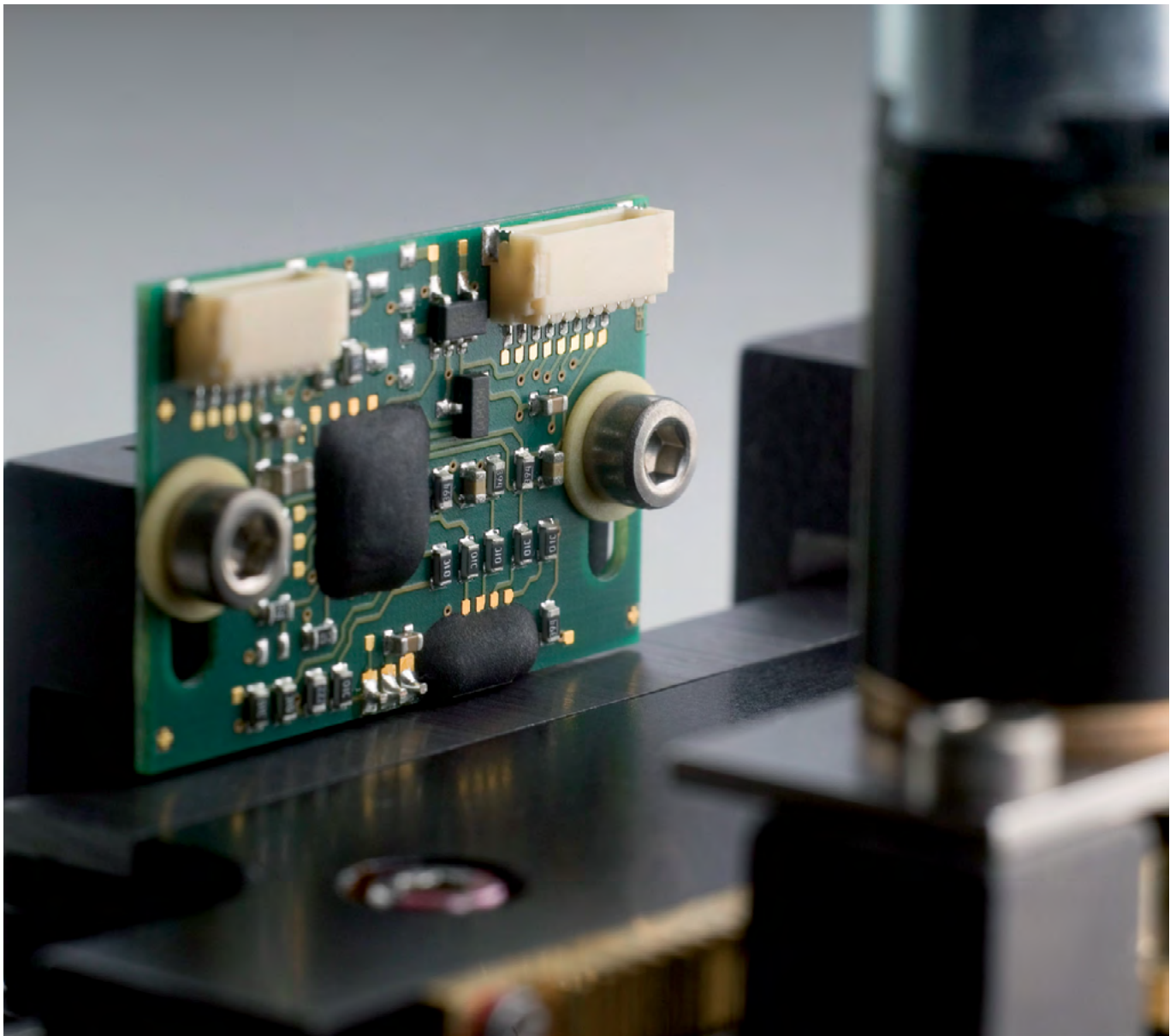


Aktive Maßverkörperung

Für die Längen- und Winkelmessung.



Inhalt

1.	Einleitung	3
2.	Magnetmaterialen und Ausführungen	3-11
2.1.	Magnetmaterialien / Magnetauswahl	4
2.2.	Dipolmagnete	5
2.3.	Inkrementalmaßverkörperungen	8
2.4.	Codierte Maßverkörperungen	9
2.5.	Referenzmagnetisierung	9
2.6.	Besonderheiten	9
3.	Magnetisierung	11
4.	Messanordnungen	12
4.1.	Rotativ am Wellenende	12
4.2.	Lineare Positionsmessung mit einem Dipol-Magnet	12
4.3.	Linear Positionsmessung am magnetischen Maßstab	12
4.4.	Winkelmessung am Wellenumfang	12
4.5.	Mehrspurverfahren	13
5.	Sensorübersicht	14
6.	Magnetische Umrechnungsfaktoren	15
7.	Glossar	15

1. Einleitung

Zur Messung von Länge und Winkel mittels Magnetsensorik unterscheidet man im wesentlichen zwischen einem aktiven und einem passiven Messverfahren. Diese Unterscheidung begründet sich auf der Auslegung der Maßverkörperung, denn für jedes magnetische Messen muss ein Magnetfeld vorherrschen.

Aktive Maßverkörperungen - weisen eine Magnetisierung auf und besitzen z. B. wechselnde Nord-Süd-Pole oder bestehen im einfachsten Fall aus einem Dipolmagneten.

Passive Maßverkörperungen - bestehen aus einem weichmagnetischen Material, beispielsweise aus Eisen. Dieses Material beeinflusst durch seine Materialeigenschaft und der Struktur ein Magnetfeld und kann somit als Maßverkörperung dienen.

In dieser Application Note werden die aktiven magnetischen Maßverkörperungen betrachtet. Dabei werden Einflüsse und Auswirkungen auf die Funktion als Maßverkörperung bezüglich des Materials und der geometrischen Ausführung gezeigt. Weiterhin wird auf konkrete Messanordnungen und die Auswahl der geeigneten Maßverkörperung eingegangen. Hierbei werden unterschiedliche magnetische Codierungen betrachtet, die in Kombination mit dem Magnetmaterial, der Magnetgeometrie und einem geeigneten Sensor ein optimales magnetisches Messsystem bilden.

Diese Applikationsbeschreibung dient zur Orientierung und zur Hilfestellung bei der Wahl des bestmöglichen Materials, Form und Codierung.

i

MAGNETISIERUNGEN KÖNNEN DURCH EXTERNE MAGNETISCHE FELDER BEEINFLUSST UND SOGAR ZERSTÖRT WERDEN. BEIM UMGANG MIT AKTIVEN MAGNETISCHEN MASSVERKÖRPERUNGEN IST DIES STETS ZU BEACHTEN.

2. Magnetmaterialien und Ausführungen

Sowohl für Längen- als auch Winkelmessung wird als Grundvoraussetzung eine Maßverkörperung, die dem Sensor eine ausreichende Feldstärke für die Messung bietet, benötigt. Beispielsweise basiert das Messprinzip basiert bei den Anisotropen MagnetoResistiven (AMR) Längen- und Winkelsensoren im Sättigungsbetrieb darauf, dass die Änderung der Feldrichtung eine Signaländerung des Sensors hervorruft. Der Sensor erzeugt dann je ein differenzielles Sinus- und Cosinussignal innerhalb eines magnetischen Pols. Dies ist für Nord- und Südpole identisch.

