

Neuentwicklungen bei magnetoresistiven Sensoren für intelligente Lager

Getrieben durch Trends wie Industrie 4.0 nimmt das Angebot an intelligenten Lagern beziehungsweise Sensorlagern stetig zu. Durch die Integration eines Messsystems in ein Lager oder in eine Linearführung erspart sich der Anwender eine separate Messvorrichtung. Dadurch werden Konstruktions- und Montageaufwand reduziert, und es gibt oft funktionelle Vorteile in Bezug auf Genauigkeit, Dynamik und Bauvolumen. Dabei werden unterschiedliche Messprinzipien angewandt für Winkel- und Längenmessaufgaben, unter anderem optische, kapazitive und induktive Verfahren. In diesem Anwendungsbereich setzen sich jedoch zunehmend Sensorlager auf magnetischer Basis durch. Die Kombination aus höherer Präzision, höherer Dynamik, größerem zulässigen Luftspalt und extremer Robustheit führen zum Einsatz von magnetoresistiven (MR) Sensoren sowohl in Wälz- als auch Gleitlagern als Teil eines Winkel- oder Längenmesssystems.

Ein Trend, der die industrielle Automatisierung und den Maschinenbau immer stärker prägen wird, ist die Integration verschiedener Funktionen in einem Bauteil. Das Thema Funktionsintegration wird die Konstruktionsaufgabe zunehmend bestimmen. Das gilt auch für die Sensortechnik, deren Weiterentwicklung und Miniaturisierung integrierte Bauteile, wie zum Beispiel Sensorlager oder Sensordichtungen, erst möglich macht. Sensorlager, das heißt Wälz- oder Gleitlager mit integriertem Messsystem, sind eine beispielhafte Umsetzung des mechatronischen Grundgedankens, wonach mechanische Systeme durch Sensoren und Mikrorechner zur Realisierung teilintelligenter Produkte und Systeme ergänzt und erweitert werden. Aktuell zeichnen sich verschiedene Entwicklungstrends ab, die nur durch Neuentwicklungen im Bereich der Sensorik zu erfüllen sind.

- Höhere Genauigkeit und Absolutmessung – Es entstehen neue Anwendungen, wo hochintegrierte Sensoren erforderlich sind, um diesen Anforderungen gerecht zu werden.



Bild 1
Mögliche Messanordnungen. (Bild © Sensitec GmbH)

- Sensorfusion – Zunehmend sollen neben einer Winkel- oder Weg-Messung auch zusätzliche Informationen erfasst werden, unter anderem Temperatur und Betriebsstunden.
- Drahtlose Kommunikation – In vielen Endanwendungen möchte man auf Kabel verzichten und die Kommunikation drahtlos durchführen. Dies erfordert wiederum extrem energieeffiziente Sensortechnologien.
- Miniaturisierung – Es entstehen weiterhin neue Anforderungen für sehr kleine intelligente Lager mit integriertem Messsystem. Komplett neue Technologien ermöglichen die Erstellung von miniaturisierten Maßverkörperungen.

MR-Sensortechnologie

Der MagnetoResistive Effekt (MR-Effekt) ist seit 150 Jahren bekannt. Die sensorische Nutzung konnte jedoch erst vor circa 30 Jahren mit der Dünnschichttechnik voran gebracht werden. Der Begriff MR-Sensor ist ein Sammelbegriff für Sensoren, die auf verschiedenen physikalischen Prinzipien basieren. Alle MR-Prinzipien haben gemeinsam, dass sich der elektrische Widerstand des Sensors unter dem Einfluss eines Magnetfelds ändert. Durch geschickte Anordnung der Strukturen im Sensor können sehr unterschiedliche Sensoren konstruiert werden, um beispielsweise einen Mag-

