

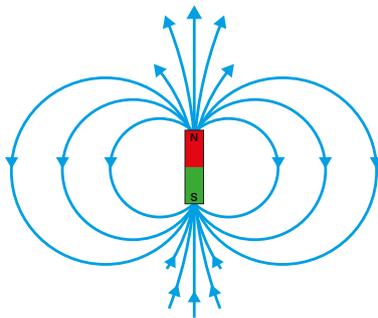
mainSENSOR: Störeinflüsse und wichtige Daten

1. Allgemeines

Diese TechNote soll das Verhalten von magneto-induktiven-Sensoren (MDS) in der Praxis beschreiben und wissenswerte Daten vermitteln. Das Hauptaugenmerk der folgenden Ausführung wird hier auf das Messprinzip und den Einfluss von Störgrößen gelegt. Um ein optimales und verlässliches Messsignal zu erhalten, müssen diese Einflüsse minimiert werden. Weitere Daten und Hinweise finden Sie in unserem Katalog.

2. Messprinzip

Der MDS-Sensor wertet den Abstand zwischen einem Dauermagneten und einem Sensorelement aus. Die Feldlinien des Magneten breiten sich in Luft gemäß nebenstehender Abbildung aus und treffen in einer bestimmten Entfernung auf das Sensorelement. Je weiter Sensorelement und Magnet voneinander entfernt sind, desto geringer ist die Magnetfeldstärke am Sensor. Eben dieser Zusammenhang wird zur Ermittlung des Abstandes genutzt. Um das bestmögliche Signal zu erhalten, muss der Magnet frontal zum Sensor entlang der Sensorachse bewegt werden, es sind aber auch versetzte Messungen möglich (Näheres siehe 3.3).



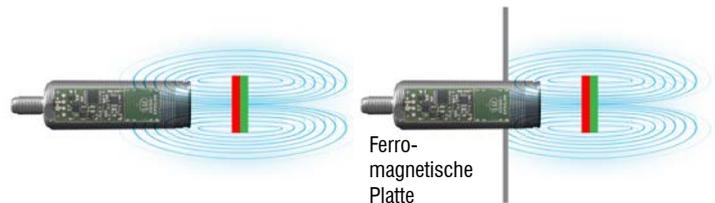
Das Messprinzip des Sensors beruht auf einer Erweiterung eines Wirbelstromsensors um ein magnetisch sensibles Element. Durch gegenläufige physikalische Effekte, ergibt sich ein linearer Zusammenhang zwischen Abstand und Ausgangssignal (Selbstlinearisierung). Um den vollen Hub zu erreichen, muss die Magnetfeldstärke ca. zwischen 2,5 mT und 22,5 mT variieren. Dies ist durch den mitgelieferten Neodym-Magneten ($B_r=1,1$) gewährleistet, es können aber auch andere Magnet verwendet werden.

3. Störgrößen

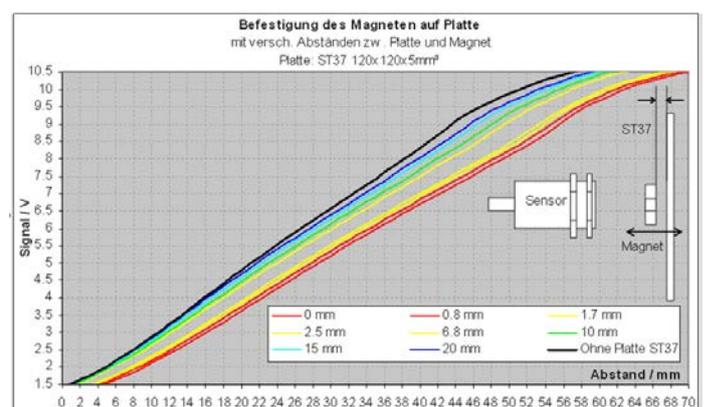
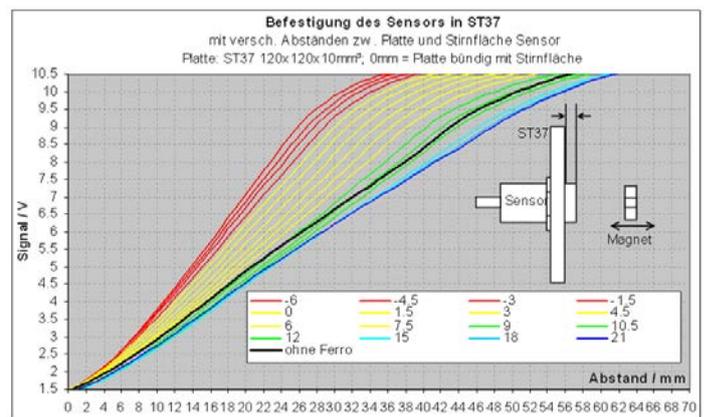
Jede Störung des am Sensor vorherrschenden Magnetfeldes hat nun natürlich auch Einfluss auf das Messsignal. Hauptstörgrößen sind zum Einen Fremdmagnetfelder (andere Magnete o. Elektromotoren) und zum Anderen eine Ablenkung/Schirmung des Nutzmagnetfeldes durch ferromagnetische Materialien (z.B. Montage-material). Solche Störungen resultieren dann in Änderungen von Linearität, Auflösung, Offset und Messbereich.

