem Magnetfeldsensor bewegt. Der Sensor erkennt die Änderung der Stärke oder des Winkels des Magnetfelds und wandelt dies in eine Information über die lineare Position um.

Bei klassischen Anwendungen werden mehrpolige Magnetstreifen verwendet. Durch die Erfassung von Polübergängen mit einem digitalen Magnetfeldsensor wird die Verschiebung inkremental erfasst. Die Auflösung dieser Methode ist von der Polzahl und der Polbreitengenauigkeit begrenzt. – Die heutigen Anwendungen mit analogen Sensoren und die Verfügbarkeit von 2D- und 3D-Hallsensoren ermöglichen eine prinzipiell unbegrenzte Auflösung.

Es gibt zwei verschiedene Methoden der analogen absoluten linearen Positionserkennung.

Bei der 1D-Messung wird nur eine einzelne Komponente des Feldes abgetastet (Abb. 1a). Temperatur sowie eine axiale Positionstoleranz beeinflussen die Messung. Ein Positionserfassungssystem mit 1D-Sensoren muss mit nichtlinearen Sensorausgängen, kleineren Messbereichen und Messfehlern durch Lage-toleranzen des Sensors umgehen. Meistens wird die Nichtlinearität über eine Softwarelösung, z.B. Look-up-Tabellen, korrigiert.

Bei modernen Verfahren erfolgt die Erkennung durch einen 2D-Sensor, der an einem Ort zwei Komponenten des Magnetfeldes gleichzeitig

detektiert (Abb. 1b). Die beiden Signale können als Feldwinkelerkennung kombiniert werden, um Robustheit gegenüber Lageverschiebungen und Temperaturschwankungen zu erreichen. Ein lineares Sensorausgangssignal kann über einem weiteren Bereich der Magnetposition realisiert werden.

In kostengetriebenen Bereichen wie der Automobilindustrie hat sich die 1D-magnetische Positionserfassung trotz all dieser Mängel gegenüber der 2D-Erfassung durchgesetzt, weil die industrielle Herstellung von 2D- oder Winkel-Sensoren viel komplexer und kostspieliger ist als die Herstellung einfacher eindimensionaler Hall-Sonden. Heutzutage haben die Anwendungen für 2D-Sensorik durch magnetoresistive Winkelsensoren und durch die Entwicklung von Vertikal-Halls deutlich zugenommen.

Auf der Magnetgeberseite gibt es zahlreiche Umsetzungen. Die kostengünstigste und einfachste Variante ist die Verwendung von zylindrischen oder quaderförmigen Magneten, die entlang der Nutzlänge magnetisiert sind (Abb. 2a). Die Verschiebung erzeugt eine kontinuierliche Änderung der radialen und axialen Feldstärke. Der Magnet muss deutlich länger als der Messweg sein und benötigt daher viel Bauraum bei entsprechend erhöhten Materialkosten.

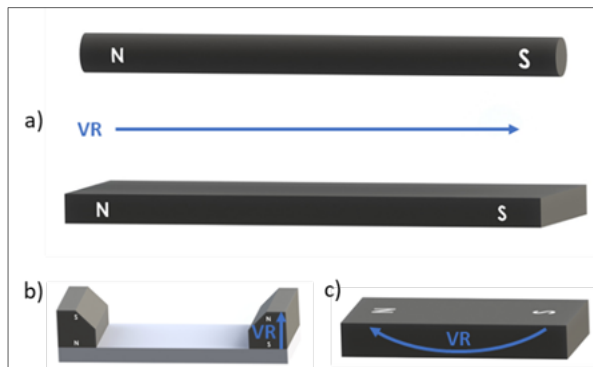


Abbildung 2: a) Rund- oder Blockmagnete mit axialer Vorzugsrichtung (VR) – b) Blockmagnete auf Polschuh montiert – c) Blockmagnet mit maßgeschneiderter Magnetisierung (im Magnetfeld anisotrop gespritzt)

Eine bessere Lösung ergibt sich aus der Kombination mit weichmagnetischen Teilen (Abb. 2b). Hier kann die Feldlinearität für eine kleinere Magnetsystemgröße optimiert werden. Allerdings ist der Gebermagnet komplexer und erfordert ein weiteres Teil und zusätzliche Fügetechnik, d.h. Verklebung oder Aufspritzen mit entsprechenden Mehrkosten.