netfeld-Winkel, eine Magnetfeld-Stärke oder einen Magnetfeld-Gradienten zu erfassen. Als einer der wenigen Hersteller von xMR-Sensoren beherrscht Sensitec die drei aktuell industriell genutzten Technologien: Anisotrop Magnetoresistiv (AMR), Giant Magnetoresistiv (GMR) und Tunnel Magnetoresistiv (TMR). MR-Sensoren erobern in den letzten Jahren ständig neue Applikationsfelder in der Magnetfeldmessung, sei es als elektronischer Kompass, als Weg- und Winkelmesssystem oder als kleine, potenzialfreie Stromsensoren. Eine Verstärkerschaltung wird häufig zur Verstärkung der rohen Sensorsignale eingesetzt. Diese wird entweder als komplette integrierte Schaltung oder über eine Kombination aus einzelnen Komponenten und integrierten Schaltkreisen, wie zum Beispiel Operationsverstärker, implementiert. Diese Signale können dann mittels Interpolations-ASIC, anwendungsspezifische Signalprozessoren oder Mikrocontroller digitalisiert werden, um das digitale Ausgangssignal be-

reitzustellen. In Bild 1 sind mögliche Messanordnungen aufgezeigt. Dabei erkennt man, dass es sich nicht nur um die Erfassung von rotatorischen Bewegungen, sondern auch um lineare Bewegungen handeln kann. Des Weiteren sind sowohl inkrementelle als auch absolute Winkel- und Längenmessaufgaben lösbar.

Vorteile und Nutzen von MR-Sensoren

Die verschiedenen MR-Effekte verfügen gemeinsam über eine Reihe von Vorteilen, die alle dazu beigetragen haben, dass sich MR-Sensorik als richtige Wahl in den anschließend beschriebenen Anwendungen erwiesen hat:

- Hohe Auflösung und hohe Genauigkeit.
- Hohe Dynamik mit einer Bandbreite bis über 10 MHz.
- Sehr robust mit hoher Unempfindlichkeit gegenüber Öl, Schmutz und sehr hohen oder sehr niedrigen Umgebungstemperaturen.

- Hohe Zuverlässigkeit.
 - Extrem kleine Abmessungen.
 - Niedrige Leistungsaufnahme.
 - Wartungsfreier und verschleißfreier Betrieb aufgrund von berührungslosem Messen.
- Diese Merkmale bieten dem Anwender folgenden Nutzen:
- Großer Arbeitsabstand zwischen Sensor und zu messendem Objekt, wodurch sich der Konstruktions- und Montageaufwand reduziert.
 - Die hohe Empfindlichkeit bietet die Möglichkeit, durch eine Gehäusewand zu messen.
 - Höchst präzise Winkel- und Linear-messung mit hoher Auflösung für eine exakte Messleistung bei hoher Positioniergenauigkeit.
 - Hohe Bandbreite, um sehr dynamische Prozesse zu überwachen.
 - Zuverlässigkeit und Sicherheit unter schwierigen Betriebsbedingungen.
 - Kompaktes, leichtes Messsystem, welches Messungen an schwer zugänglichen Stellen ermöglicht.

Prinzip	Genauigkeit	Empfindlichkeit	Robustheit	Temperaturstabilität	Integrationsfähigkeit	Kosten
Potenziometrisch	+	+	-	+	o	++
Induktiv	+	+	+	++	+	+
Magnetisch						
Hall	o...+	+	o...+	o	++	+
AMR	++	++	++	+	+	+
GMR	+	++	+	++	+	o
TMR	+	++	+	++	+	+
Optisch	~...o	++	o	+	o	~...o

Tabelle 1: Vergleich der verbreiteten Sensortechnologien für Sensorlager.