3.1. Einbaubedingungen

Ferromagnetische Materialien ziehen Magnetfeldlinien an und verändern deren Verlauf. Außerdem können diese Materialien nicht von ihnen durchdrungen werden. Vor allem bei der Montage des Sensors und des Magneten muss hierauf geachtet werden. Anhand des folgenden beispielhaften Feldlinienverlaufs soll verdeutlicht werden, wie sich durch ferromagnetische Materialien der Weg der Magnetfeldlinien verändert und somit das Messsignal beeinflussen kann.



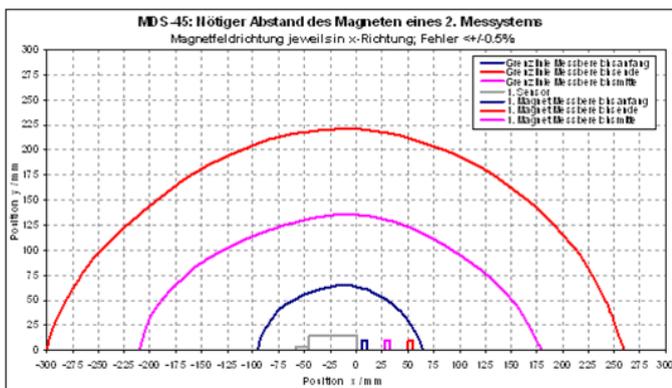
In Diagramm unten werden Signalverläufe in Abhängigkeit vom Über-/Unterstand des Sensors in einer ferromagnetischen Platte dargestellt. Das Zweite zeigt den Einfluss des Abstandes zwischen der Stahlplatte und dem Magneten auf das Ausgangssignal.



Für den Messaufbau und die Befestigung sollten ausschließlich nicht-ferromagnetische Materialien, wie z.B. Aluminium verwendet werden. Bei nicht-ferromagnetischen Edelmetallen muss darauf geachtet werden, dass durch mechanische Bearbeitung eine Magnetisierung stattfinden kann oder die Teile leicht ferromagnetisch werden können, was aber durch ein thermische Behandlung (Glühen) wieder rückgängig gemacht werden kann.

3.2. Fremdmagnetfelder

Nicht nur eine Änderung der Magnetfeldlinienverlaufs sondern auch zusätzliche Magnetfelder haben großen Einfluss auf das Messsig-



nal, da diese dem genutzten Magnetfeld überlagert werden. So können z.B. Targets von benachbarten Sensoren, magnetische Felder von Elektromotoren oder andere Magnetfelder Einfluss auf das Signal nehmen. Daher sollte man die Sensoren so anbringen, dass diese keinen zusätzlichen Magnetfeldern ausgesetzt werden. Außerdem sollte zwischen zwei benachbarten MDS-Sensoren der angegebene Abstand eingehalten werden, um den gegenseitigen Einfluss möglichst gering zu halten. Beispielhaft ist dies in der nebenstehenden Grafik am Beispiel eines 45mm-Magneten dargestellt. Je nach Stärke des verwendeten Magneten, verändern sich auch die Abstände, die eingehalten werden sollten.