Verschiedene Messanforderungen bezüglich Genauigkeit oder verfügbarem Bauraum bedürfen oftmals unterschiedlichster Geometrien der Maßverkörperung. Dies kann auch zu unterschiedlichen Varianten in der Ausprägung der aufgetragenen magnetischen Codierung führen. Ebenfalls stellt das eingesetzte Material einen entscheidenden Funktions- und Kostenfaktor für die Anwendung dar, der bei der Auslegung der Maßverkörperung betrachtet werden muss.

2.1 Magnetmaterialien / Magnetauswahl

Zur Herstellung von Maßverkörperungen können verschiedene Materialien eingesetzt werden. Diese weisen aufgrund ihrer Zusammensetzung unterschiedliche Eigenschaften auf. Ein typisches, magnetisierbares Material ist ein Ferrit. Hartferrite sind keramikgebunden und werden in der Herstellung gepresst oder gesintert. Ferrit kann in Pulverform auch mit Kunststoffbinder (z. B. Polyamid 6) oder Elastomeren verarbeitet werden. Durch Spritzgusstechnik können unterschiedlichste Geometrien der Maßverkörperung realisiert werden.

Einige typische Magnetmaterialien sind:

- Keramikgebundener Hartferrit - z. B. HF 8/22
- Kunststoffgebundener Hartferrit - z. B. Tromadur® 3/17
- Elastomergebundener Hartferrit
- NdFeB und SmCo (sowohl als gesinterte Form, als auch kunststoffgebunden)

Die unten stehende Tabelle zeigt einige typischen Magnetparameter:

Vergleichstabelle	Keramisch Gebundene Ferrite	Kunststoffgebundene Ferrite	Elastomergebundene Ferrite	NdFeB SmCo
Remanenz (mT)	210 - 400	120 - 290	120 - 290	800 - 1300
Koerzitivfeldstärke (kA/m)	130 - 250	150 - 190	150 - 190	870 - 2750
Curie Temperatur / °C	450 °C	- ¹⁾	- ¹⁾	300 °C

Die nachstehende Tabelle verdeutlicht anhand einiger Eigenschaften aus verschiedenen Bereichen die Unterschiede, sowie Vor- und Nachteile der verschiedenen Materialien zueinander. Diese Kriterien beeinflussen im wesentlichen die Entscheidung für die Auswahl eines Magnetwerkstoffes.

Vergleichstabelle	Keramisch Gebundene Ferrite	Kunststoffgebundene Ferrite	Elastomergebundene Ferrite	NdFeB SmCo
Homogenität Auflösung/Genauigkeit	++	+	+++	++
Eigentoleranzen	o	+	++	o
Flussdichte Arbeitsabstand/Störsicherheit	++ ~ 220 mT	+ ~ 160 mT	+ ~ 180 mT	+++ ~ 1100 mT
Belastbarkeit gegen mechanische Einflüsse	-	+	++	-
Beständigkeit gegen Chemikalien	++	o	++	- -
Robustheit gegen magnetische Störgrößen	+	+	+	+++
Temperaturbereich	- ¹⁾ Verbindung Träger zu Ring	+ -40 ... +125 °C ²⁾	++ -40 ... +160 °C	o Verbindung Träger zu Ring
Initialkosten Serienkosten	- +	-- ++	- o	- -

Die angegebenen Werte stellen typische Werte dar und sollen zur Vergleichbarkeit der Werkstoffe dienen.

¹⁾ Die negative Bewertung resultiert aus der Annahme, dass ein Hartferrit-Ring auf eine Welle bzw. Zwischenträger durch eine Klebeverbindung aufgebracht werden muss.

²⁾ Je nach verwendetem Kunststoff sind auch nur geringere Temperaturen zulässig.

2.2 Dipolmagnete

Eine sehr einfache, aber vielseitig einsetzbare Maßverkörperungsform ist der magnetische Dipol. Ein zweipoliger Magnet, der in verschiedenen geometrischen Ausprägungen einsetzbar ist. Zur Verdeutlichung der möglichen Einsatzfelder werden nachstehend zwei Beispiele aus der Winkel- und Längenmessung dargestellt.

2.2.1 Winkelmessung mit Dipolmagnet

Die Rotation eines Dipolmagneten - angebracht an einem Wellenende - führt in einem AMR Sensorelement zu einer Feldrichtungsänderung und resultiert in einem Sinus- und Cosinus-Ausgangssignal des Sensors. Das Ausgangssignal ist bei einer vollen mechanischen Umdrehung des Magneten um 360° zweiperiodisch, da innerhalb eines jeden Pols eine Signalperiode am Ausgang erzeugt wird.

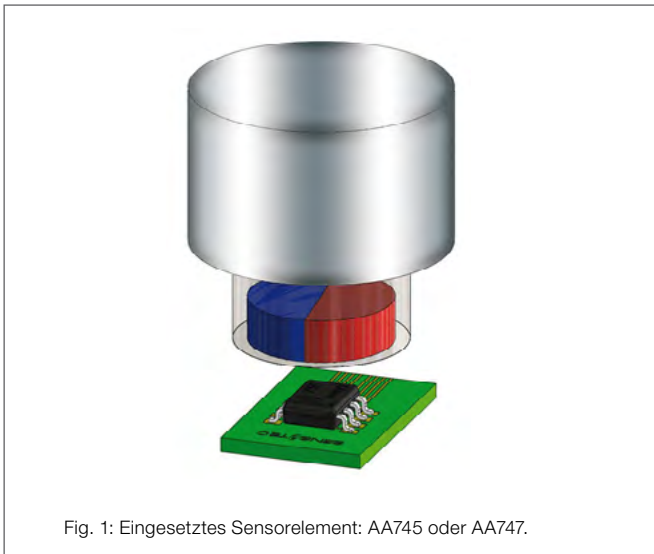


Fig. 1: Eingesetztes Sensorelement: AA745 oder AA747.