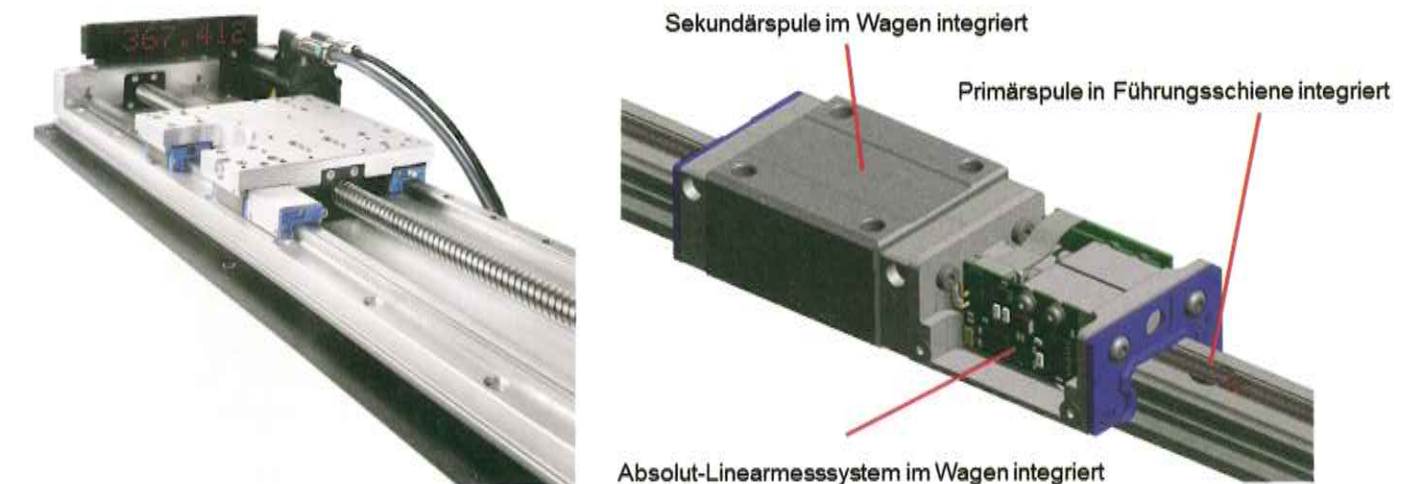


Bild 2
Integriertes Längenmesssystem auf TMR-Basis (links) mit Funktionsprinzip (rechts) (Bild © NTN-SNR Bearings)

Autoren

Dr. Rolf Slatter
Dipl.-Ing. (FH) René Buß
beide: Sensitec

Kontakt:
Sensitec GmbH
Georg-Ohm-Straße 11
35633 Lahnau
www.sensitec.com



Bild 3
Kompakter TMR-Winkel- und Drehzahlsensor für radiale Abtastung. (Bild © NTN-SNR Bearings)

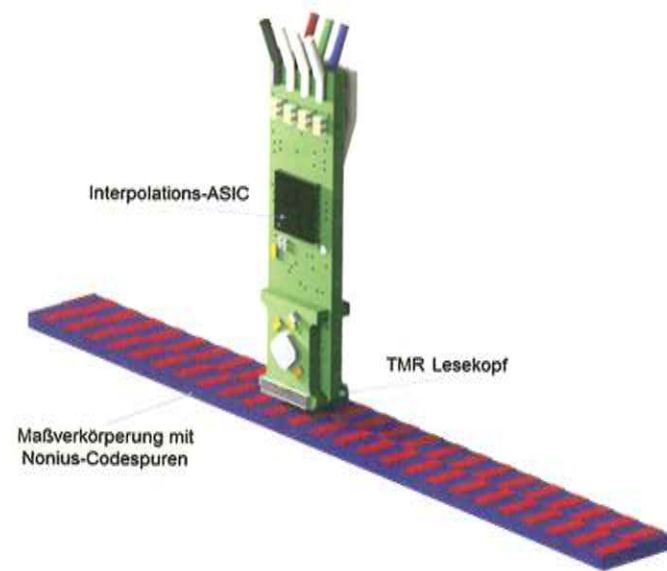


Bild 4
Nonius-Prinzip. (Bild © Sensitec GmbH)

- Lange Lebensdauer durch verschleißfreien Betrieb.

Tabelle 1 fasst die Vor- und Nachteile gegenüber anderen Sensorprinzipien zusammen.