Flexiblere Lösungen, die die Magnetgröße und Feldlinearität berücksichtigen, basieren auf einer maßgeschneiderten Magnetisierung des Gebers (Abb. 2c). Hierfür wurden bei Magnetfabrik Bonn Lösungen entwickelt, bei denen die benötigte komplexe Magnetisierung direkt in der Spritzform geprägt wird, um mit polymergebundenen Hartferritmagneten die Sensoranforderung bestmöglich und kostengünstig zu erfüllen.

Differenziell messende Sensoren bieten streufeldrobuste Lösungen, die in elektrischen Maschinen verwendet werden. Insbesondere in der e-Mobilität, z.B. in Bremssystemen, liegen die Sensoren nahe an Hochstromleitungen; hier hat sich das differenzielle Sensorprinzip etabliert.

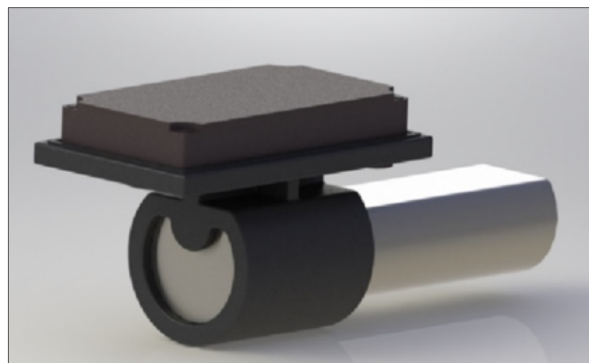


Abbildung 3: Linearmagnet mit Halter, Befestigung auf einer Achse

Heutzutage werden die Magnetgeber zusammen mit Befestigungskomponenten geliefert. Abb. 3 zeigt den auf einen Halter aufgespritzten Magnet. Magnetfabrik Bonn entwickelt mit Ihnen Ihren polymergebundenen Magnet, der auf Buchsen/Halter oder direkt auf die Welle/Achse aufgespritzt wird.

### Automobile Anwendungen

Linearmagnete spielen in einer Vielzahl von Automobilanwendungen eine wichtige Rolle. Eine häufige Verwendung besteht darin, die Position der Pedale zu messen und anschließend Daten an das Steuergerät zu liefern. Weitere Anwendungen umfassen den Einsatz in automatischen Getriebesystemen, beispielsweise zur Erkennung von Gangwechseln, zur Erkennung der Kupplungspedalposition und zur Bremserkennung, siehe Abb. 4.

In der Radaufhängung erkennen Linearsensoren den Weg der Stoßdämpfer und auch in der Servolenkung, bei ESP oder bei der Kurzrotati-on (Drosselklappe) helfen lineare Messprinzipien.

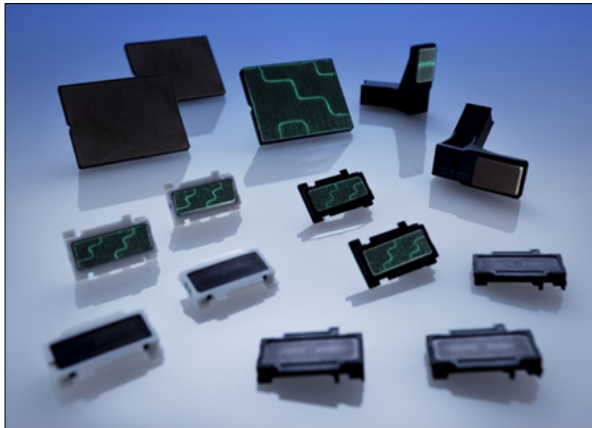


Abbildung 4: Beispiele linearer Magnetsysteme In der Getriebesteuerung (Magnetisierung teilweise mit Polfolie visualisiert)