Erdmagnetfeld

Die Stärke des Erdmagnetfeldes in Deutschland liegt bei 0,045 mT bis 0,049 mT, weltweit bei 0,030 mT bis 0,065 mT. Dieses Magnetfeld ist dem Magnetfeld des Targets überlagert und kann die Kennlinie des Sensors abhängig von der Ausrichtung des Sensors zum Erdmagnetfeld geringfügig verschieben.

3.3. Ausrichtung des Sensors zum Magneten

Der Signalhub des Sensors ist von 2,0 V - 9,6 V (4,0 mA - 19,2 mA) definiert. Der Startpunkt von 2 V entspricht je nach Typ einem mechanischen Offset von 2-5 mm zwischen Sensorakante und Startpunkt.

Aufgrund von Fertigungstoleranzen und Toleranzen des Magneten, kann dieser Punkt jedoch variieren. Es wird deshalb empfohlen,

den Offset durch Positionierung des Sensors oder des Magneten schon so einzustellen, dass der Nullpunkt der Messung bei 2,0 V liegt. Näheres kann der Montageanleitung und dem Katalog entnommen werden. Auch die Steigung der Kennlinie ist Toleranzbehaftet. Bei einem Austausch des Magneten und erneuter mechanischer Einstellung auf den 2 V-Punkt, kann die Steigung um ca. 1% d.M. abweichen.

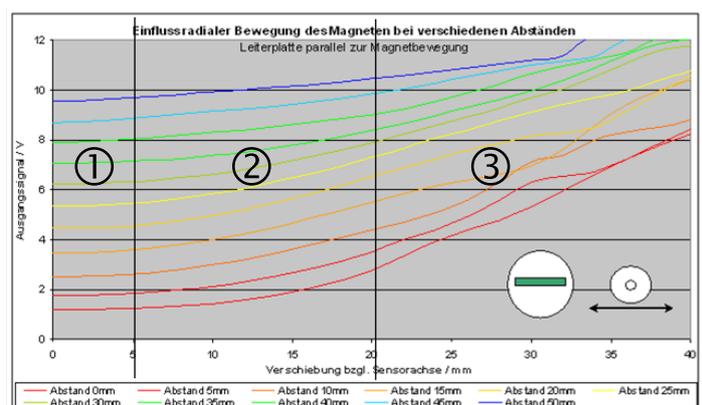
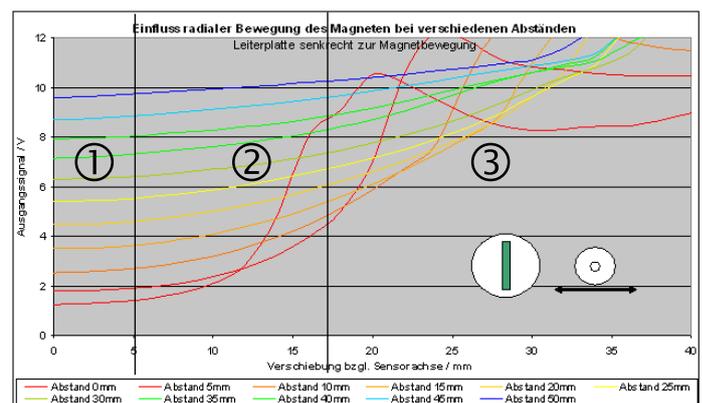
Abweichung des Magneten von der Sensorachse

Wie bereits erwähnt muss sich der Magnet entlang der Sensorachse bewegen, um einen linearen Signalverlauf zu erlangen. Ein Versatz hat hier je nach Abstand des Magneten einen mehr oder weniger großen Einfluss. Es können hier zwei Extremfälle unterschieden werden: ein Versatz quer und entlang des Sensorelements.

Versatz des Magneten -

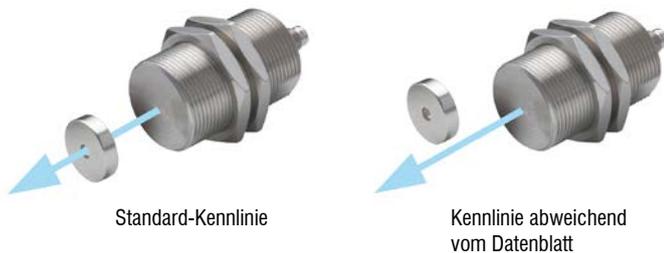
Die beiden Diagramme können in 3 Bereiche eingeteilt werden.