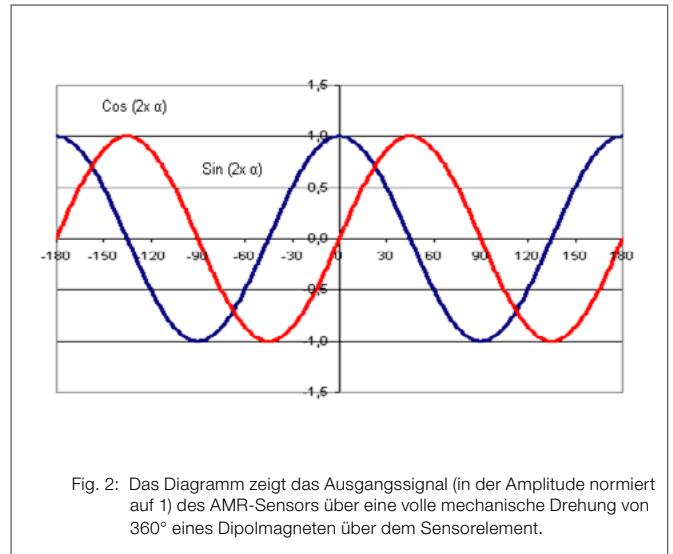


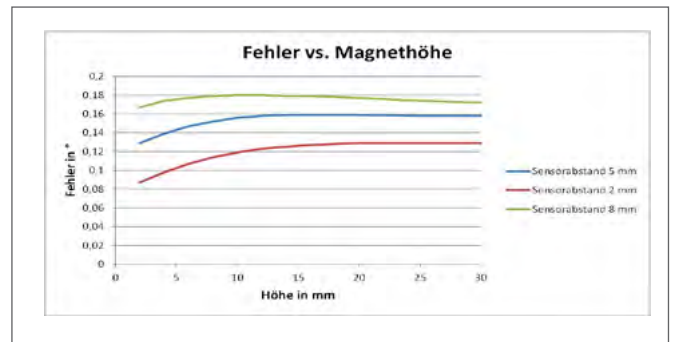
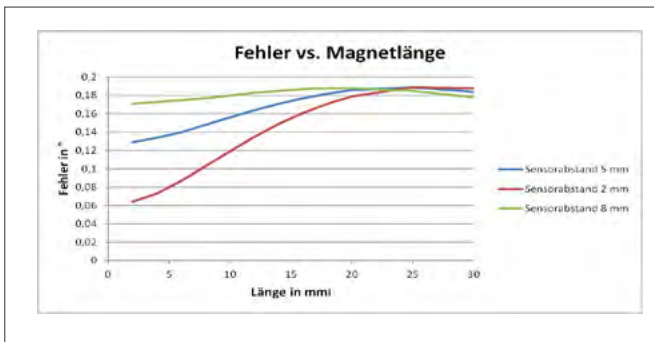
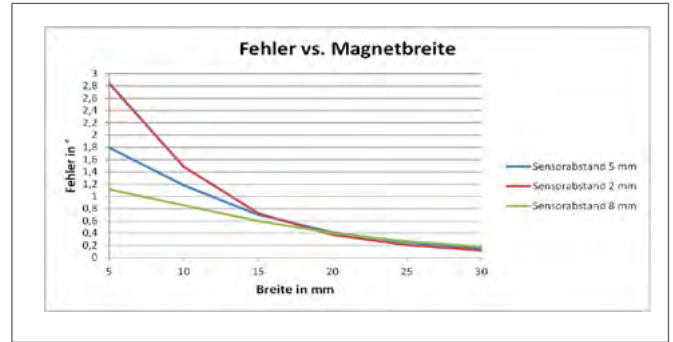
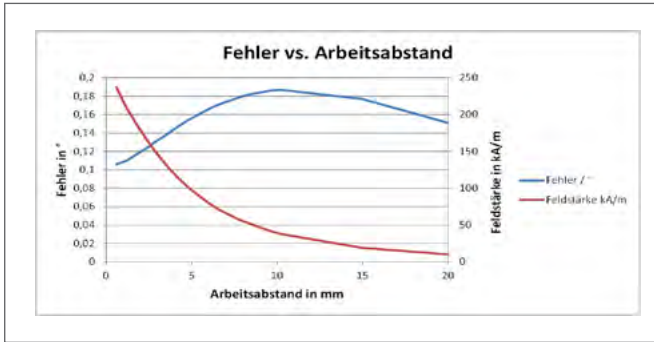
Fig. 2: Das Diagramm zeigt das Ausgangssignal (in der Amplitude normiert auf 1) des AMR-Sensors über eine volle mechanische Drehung von 360° eines Dipolmagneten über dem Sensorelement.

Bei der Dimensionierung des Magneten zur Winkelmessung am Wellenende sollten zwei Größen beachtet werden:

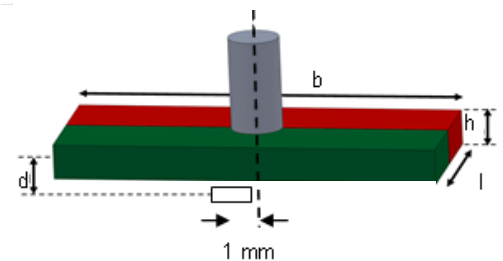
- Die geforderte magnetische Mindestfeldstärke (Sättigungsfeldstärke) an der Position des Sensors sollte eingehalten werden, wenn man hohe Genauigkeiten der Magnetfeldrichtung erreichen will. Diese wird bestimmt durch die Magnetgeometrie, das Magnetmaterial und den Sensorabstand zum Magneten. Beim AMR-Sensor AA747 sollte die Feldstärke beispielsweise mindestens 25 kA/m betragen. Je größer die Feldstärke des Magneten am Ort des Sensors, desto geringer der Einfluss der sensoreigenen Anisotropie¹⁾ sowie der Einfluss von externen magnetischen Störgrößen. Eine Übersteuerung des AMR-Sensors ist nicht möglich.
- Der Magnet sollte zentrisch zur Mitte der aktiven Sensorfläche orientiert sein, um die höchste Genauigkeit des Messsystems zu erzielen. Da dies, bedingt durch mechanische Toleranzen, nur selten der Fall ist, sollte bei der Auslegung der Magnetgeometrie folgendes beachtet werden: Je größer der Magnet bezüglich seiner Geometrie, desto geringer der Einfluss von Dejustage auf den Winkelfehler.

¹⁾ Bedingt durch die Streifenanordnung der Sensorelemente. Diese führen zu einer magnetischen Vorzugsrichtung. Der Widerstand ist nicht in alle Richtungen gleich (anisotrop).

Um die unterschiedlichen Einflüsse von Dejustage, Arbeitsabstand und Magnetgeometrie zu verdeutlichen, zeigen die untenstehenden Diagramme typische Beispiele der Auswirkung der Magnetgeometrien auf den Winkelfehler bei einer Dejustage des Sensors um 1 mm zum Drehpunkt. Das Magnetmaterial hat eine Remanenz von 1000 mT.



- Länge (l) = 10 mm
- Breite (b) = 30 mm
- Höhe (h) = 10 mm
- Arbeitsabstand (d) = 10 mm



Der jeweilige variable Parameter wird im Diagramm genannt.



DIE SKALIERUNG IN DEN DIAGRAMMEN IST UNTERSCHIEDLICH.

Fazit: Ein großer Magnet hinsichtlich Breite und Feldstärke ist immer von Vorteil. Hier muss im Einzelfall abgewogen werden, bei welchen Bedingungen (z. B. Montagegenauigkeit zwischen Sensor und Magnet) die Spezifikation eingehalten werden kann.