### Industrie- und Verbraucheranwendungen

In der Industrie erkennen lineare Magnet-Sensor-Systeme die Position von Förderbändern, Zylindern, Zahnrädern und anderen beweglichen Objekten in Montagelinien und automatisierten Anlagen. Zu den Verbraucheranwendungen gehört der Einsatz dieser Sensoren in Geräten wie Druckern, Fotokopierern, 3D-Scannern, Joysticks und anderen hochgenauen Anwendungen.

### Lösung für längere Strecken

Magnetfabrik Bonn hat eine spiralförmige Magnetisierung für längere Wegmessung entwickelt und patentiert. Diese Magnetisierung kann praktisch unbegrenzt in der Länge auf Stabmagneten realisiert werden.

In der Anwendung können zwei 1D-Sensoren die radiale Feldkomponenten erfassen (Abb. 5), oder ein lateraler Winkelsensor erfasst ein zum Weg proportionales Winkelsignal. Da die beiden Sensoren gekoppelt und parallel zur Mittelachse des stabförmigen Gebermagnets bewegt werden und die Magnetachse zu den Radien der Sensoren in einem rechten Winkel

steht, bietet diese Anordnung eine sehr gute Linearität und Robustheit gegenüber Montagetoleranzen und Temperatur.

Wenn durch eine Magnetquerschnittsveränderung oder durch eine Abnahme des Abstandes von Gebermagnet zu Sensoren durch leichtes Kippen der Bewegungsachse zur Magnetachse die Feldstärke über die Position zunimmt, kann das Messverfahren gleichzeitig aus dem Verhältnis beider Feldkomponenten, der Feinerfassung der Position  $\arctan\left(\frac{B_1}{B_2}\right)$  und der absoluten Feldstärke  $\sqrt{B_1^2+B_2^2}$ , eine grobe digitale Entsprechung der Anzahl der erfolgten Durchgänge von  $0^\circ$  auf  $360^\circ$  bestimmen.

Diese Magnetisierung wurde von uns erfolgreich in Stabmagnete aus polymergebundenem isotropen Material implementiert; auch differenzielle Sensorprinzipien wurden erfolgreich angewendet.

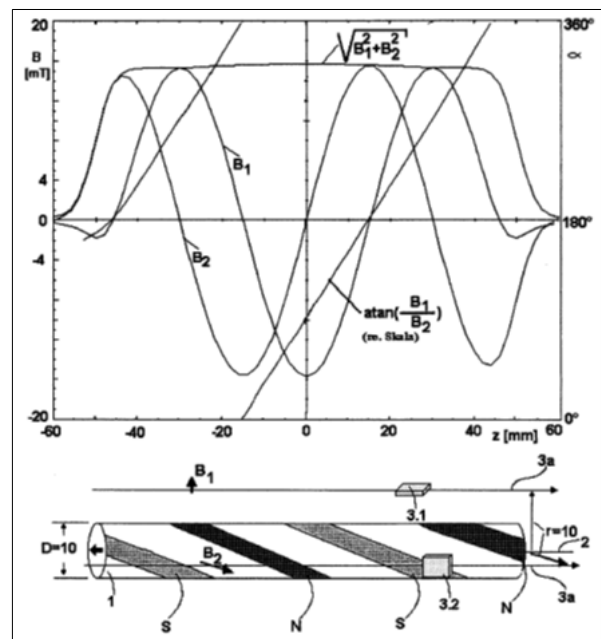


Abbildung 5: Differenzielles Messprinzip für spiralförmig magnetisierte Stäbe (Bild aus MFB-Patent DE19836599)

## Magnetisierung für $\mu\text{m}$ -Auflösung

Bei kleinen linearen Verschiebungen werden für eine hohe Auflösung Magnete mit sehr kleinem Polabstand (Abb. 6) verwendet.