- ① Geringe seitliche Verschiebung:
Messung ohne größere Einflüsse
- ② Mittlere seitliche Verschiebung:
Kennlinie deutlich verändert - Messung aber möglich
- ③ Große seitliche Verschiebung:
Keine sinnvolle Messung möglich



Vergleichbarkeit - nur bei Sensoren mit zylindrischem Gehäuse

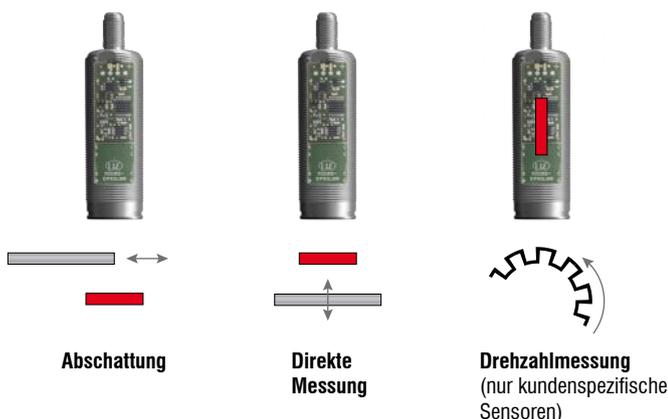
Ein wichtiger Punkt für das Erreichen einer Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Messungen, ist die Ausrichtung des Sensors. So ist darauf zu achten, dass das Sensorelement im Inneren des Sensors im Verhältnis zum Magneten immer identisch ausgerichtet ist. Zu erkennen ist dies an den Schlüsselflächen am hinteren Ende des Sensors. Das Sensorelement steht senkrecht (M30/M18) bzw. parallel (M12) zu den Schlüsselflächen. Dies ist vor allem bei einem seitlichen Versatz des Magneten entscheidend.



Vorspannen eines Sensors

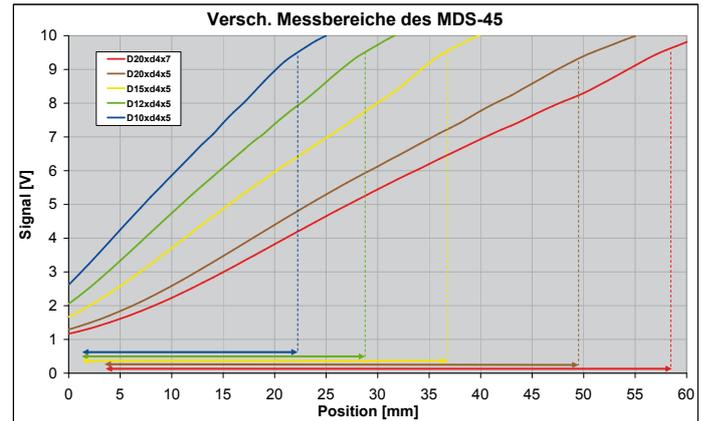
Unter „Vorspannen“ eines magneto-induktiven Sensors versteht man eine gezielte Ausnutzung von dem in 3.1. beschriebenen Einfluss von ferromagnetischen Stoffen auf das Ausgangssignal. Beim Vorspannen bleibt der Abstand zwischen Sensor und Dauermagnet konstant und es wird auf ein bewegtes ferromagnetisches Objekt gemessen. Da dieser Effekt jedoch nicht so stark ausgeprägt ist, wie der eigentliche Messeffekt, reduziert sich der Messbereich auf nur wenige Millimeter. Auch die oben angegebene Selbstlinearisierung wird hierdurch umgangen, wodurch die Linearitätsabweichung deutlich ansteigt, sofern keine nachträgliche Linearisierung vorgenommen wird. Bei dieser Art Einsatz sind mehrere Anordnungen denkbar; bessere Ergebnisse können bei OEM Projekten dadurch erreicht werden, dass der Magnet bereits im Sensor platziert wird.