Anwendungsbeispiel: Integriertes Längenmesssystem für kabellose Linearführung

Innerhalb des BMBF-geförderten Forschungsprojekts KaLiPso – Kabellose Linearführungssysteme mit integrierter Positionsmessung – ist es dem Lagerhersteller NTN-SNR gelungen, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen der Universität Hannover und Sensitec ein kabelloses Absolut-Längenmesssystem auf TMR-Basis in einer Linearführung zu integrieren (Bild 2). Es wird kein Kabelschlepp mehr benötigt, was eine erhebliche Reduzierung des Monta-

ge- und Wartungsaufwands bewirkt. Die Positionsmessung wird nie ausgeschaltet, sodass jede Bewegung des Schlittens kontinuierlich verfolgt und die aktuelle Absolut-Position immer gespeichert wird, selbst bei ausgeschalteter Motorsteuerungseinheit.

Das Sensorsystem erkennt bei der Initialisierung einen Ausgangsreferenzpunkt und liefert dann bis zu 150.000 Positionen pro Sekunde mit einer Genauigkeit von 10 bis 15 µm, bei sehr guter Wiederholgenauigkeit. Die kompakte Bauweise, die einfache Implementierung und der Wegfall störender Kabel machen das System besonders geeignet für große Maschinen und für Elektronik-anwendungen, wo kabelgebundene Systeme Einschränkungen nach sich ziehen. Zum potenziellen Anwendungsbereich zählen zudem 3-D-Industriedrucker mit Linearführungen für die x-, y- und z-Achsen. Das System umfasst ein

kabelloses Mess- und Positioniermodul, das an der Linearführung befestigt ist und Geschwindigkeiten bis 5 m/s unterstützt. Die hochauflösende Magnetmesstechnik liest ein Magnetband aus, das in die Führung integriert ist und als Messgeber dient. Weiterer Bestandteil ist ein faseroptisches Datenübertragungssystem, das die Anforderungen an eine hohe Datenübertragungsgeschwindigkeit mit niedrigen Latenzzeiten erfüllt. Das System zeichnet sich durch geringeren Platzbedarf aus, ist weniger stör anfällig, kennt keine Kabelermüdung und erzeugt weniger bewegungsbedingte Verunreinigungen. Es verhindert auch die Bildung elektrostatischer Entladungen zwischen beweglichen und starren Teilen der Maschine.

Kompakter Winkel- und Drehzahlsensor auf TMR-Basis

NTN-SNR hat auch für rotatorische Bewegungen einen Winkel- und Drehzahlsensor auf TMR-Basis entwickelt (Bild 3). Der Sensor kann über 360° absolut messen und verfügt über optional integrierte Temperatursensoren sowie Betriebsstundenzähler. In beiden Fällen wird das Nonius-Prinzip (Bild 4) angewandt, das heißt, es werden zwei oder drei Spuren mit unterschiedlichen Polteilungen benutzt und der Winkel wird durch die unterschiedlichen Phasenlagen der Signale der jeweiligen Sensoren (ein Sensor pro Spur) berechnet. Die neue Lösung verfügt über eine Auflösung bis 17 Bit/Umdrehung (131.072 Puls/Umdrehung) sowie eine sehr hohe absolute Winkelgenauigkeit von ±0,1°. Der Sensorkopf ist für Schutzklasse IP67 ausgelegt und ermöglicht die Nutzung in Anwendungen mit Beaufschlagung von Öl oder Fett. Der Elastomer-gebundene Polring kann direkt am Lagerinnenring montiert werden.

Ausblick

Die MR-Sensortechnologie hat sich in den letzten Jahren als das bevorzugte Messprinzip für integrierte Messsysteme in Sensorlagern etabliert. Diese vielseitige Technologie erfüllt die komplexe Kombination an Anforderungen hinsichtlich Genauigkeit, Dynamik, Robustheit und Kompaktheit. AMR-, GMR- und TMR-basierte Sensoren sind im Industrie- und Automobileinsatz. Die extrem geringe Leistungsaufnahme neuer TMR-Sensoren ermöglicht drahtlose Lösungen beziehungsweise autarke Sensoren mit Energy Harvesting.