Magnetfabrik Bonn hat eine bipolare Magnetisierungstechnologie entwickelt, die nicht schreibend, sondern im Magnetspulsverfahren erfolgt, um kostengünstig mit polymergebundenen Hartferritmagneten die Sensoranforderung zu erfüllen. Es können Polteilungen ab etwa  $500\mu\text{m}$  realisiert werden. Durch die bipolare Magnetisierung ist die Amplitude der Flussdichte deutlich höher im Vergleich mit strukturierten Magneten. Basierend auf diesem Verfahren kann bei flacher Geometrie das Offset des Signales unterdrückt werden.

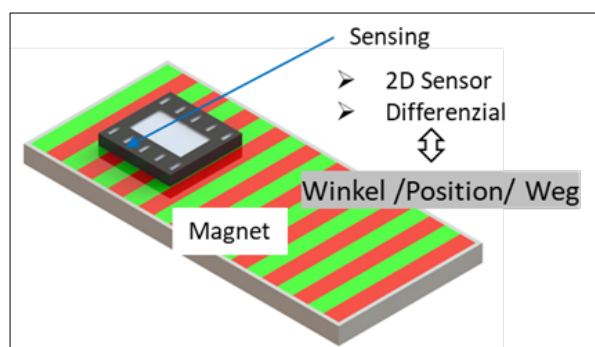


Abbildung 6: Bipolare Magnetisierung mit kleinem Polabstand

Abb. 7 zeigt ein Beispiel von Magnetisierungsmustern mit Polabstand  $500\mu\text{m}$ . Die Messung/Kontrolle der magnetisierten Spuren zeigt eine Genauigkeit beim Polabstand von unter  $20\mu\text{m}$ .

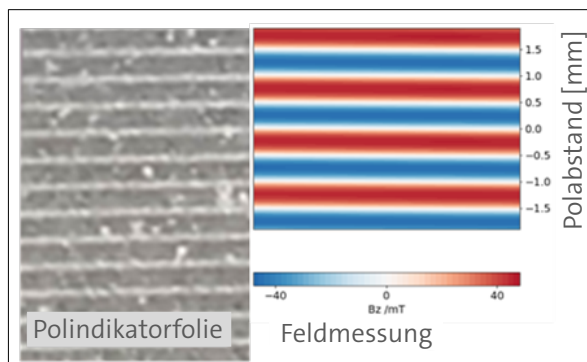


Abbildung 7: Magnetisierungsmuster mit Polteilung  $500\mu\text{m}$  für sehr feine lineare Positionserkennung

Das neu entwickelte mehrspurige Magnetisierverfahren ist sowohl in der absoluten Winkelerkennung für Robotergelenke als auch bei der Drehmomentsensorik anwendbar. Mit einem mehrspurigen Magnetring kann auch eine hochauflösende Winkelerfassung bis 20 Bit erreicht werden. So kann ein Drehmoment erfasst werden, indem mehrspurige Magnetringe und magnetische Winkelsensoren an zwei Enden eines Torsionsstabs angebracht werden.

Das kostengünstige Magnetmaterial und das trägerlose Design sind große Vorteile im Vergleich zu den auf dem Markt verfügbaren Magnetsystemen. Das ausgewählte Magnetmaterial, ein Hartferrit in PA-Matrix, ist (je nach thermischer und mechanischer Belastung) für Anwendungen bis  $160^\circ\text{C}$  geeignet. Je nach Anwendung kann der Werkstoff angepasst werden und das Magnetisierprinzip auf unterschiedliche Magnetgeometrien übertragen werden. Das Prinzip ist direkt auf lineare Messungen eines Mehrspurgebers übertragbar.

**Mit Ihnen entwickeln wir gerne  
die zu Ihrer Anwendung passende Magnetlösung.  
Gemeinsam zum Ziel. Fordern Sie uns!**