- █ Magnet
- █ ferromagnetisches Objekt



4. Änderung des Messbereichs

Durch den Einsatz verschiedener Magnete kann der Messbereich und das Ausgangssignal verändert werden.



5. Nützliche Daten

Transportbestimmungen

Beim Transport von magnetischen Materialien muss die IATA-Verpackungsvorschrift 902 beachtet werden. Nach dieser Vorschrift sind die Magnete mit der angebrachten Transportsicherung nicht transportbeschränkt. Die maximal festgestellte Feldstärke in 2,1 m Entfernung ist geringer als 0,159 A/m (0,002 Gauß) und es liegt keine nennenswerte Kompassabweichung (> 0,5 Grad) vor.

Steckertypen

Die verwendeten Steckertypen sind aus der Serie Binder 718 (M8x1). Auf Anfrage stehen für manche Typen oder Serienanwendungen auch andere Steckertypen zur Verfügung.

Materialien

- MDS-45-M30/M18/M12:
 - Gehäuse: Edelstahl (1.4404)
 - Muttern: Edelstahl (1.4571)
- MDS-45-M18-HP
 - Gehäuse: Edelstahl (1.3964; Nitronic HS50)
- MDS-45-K:
 - Gehäuse: Hotmelt (Thermelt® 867)
 - Hülsen: Messing vernickelt

- Versorgungs- und Anschlusskabel:

Griffkörper: Kunststoff TPU

Dichtung: Kunststoff FPM/FKM

Kabel: PUR, halogenfrei

Überwurfmutter: Metall, CuZn, vernickelt

Antwortzeit

Die Zeitverzögerung zwischen Eingang und Ausgang beträgt konstant 40 μ s (getestet bei 50 Hz -3 KHz; sinusförmige Anregung).

6. Wissenswertes zu Dauermagneten

NdFeB-Magnete im Hochvakuum

Die Magnetischen Eigenschaften dieser gesinterten Magnete werden vom Unterdruck des Hochvakuums nicht beeinflusst, können also bedenkenlos eingesetzt werden. Allerdings lassen diese Magnete etwas Gasdiffusion zu. Für leichte Gase, insbesondere Wasserstoffe wirken NdFeB-Magnete wie ein Schwamm. Außerdem wirkt H_2 -Gas, das häufig als Lecksuchgas eingesetzt wird zerstörend auf die Magnete. Alternativ kann der Magnet natürlich geschützt in einem druckdichten, nicht-ferromagnetischen Gehäuse verbaut werden.

Temperatureinfluss und Alterung

(Auszug aus einem Artikel der Magnetfabrik Bonn 01/2008, MFB Praxis)

Bei typischen Anwendungen von Dauermagneten [...] werden die Magnete über die Lebensdauer Temperaturschwankungen ausgesetzt, die sich auf die magnetischen Eigenschaften auswirken. Dabei sind verschiedene Arten der Belastung wie z. B. zyklische Belastung, Langzeitbelastung etc. zu unterscheiden. Während von den Herstellern von Dauermagnetwerkstoffen Werkstoffkennwerte für verschiedene Temperaturen zur Verfügung gestellt werden, können daraus die für die Anwendung relevanten Auswirkungen unter den verschiedenen Belastungen nur unzureichend abgeleitet werden. Gerade bei Sensoranwendungen ist ein Verständnis der Vorgänge, die eine Schwächung von Magneten über Zeit und Temperatur bewirken, von grundlegender Bedeutung für die Systemauslegung. [...]

Die Eigenschaften aller magnetischen Werkstoffe zeigen eine mehr oder weniger starke Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur. Physikalisch ist der Einfluss der Temperatur durch die Entmagnetisierungskurven in Abhängigkeit von den Temperaturen vollständig beschrieben. Da die Entmagnetisierungskurven meist auf die Kennwerte Remanenz B_r , Koerzitivfeldstärken H_{cB} und H_{cJ} sowie maximales Energieprodukt $(BH)_{max}$ reduziert werden, dokumentieren die Werkstoffhersteller im Allgemeinen die hierzu passenden

Koeffizienten der linearen Änderung mit der Temperatur. [...] Auf der Webseite der Magnetfabrik Bonn können im Bereich „Produkte“ die magnetischen Kennwerte und die Entmagnetisierungskurven bei verschiedenen Temperaturen heruntergeladen werden.