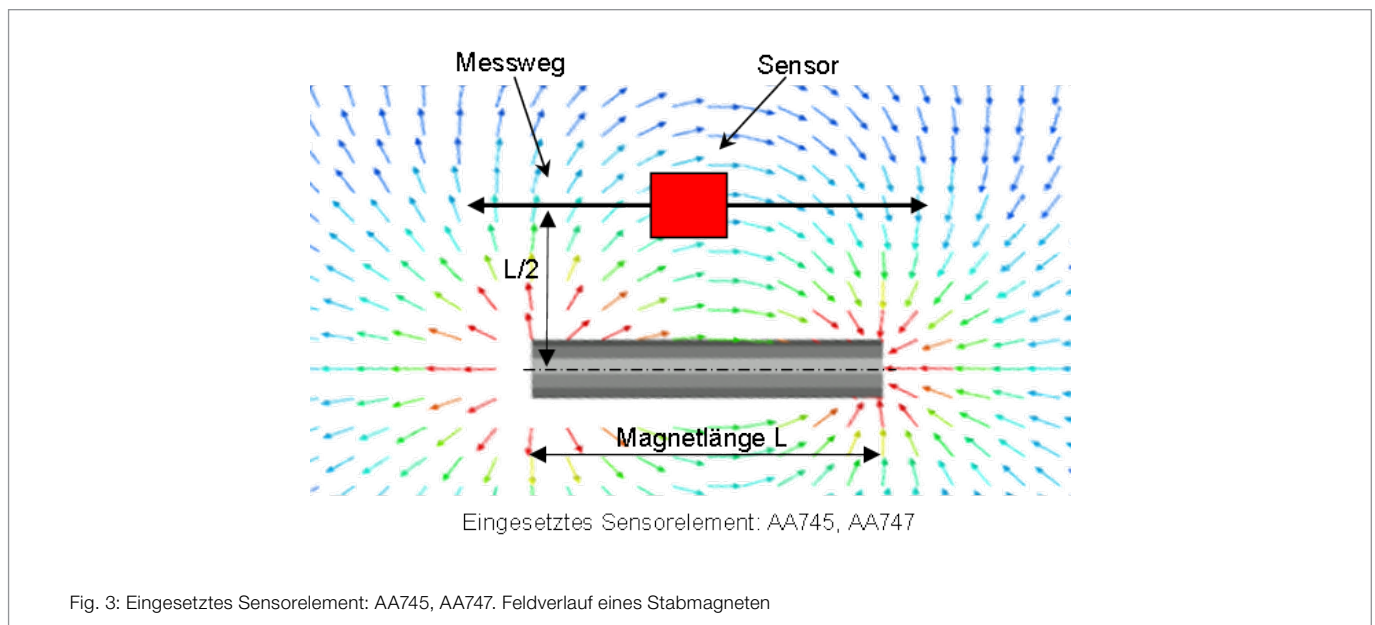
2.2.2 Längenmessung mit Dipolmagnet

Führt man einen Dipolmagneten (wie schematisch dargestellt) an dem Sensorelement vorbei, kann eine absolute Wegmessung über die Länge des Magneten erreicht werden.

Das unten dargestellte Bild zeigt die durch einen Stabmagneten verursachten Feldvektoren. Entlang der eingezeichneten Linie ändert sich die Richtung der Feldvektoren um 180°. Hieraus resultiert im Sensorelement eine komplette Sinus- und Cosinus Signalperiode.

Bei Magnetlängen (Messlängen) ab ca. 3 mm sind Linearitäten¹⁾ von 1 % mit einem Arbeitsabstand des Sensors von etwa der halben Magnetlänge zu erreichen. Betrachtet man die Feldlinien im Bild unten erkennt man aber auch, dass der Messwert bzw. der daraus resultierende Messweg abhängig vom Abstand des Sensors zum Magneten ist. Dieser sollte bei der Messung möglichst konstant gehalten werden, um Linearitätsabweichungen zu vermeiden.

$$\text{Position} = \frac{L}{2 \cdot \pi} \cdot \arctan \left(\frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} \right)$$



Fazit: Bei dieser Anwendung ist zu beachten, dass der Magnetfeldverlauf einen maßgeblichen Anteil zu der Linearität des Messergebnisses beiträgt. Der Sensorabstand (Sensor zur Magnetmitte) sollte daher etwa die halbe Magnetlänge betragen ($L/2$) und über den Messweg möglichst konstant bleiben. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Feldstärke am Ort des Sensors (z. B. AA747) mindestens 25 kA/m beträgt, um zusätzliche Fehler - bedingt durch die sensoreigene Anisotropie - zu verringern.

¹⁾ Wegberechnung nach Arcustagensverfahren.

2.3 Inkrementalmaßverkörperungen

Durch die Aneinanderreihung von vielen Dipolen entsteht eine inkrementell magnetisierte Maßverkörperung. Die Länge der einzelnen Dipole entscheidet über die Pollänge.

Es können Maßverkörperungen mit diversen Pollängen erzeugt werden und es lassen sich auch lange Maßstäbe und Polringe mit großem Umfang realisieren.

Zur Messung an inkrementellen Maßverkörperungen bieten sich die an die Polteilung angepassten FixPitch- und PurePitch-Sensoren an. Diese sind in ihrer Sensorgeometrie so ausgelegt, dass die MR-Strukturen auf die Pollängen angepasst sind.

Das PurePitch-Design reduziert zudem den Einfluss von Toleranzen in der Polteilung, da die Sensorstruktur über mehrere Pole geometrisch bedingt eine Mittelung durchführt.

Die Länge eines Pols einer inkrementellen Maßverkörperung hat einen deutlichen Einfluss auf die Flussdichte. Die nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über einige typische Polteilungen und deren typische Flussdichten. Hierbei ist zu beachten, dass größere Pole zwar höhere Flussdichten hervorrufen, größere Polteilungen aber auch größere Arbeitsabstände der MR-Sensoren erfordern, um eine optimale Signalqualität zu erhalten. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass bei kleineren Polteilungen mit geringerer Feldstärke der Sensorchip näher an die Maßverkörperung herangebracht werden muss.

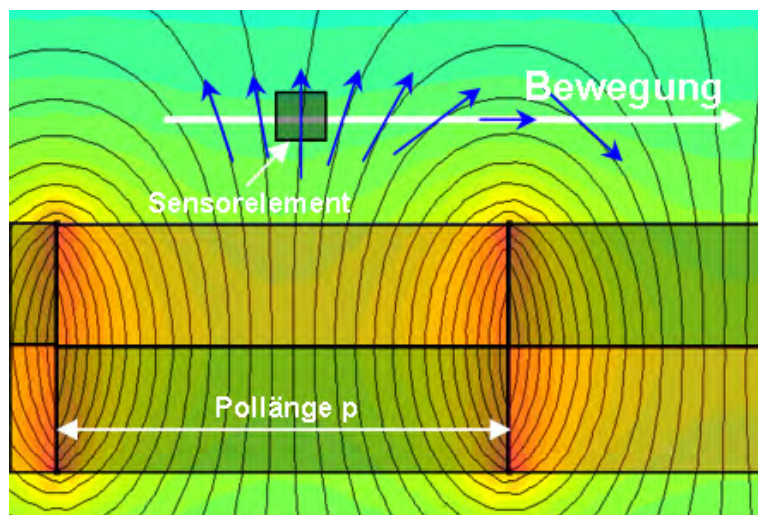


Fig. 3: Feldverlauf einer inkrementellen Maßverkörperung.