Offenes Längenmessgerät: genau, kompakt und zuverlässig



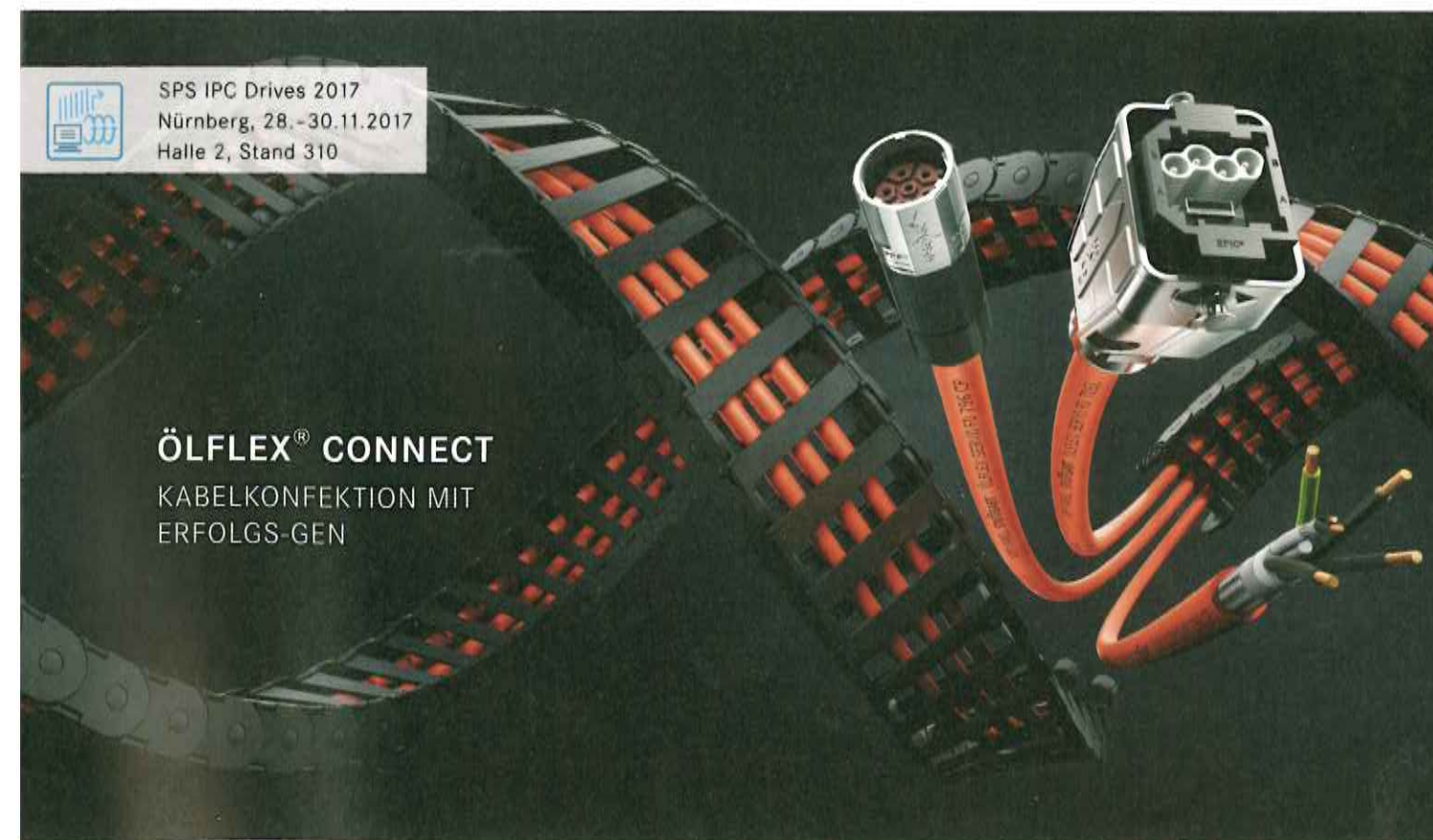
Das LIP 6000 bietet dauerhaft hohe Genauigkeit durch den neuen Signal-Processing-ASIC HSP 1.0 (Bild © Heidenhain)