Für den Anwender liefert die physikalische Werkstoffbeschreibung oft nicht die praktischen Aussagen zur Bewertung seiner Applikation. Hierbei ist häufig die Frage viel wichtiger, wie sich das Magnetfeld eines Dauermagneten an einer festen Position unter Temperatur und Zeit verändert. An dieser Stelle zeigen sich qualitativ unterschiedliche Auswirkungen, die im Folgenden kurz beschrieben werden. Dabei treten alle drei Effekte gemeinsam auf und müssen daher in der Summe betrachtet werden.

Reversibler Einfluss

Annähernd proportional zur Remanenz und unabhängig von der Magnetisierungsart und Form des Magneten ändert sich das Magnetfeld reversibel mit der Temperatur. Da diese umkehrbare Änderung in erster Näherung linear ist, d. h. einer konstanten Zu- und Abnahme pro Grad Celsius entspricht, reicht zur Beschreibung ein Kennwert, der in etwa dem Koeffizienten $\alpha(BR)$ entspricht. Als Beispiel bedeutet ein $\alpha(BR) = 12 \%/100 \text{ K}$, dass sich das Magnetfeld an jedem Ort pro Grad Celsius um 0,12 % bezogen auf den Raumtemperaturfeldwert ändert.

Irreversible Verluste über Temperatur

Bei Seltenerdmetallwerkstoffen nimmt bei zunehmender Temperatur nicht nur die Remanenz sondern auch das Koerzitivfeld ab, d. h. die beiden Koeffizienten $\alpha(BR)$ und $\beta(HcJ)$ sind negativ. Bei Hartferriten nimmt hingegen bei tiefen Temperaturen das Koerzitivfeld ab, d. h. $\beta(HcJ)$ ist positiv. Das Koerzitivfeld beschreibt die Stabilität gegenüber einer Entmagnetisierung, d. h., es kann bei Seltenerdmetallmagneten unter erhöhter Temperatur und bei Hartferriten bei tiefer Temperatur eine teilweise Entmagnetisierung auftreten. **Dies führt zu einer Änderung des Magnetfeldes beim erstmaligen Erreichen der jeweiligen Temperatur. Der Verlust wird durch die Rückführung der Temperatur nicht mehr kompensiert und ist daher irreversibel.** Durch den Abfall der Magnetisierung und damit des hiervon erzeugten selbstentmagnetisierenden Feldes stabilisiert sich die Abschwächung von selbst. Eine weitere Abnahme erfolgt beim wiederholten Aufheizen bzw. Abkühlen bei gleicher Temperatur nicht mehr oder nur noch gering. Anders als die reversible Feldänderung sind die irreversiblen Verluste komplexer in der Beschreibung und nicht nur vom Magnetwerkstoff sondern auch von der Form des Magneten und der Art der Magnetisierung sowie ggf. aufgebrachtten externen Feldern abhängig.

Irreversibler Verlust über Zeit

Bei wiederholten Temperaturzyklen oder beim langen Auslagern sind bei Seltenerd-werkstoffen über sehr lange Zeiten fortschreitende irreversible Entmagnetisierungsverluste zu beobachten.

Diese entstehen zum Teil durch eine verzögerte thermische Entmagnetisierung als auch durch chemische Veränderung des Werkstoffes. Die verzögerte thermische Entmagnetisierung folgt einem Arrheniusgesetz, d. h. die Fortschreitung erfolgt logarithmisch mit der Auslagerungszeit. Durch die logarithmische Abhängigkeit kann der Verlust schon nach wenigen Minuten bis Stunden fast vollständig nachgewiesen werden. Die weitere Änderung über Tage bis Monate ist dann nur noch sehr gering. Darüber hinaus zeigt sich aber bei einigen Werkstoffen über lange Zeit auch ein stärker fortschreitender Verlust an Magnetfeldstärke. Dieser Verlust hat physikalisch andere Ursachen und ist z. B. auf eine chemische langsame aber kontinuierliche Zersetzung bei hohen Temperaturen zurückzuführen.[...]