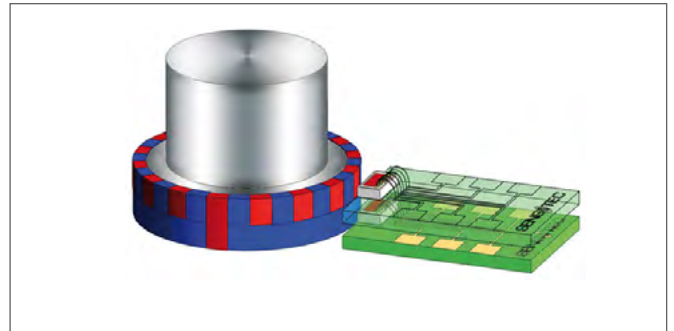
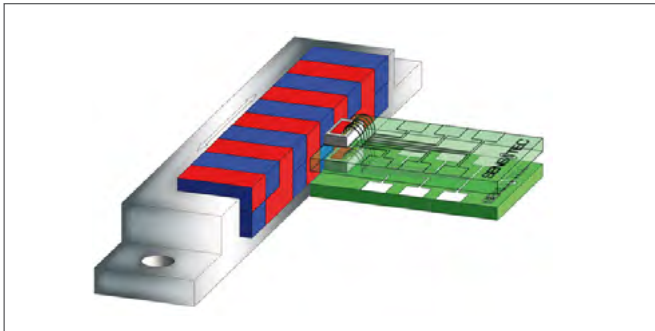
Material vs. Pollänge	Sensor-abstand	Keramisch gebundene Ferrite	Kunststoffgebundene Ferrite	Elastomergebundene Ferrite	NdFeB SmCo
1.0 mm	0.5 mm	22 kA/m	16 kA/m	19 kA/m	115 kA/m
2.0 mm	1.0 mm	23 kA/m	17 kA/m	18kA/m	115 kA/m
2.5 mm	1.3 mm	21 kA/m	15 kA/m	17 kA/m	105 kA/m
5.0 mm	2.5 mm	20kA/m	13 kA/m	15 kA/m	95 kA/m

Die Werte in der Tabelle sind typische Werte bei einem typischen Sensor-Messabstand, passend zu der Polteilung und einer Magnetmaterialdicke von etwa 3 mm.

2.4 Codierte Maßverkörperungen

Auch eine rein inkrementelle Maßverkörperung gilt als codierte Maßverkörperung. Jedoch ist mit Codierung eher die aperiodische Magnetisierung bzw. die Magnetisierung über mehr als eine Spur gemeint. Übliche Codes sind z. B. Pseudo-Random-Codes oder Mehrspurmagnetisierungen für ein Nonius-Verfahren.

Die magnetische Codierung wird in der Regel in der Anwendung mit mehreren Sensoren erfasst und mittels weiterer Elektronik ausgewertet. Bei allen Magnetisierungen mit mehreren Spuren ist darauf zu achten, dass sich die Spuren untereinander beeinflussen können, so dass ein gewisser Abstand zwischen den Spuren eingehalten werden sollte.



2.5 Referenzmagnetisierung

Bei vielen inkrementellen Maßverkörperungen wird eine zusätzliche Referenzposition benötigt. Diese kann durch eine zusätzliche Spur auf der Maßverkörperung umgesetzt werden. Die Referenzposition kann z. B. mit einem GMR-Magnetfeld-Sensor (Typ: GF708) erfasst werden.

In der Regel wird das Signal des Referenzsensors innerhalb eines Interpolator-IC's mit dem Signal der Inkrementalspur zusammen verarbeitet, so dass ein zur Inkrementalspur synchronisiertes Z-Signal erzeugt wird.

2.6 Besonderheiten

Es gibt viele verschiedene Möglichkeiten, mit der die Nutzfeldstärke einer magnetischen Maßverkörperung erhöht werden kann. Dies kann zum einen durch stärkere Magnetmaterialien geschehen, zum anderen durch Erhöhung des Füllfaktors des magnetischen Materials.

Weitere Faktoren, welche die Feldstärke deutlich beeinflussen, sind die Verwendung von anisotropen Materialien, die eine magnetische Vorzugsrichtung aufweisen, oder auch der Einsatz eines weichmagnetischen Rückschlusses auf der Rückseite der Maßverkörperung. Beide können einen positiven Einfluss auf die Feldstärke haben und diese jeweils deutlich erhöhen.

2.6.1 Anisotropes Magnetmaterial

Zur Herstellung einer magnetischen Maßverkörperung aus anisotropem Material müssen bereits bei der Herstellung die Magnetpartikel im Material durch Anlegen eines externen Magnetfeldes in eine vordefinierte Stellung gebracht werden. Dieses „vorzugsgerichtete“ Material besitzt bereits nach der Herstellung eine Magnetisierung in der Richtung, in der die Partikel während der Herstellung ausgerichtet wurden. Diese Magnetisierung kann „gelöscht“ und später in gewünschter Form (z. B. inkrementell) magnetisch codiert werden. Das Material kann dann allerdings immer nur in dieser Vorzugsrichtung magnetisiert werden.

2.6.2 Magnetischer Rückschluss

Hierbei wird auf die Rückseite des Magnetmaterials ein weichmagnetischer Werkstoff aufgebracht. Bei der Herstellung einer elastomergebundenen Maßverkörperung kann z. B. das Magnetmaterial direkt auf den Träger aufgebracht werden. Damit der weichmagnetische Rückschluss tatsächlich eine spürbare feldverstärkende Wirkung hat, muss das Verhältnis von Magnetmaterialdicke zur magnetisierten Polllänge passen.

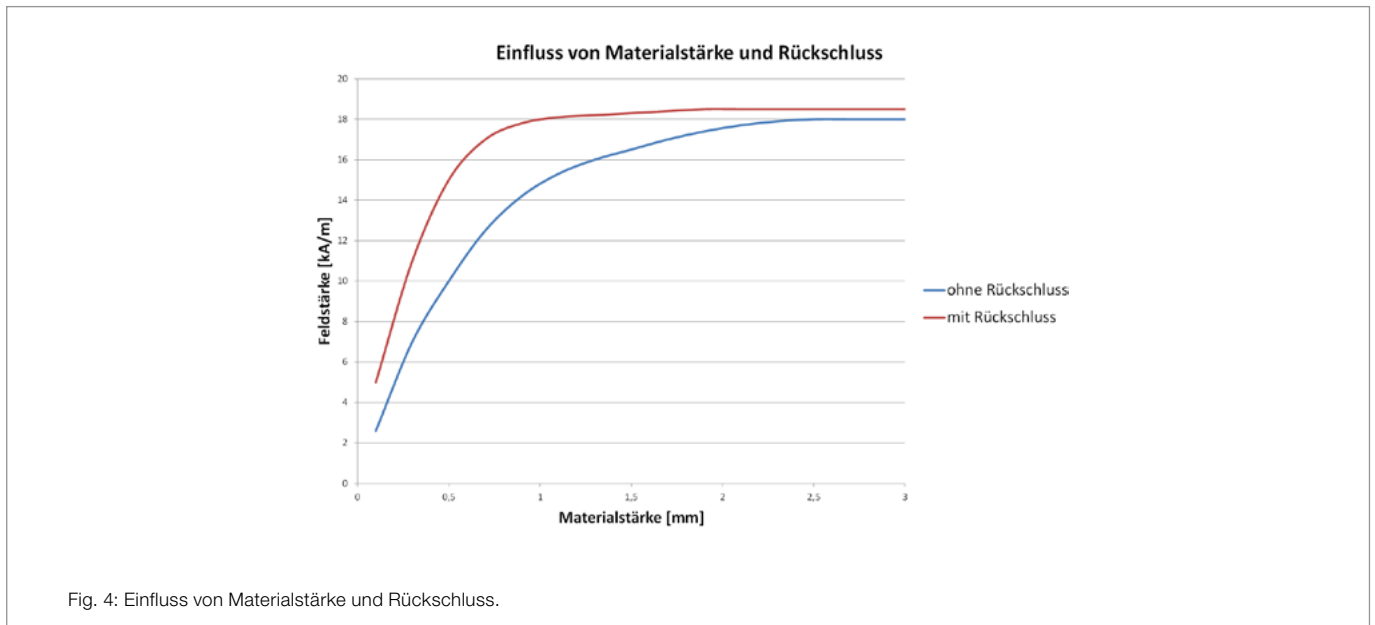
Folgendes Modell hilft beim Verständnis hinsichtlich Einfluss des Rückschlusses bei einer aktiven Maßverkörperung: Der Effekt des Rückschlusses kann als Spiegel der Magnetisierung angesehen werden. Durch den Rückschluss entsteht quasi ein zweiter Magnet hinter der eigentlichen Magnetisierung, der diese in der Feldstärke unterstützt. Mit diesem Modell wird auch deutlich, dass bei geringen Pollängen (z. B. 1 mm) auf einem 1 mm dicken Magnetmaterial mit Rückschluss, der Einfluss des Rückschlusses so gut wie keinen messbaren Effekt hat. Der „unterstützende“ Magnet ist durch die eigentliche Magnetschicht schon so weit entfernt, dass die unterstützende Feldstärke stark abgenommen hat.