Das neue offene Längenmessgerät LIP 6000 von Heidenhain mit interferentieller Abtastung ermöglicht eine Positionsermittlung mit hoher Genauigkeit und dauerhaft zuverlässigen Signalen bei besonders kompakten Abmessungen. Mit seiner sehr geringen Interpolationsabweichung von nur ±3 nm, dem niedrigen Rauschniveau von nur 1 nm RMS und der Basisabweichung von weniger als ±0,175 µm in einem 5-mm-Intervall ist es prädestiniert für Anwendungen, bei denen es

auf eine sehr konstante Geschwindigkeitsregelung oder hohe Positionsstabilität im Stillstand ankommt. Seine besonderen Eigenschaften verdankt das LIP 6000 unter anderem dem neuen Signal-Processing-ASIC HSP 1.0. Er gewährleistet eine konstant hohe Güte der Abtastsignale über die gesamte Lebensdauer der Messgeräte. Dazu überwacht er permanent das Abtastsignal. Nimmt die Signalamplitude ab, regelt der HSP 1.0 diese durch Anheben des LED-Stroms nach. Durch die damit verbundene Erhöhung der Lichtintensität der LED verschlechtert sich selbst bei einem starken Eingriff der Signalstabilisierung der Rauschanteil in den Abtastsignalen kaum – ganz im Gegensatz zu Systemen, bei denen die Verstärkung im Signalpfad stattfindet. Gleichzeitig sorgt

der HSP 1.0 dafür, dass das Signal bei Verschmutzungen die ursprüngliche, ideale Signalform beibehält. Weitere Besonderheiten des LIP 6000 sind die integrierte Homing- und Limitfunktion. Die Homingfunktion ermöglicht die Lageerkennung und damit eine schnellere Referenzierung des Systems – gerade bei langen Achsen mit großen Verfahrwegen ein deutlicher Vorteil. Die integrierte Limitfunktion ermöglicht eine Endlagenerkennung ohne weitere zusätzliche Maßnahmen. Dazu werden Limitblenden beim Anbau einfach individuell positioniert. Zusammen mit der Information aus der Homingfunktion erlaubt die Limitfunktion die Unterscheidung, ob mit dem Abtastkopf die rechte oder linke Endlage überfahren wird. Die kompakten Baumaße des

LIP 6000 resultieren aus der hohen Integrationsdichte bei der Abtastung und der Signalverarbeitung. Diese Integrationsdichte ermöglicht einen Abtastkopf in den Abmessungen 26 mm Länge, 12,7 mm Breite und 6,8 mm Höhe sowie mit einer sehr geringen Masse von nur 5 g. Er steht zudem in zwei Ausführungen zur Verfügung: Je nach Anbausituation kann ein linksseitiger oder rechtsseitiger Kabelausgang gewählt werden. Die Maßstäbe stehen bis zu einer Länge von 3040 mm zur Verfügung. Da Abtastkopf und Maßstab des LIP 6000 ein ungepaartes System sind, können beide beliebig miteinander kombiniert werden.
Dr. Johannes Heidenhain GmbH
Dr.-Johannes-Heidenhain-Str. 5
83301 Traunreut
www.heidenhain.de



Viele Möglichkeiten, eine Lösung: ÖLFLEX® CONNECT. Von Standard-Kabelkonfektion, über Servo-Lösungen für extrem schnelle Anwendungen bis hin zu hochkomplexen Energieführungsketten. Mit unserer Entwicklungskompetenz begleiten wir Sie Schritt für Schritt.