2.6.3 Materialstärke

Die Materialstärke trägt ebenfalls zur Erhöhung der Feldstärke bei.

Untenstehendes Diagramm verdeutlicht dies anhand einer Inkrementalspur mit einem 2 mm Pitch auf einem elastomergebundem Hartferrit mit variierender Materialstärke. Man erkennt, dass eine Erhöhung der Materialdicke ab etwa der Hälfte der Polllänge (in diesem Beispiel: 2 mm Polllänge / 2 = 1 mm) keine deutliche Erhöhung der Feldstärke bietet.



3. Magnetisierung

Um das geeignete Material mit der notwendigen Magnetisierung zu versehen, wird bei Sensitec ein Impulsmagnetisierungsverfahren angewendet. Diese Magnetisierungsart beruht auf einer impulsweisen Einbringung einer hohen Feldstärke über eine Spule in das Magnetmaterial. Hierbei wird die Magnetisierspule dicht über das Magnetmaterial geführt. Die Polbreite resultiert aus der Geometrie der eingesetzten Spule und der Positionierung entlang der Spule bzw. des Umfangs der Maßverkörperung. Mit diesem Verfahren sind sehr genaue Magnetisierungen genauso möglich, wie auch schnelle Zykluszeiten für eine Serienproduktion, da ein Magnetisierimpuls weniger als 20 µs benötigt. Eine Geschwindigkeitsbegrenzung resultiert lediglich aus der begrenzten Positionierungsgeschwindigkeit bzw. in der Überhitzung der Magnetisierspule durch die hohe Strombelastung. Da bei der Impulsmagnetisierung eine an die Polbreite angepasste Magnetisierungsspule eingesetzt wird und diese mit mechanischen Toleranzen behaftet ist, entsteht bei der Magnetisierung eines Polringes prinzipbedingt eine „Stoßstelle“ an der Stelle 0° bzw. 360°. Diese „Stoßstelle“ kann durch intelligente Parameter der Anlagensteuerung so stark minimiert werden, dass der Einfluss in der Systemkonfiguration nicht mehr relevant ist.

4. Messanordnungen

Beim Einsatz von aktiven Maßverkörperungen sind viele Anwendungsfelder denkbar. Diese erfordern verschiedenste Messanordnungen. In den folgenden Kapiteln werden die häufigsten Messanordnungen beschrieben sowie auf eventuelle Besonderheiten eingegangen.

4.1 Rotativ an Wellenende

Die Rotation eines Dipolmagneten, angebracht an einem Wellenende, führt im Sensorelement zu einer Feldrichtungsänderung und resultiert in einem Sinus- und Cosinus- Ausgangssignal. Das Ausgangssignal ist bei einer vollen mechanischen Umdrehung des Magneten um 360° zwei-periodisch, da innerhalb eines jeden Poles eine Signalperiode am Ausgang erzeugt wird. Mit dieser Magnetanordnung in Verbindung mit einem Sensor vom Typ AA747 oder AA745 ist also eine absolute 180° Winkelmessung am Wellenende möglich.

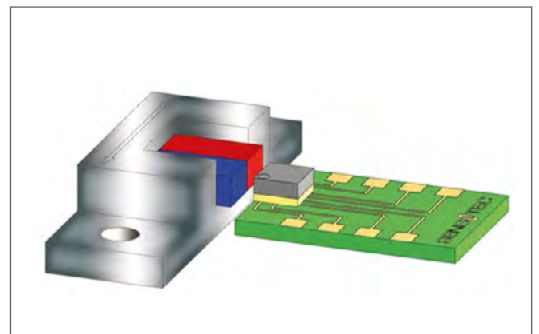
(Für weitere Informationen siehe auch Kapitel 2.2.1)



4.2 Lineare Positionsmessung mit einem Dipolmagnet

In dieser Anordnung kann über die gesamte Magnetlänge eine absolute Wegmessung erfolgen. Hierbei sind in einem Bereich von 3 mm bis 30 mm mit einem Sensor vom Typ AA745 Linearitäten im Bereich von 1 % erreichbar.

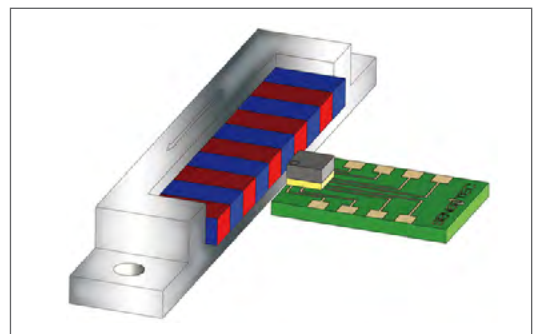
(Für weitere Informationen siehe auch Kapitel 2.2.2)



4.3 Lineare Positionsmessung am magnetischen Maßstab

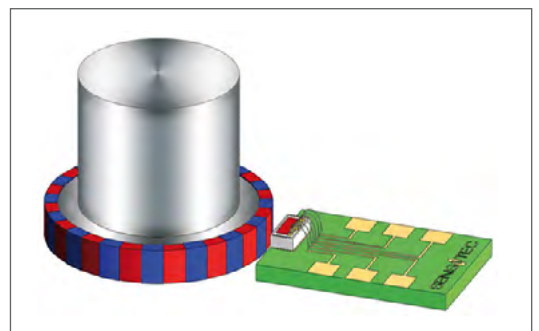
Entlang eines magnetischen Maßstabes kann über eine größere Strecke mit hoher Auflösung und Genauigkeit eine Position gemessen werden. Innerhalb eines jeden Poles der Magnetisierung liefert der Sensor ein Sinus- und zur Richtungserkennung ein dazugehöriges Cosinus-Signal. Am besten eignen sich für diese Art der Messanordnung speziell auf die Pollänge angepasste FixPitch bzw. PurePitch Sensoren vom Typ AL637, AL629, AL616 oder AL614. Entspricht die magnetisierte Pollänge nicht den Anpassungen der Sensoren kann für Pollängen größer 2 mm auch ein AA745 eingesetzt werden.

(Für weitere Informationen siehe auch Kapitel 2.3)



4.4 Winkelmessung am Wellenumfang

Eine hochauflösende und hochgenaue Messung am Wellenumfang wird durch den Einsatz eines mit vielen wechselnden Polrichtungen magnetisierten Rings möglich. Die an die Polteilung angepassten FixPitch und PurePitch Sensoren vom Typ AL637, AL629, AL616 oder AL614 liefern zwei um 90° phasenverschobene Sinus-Signale. Pollängen größer 2 mm können auch mit dem Sensor vom Typ AA745 gemessen werden. Auch dieser liefert, passend zur Anzahl der Pole über dem Umfang, eine entsprechende Anzahl Sinus- bzw. Cosinusperioden.

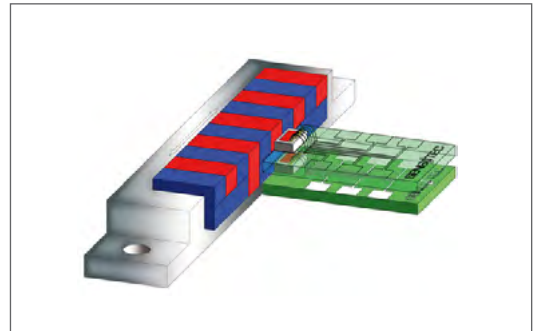


4.5 Mehrspurverfahren

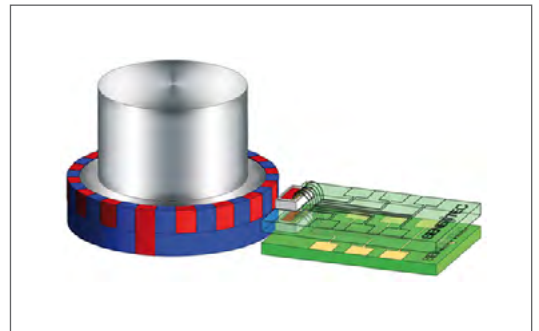
In einigen Anwendungen werden weitere Informationen bezüglich der Position gefordert, wie z. B. die Absolutposition einer größeren Messlänge direkt nach dem Einschalten der Versorgungsspannung „True Power On“. Durch den Einsatz von mehr als einem Sensor und/oder die Erweiterung der Magnetisierung um weitere Informationen, können solche Problemstellungen gelöst werden.

Die folgenden Bilder geben einen kurzen Einblick über einige typische Möglichkeiten, Magnetspuren und Sensoren zu komplexeren Messsystemen zu kombinieren. Die Kombinations- und Einsatzmöglichkeiten aktiver magnetischer Codierungen und den damit verbundenen Messanordnungen sind dabei fast grenzenlos. Diese Übersicht soll beispielhaft einige wenige, aber effektive Anordnungen verdeutlichen.

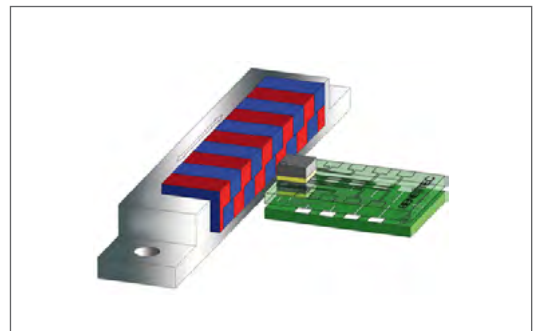
Inkrementalspur in Kombination mit einer Referenzstelle. Nach Erfassung der Referenzstelle kann eine absolute Weginformation über die Maßverkörperung erreicht werden.



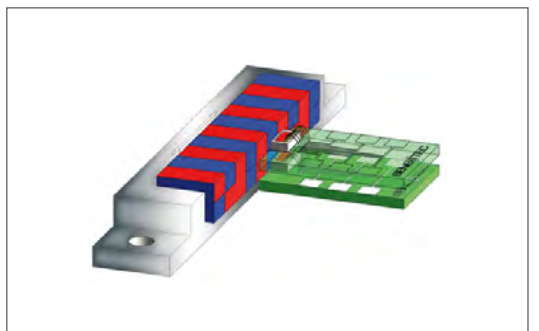
Analog zum linearen Verfahren mit einem Referenzpunkt kann auch bei der rotativen inkrementellen Messung eine Referenzstelle hinzugefügt werden.



Um einen direkten absoluten Bezug der Position direkt nach dem Einschalten der Versorgungsspannung und ohne Verfahren über den Maßstab zu erreichen, kann das Noniusverfahren angewendet werden. Hierbei werden z. B. 2 Spuren mit einem Unterschied von einem Pol über die Messlänge magnetisiert. Aus der Differenz beider Spuren zueinander kann die Absolutposition über die gesamte Messlänge berechnet werden.



Ebenfalls möglich - vor allem bei größeren Messlängen einsetzbar - ist eine zusätzliche Codespur, die eine Absolutpositionsinformation in einem Code in sich trägt. Diese Codierung kann z. B. seriell über 8 bit (8 Pole) ausgelesen werden. Sobald diese 8 bit Information ermittelt wurde, ist die absolute Position auf dem Maßstab bekannt. Die hoch-genaue Positionsbestimmung kann dann durch die Erfassung der Inkrementalspur durchgeführt werden.

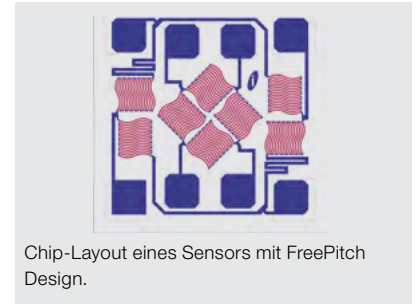


5. Sensordesign

In den vorangegangenen Kapiteln wurden bei den Sensoren Designeigenschaften erwähnt. Nachstehend sind die Funktionen der Designeigenschaften erläutert.

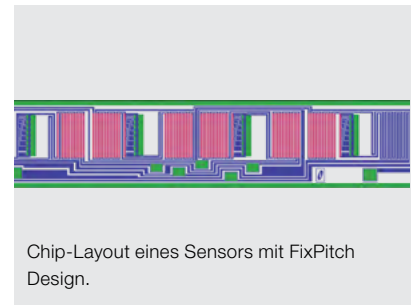
FreePitch

FreePitch Sensoren wurden dahingehend optimiert, dass sie unabhängig von der Polllänge der Maßverkörperung eingesetzt werden können. Dies hat den Vorteil, dass sie besonders kompakt sind und einem Punkt-Sensor sehr nahe kommen. Sie sind die ideale Wahl, wenn eine besonders kostengünstige Lösung für die Messaufgabe gewünscht ist. Um die Abmessungen so gering wie möglich zu halten, sind die Widerstände der Wheatstone-Brücken ineinander verschachtelt. Um die Sinus-/Cosinus-Signale zu erzeugen, sind die beiden Brücken im Winkel von 45° zueinander angeordnet. FreePitch Sensoren können mit Polringen oder Linearmaßstäben mit fast jeder Polllänge sowie mit 2-poligen Magneten benutzt werden.



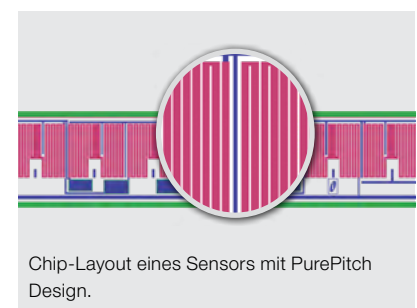
FixPitch

FixPitch Sensoren sind an die Polllängen der Maßverkörperung angepasst, d.h. die MR-Streifen sind geometrisch auf eine bestimmte Polllänge abgestimmt. Die Sinus- und Cosinus-Signale werden durch die Verteilung der Wheatstone-Brückenwiderstände entlang des einzelnen Pols erzeugt. Diese geometrische Anordnung trägt dazu bei, dass Oberwellen unterdrückt und die Empfindlichkeit auf Störfelder reduziert werden. Dadurch wird die Linearität des Sensors optimiert.



PurePitch

Das PurePitch Design ist eine Erweiterung des FixPitch Konzepts, in dem die MR-Widerstände über mehrere Pole verteilt sind. Damit erfolgt eine Mittelung, die dazu beiträgt, die Auswirkungen von Maßstabsfehlern ohne zusätzliche Signallaufzeiten zu minimieren. Da über Nord- und Süd-Pole gemittelt wird, werden auch homogene Störfelder noch besser unterdrückt. Diese Optimierungen machen sich beispielsweise bemerkbar in einer höheren Regelgüte von Regelsystemen.



6. Magnetische Umrechnungsfaktoren

In der Literatur werden häufig Einheiten aus dem Gaußschen System verwendet. Im Folgenden finden Sie die Faktoren für die Umrechnung in S.I. Einheiten.

Größe	Symbol	CGS-Einheit	Umrechnung	MKSA-Einheit
Magnetische Flussdichte	B	Gauss	1 Gauss = 10 ⁻⁴ Tesla	Tesla (T=Wbm ⁻²)
Magnetische Feldstärke	H	Øersted (Øe)		Ampere / Meter

Umrechnung Flussdichte in Feldstärke:

1 kA/m = ~ 1.25 mT

$$B = \mu \cdot H$$

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

$$\mu \approx 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am in Luft } (\mu_r \approx 1)$$

$$B \approx 12,5 \cdot 10^{-3} \text{ H}$$

7. Glosar

Begriff	Erklärung
Anisotropie	Die Richtungsabhängigkeit einer Eigenschaft.
FixPitch	FixPitch Sensoren sind an die Pollängen der Maßverkörperung angepasst. Die Linearität des Sensors wird dadurch optimiert. Die Empfindlichkeit für Störfelder wird minimiert.
FreePitch	FreePitch Sensoren sind so optimiert, dass sie unabhängig von der Pollänge der Maßverkörperung eingesetzt werden können. FreePitch Sensoren sind die kleinsten Winkelsensoren unter den Magnetfeldsensoren.
Koerzitivfeldstärke Hc	Die magnetische Feldstärke, die erforderlich ist, um eine gespeicherte Magnetisierung zu ändern.
PerfectWave	Sensoren mit PerfectWave liefern beste Signalqualität, höchste Genauigkeit und optimale Sensor-Linearität durch Oberwellenfilterung. Auch bei schwachen Magnetfeldern ist die Linearität des Sensors gewährleistet.
PurePitch	Bei PurePitch Sensoren ist das FixPitch Prinzip über mehrere Pole erweitert, um die Genauigkeit noch weiter zu steigern. Durch diese Anordnung werden die Auswirkungen von Unregelmäßigkeiten in der Maßverkörperung reduziert, sowie der Einfluss von Störfeldern minimiert.
Remanenz Br	Die Stärke der Flussdichte, die in einem Material nach einer Magnetisierung zurück bleibt.
Inkremental-Spur, -Maßverkörperungen	Periodisch geteilte, magnetische Codierung bzw. zahnähnliche Struktur.
Elastomergebundene Ferrite	Ferrit-Partikel in einem formfesten - aber elastisch verformbaren - Kunststoff gebunden.
NdFeB SmCo	Neodym-Eisen-Bor Samarium-Cobalt Beide zählen zu den seltenen Erden-Magneten.
Curie Temperatur	Temperatur, bei der die ferromagnetische Eigenschaft verschwindet. Eine Magnetisierung geht beim Überschreiten dieser Temperatur verloren.

General Information

Disclaimer

Sensitec GmbH reserves the right to make changes, without notice, in the products, including software, described or contained herein in order to improve design and/or performance. Information in this document is believed to be accurate and reliable. However, Sensitec GmbH does not give any representations or warranties, expressed or implied, as to the accuracy or completeness of such information and shall have no liability for the consequences of use of such information. Sensitec GmbH takes no responsibility for the content in this document if provided by an information source outside of Sensitec products.

In no event shall Sensitec GmbH be liable for any indirect, incidental, punitive, special or consequential damages (including but not limited to lost profits, lost savings, business interruption, costs related to the removal or replacement of any products or rework charges) irrespective the legal base the claims are based on, including but not limited to tort (including negligence), warranty, breach of contract, equity or any other legal theory.

Notwithstanding any damages that customer might incur for any reason whatsoever, Sensitec product aggregate and cumulative liability towards customer for the products described herein shall be limited in accordance with the General Terms and Conditions of Sale of Sensitec GmbH. Nothing in this document may be interpreted or construed as an offer to sell products that is open for acceptance or the grant, conveyance or implication of any license under any copyrights, patents or other industrial or intellectual property rights.

Unless otherwise agreed upon in an individual agreement Sensitec products sold are subject to the General Terms and Conditions of Sales as published at www.sensitec.com.

Application Information

Applications that are described herein for any of these products are for illustrative purposes only. Sensitec GmbH makes no representation or warranty – whether expressed or implied – that such applications will be suitable for the specified use without further testing or modification.

Customers are responsible for the design and operation of their applications and products using Sensitec products, and Sensitec GmbH accepts no liability for any assistance with applications or customer product design. It is customer's sole responsibility to determine whether the Sensitec product is suitable and fit for the customer's applications and products planned, as well as for the planned application and use of customer's third party customer(s). Customers should provide appropriate design and operating safeguards to minimize the risks associated with their applications and products.

Sensitec GmbH does not accept any liability related to any default, damage, costs or problem which is based on any weakness or default in the customer's applications or products, or the application or use by customer's third party customer(s). Customer is responsible for doing all necessary testing for the customer's applications and products using Sensitec products in order to avoid a default of the applications and the products or of the application or use by customer's third party customer(s).

Sensitec does not accept any liability in this respect.

Life Critical Applications

These products are not qualified for use in life support appliances, aeronautical applications or devices or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury.

Copyright © by Sensitec GmbH, Germany

All rights reserved. No part of this document may be copied or reproduced in any form or by any means without the prior written agreement of the copyright owner. The information in this document is subject to change without notice. Please observe that typical values cannot be guaranteed. Sensitec GmbH does not assume any liability for any consequence of its use.

Sensitec GmbH

Schanzenfeldstr. 2 · 35578 Wetzlar · Germany
Tel. +49 6441 5291-0 · Fax +49 6441 5291-117
www.sensitec.com · sensitec@sensitec.com