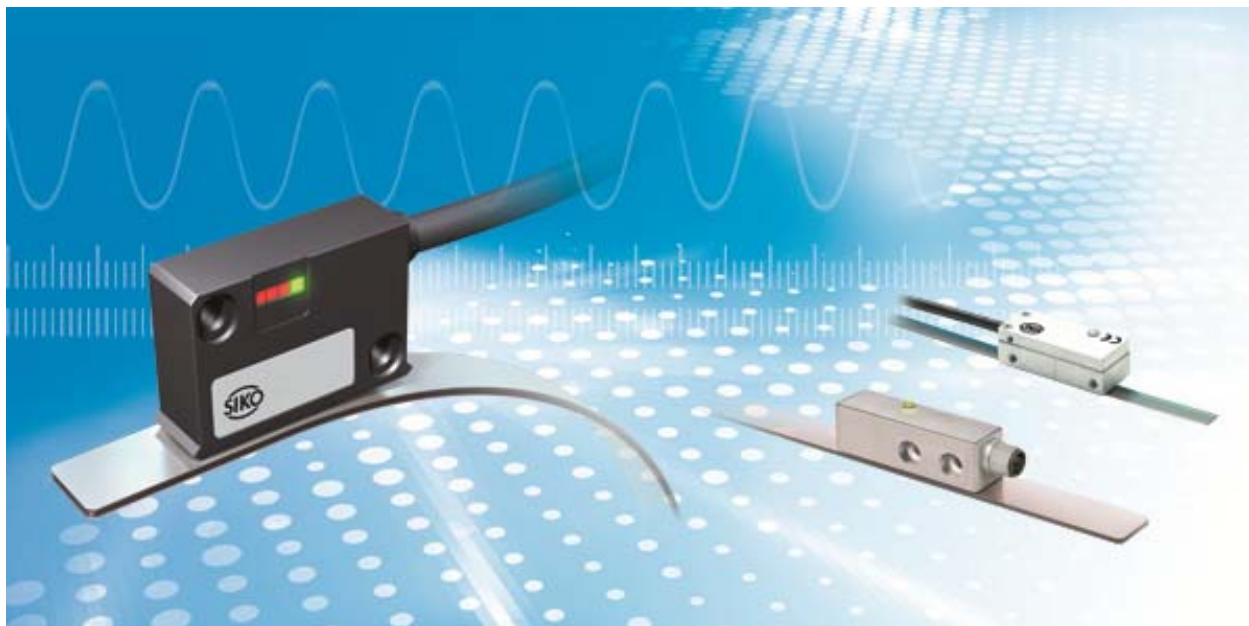




WHITEPAPER

# Die passende Sensorik für jeden Anwendungsfall

Vergleich optischer und magnetischer Längen- und Winkelmesssysteme



Die Anforderungen an Längen- oder Winkelmessverfahren sind sehr unterschiedlich, in den letzten Jahren hat sich deshalb ein breites Produktspektrum entwickelt. Die Auswahl eines passenden Systems lässt sich durch frühe Klärung bestimmter Eckdaten deutlich vereinfachen. Das Whitepaper vergleicht anschaulich die Vor- und Nachteile optischer und magnetischer Sensoren anhand von Anwendungsbeispielen, Zeichnungen und Bildern. Der Leser erhält Orientierung bei der Auswahl eines maßgeschneiderten Systems, das wirtschaftliche und technologische Aspekte gleichermaßen berücksichtigt.



## INHALT

1	Einleitung .....	3
2	Grundüberlegungen für die Vorauswahl eines geeigneten Längenmessverfahrens.....	5
3	Optische Messsysteme – hohe Präzision und magnetische Unempfindlichkeit .....	6
3.1	Vorteile des optischen Systems .....	7
3.2	Nachteile des optischen Systems .....	8
3.3	Applikationen, die für optische Messsysteme prädestiniert sind.....	9
4	Magnetische Messsysteme – hohe Wirtschaftlichkeit und unkompliziertes Handling...	144
4.1	Vorteile des magnetischen Band-Längenmesssystems .....	16
4.2	Nachteile des magnetischen Messsystems .....	16
4.3	Applikationen der magnetischen Messsysteme .....	18
5	Besonderheiten rotativer Systeme .....	26
6	Die Siko-Produktfamilie MagLine: Magnetische Längen- und Winkelmesssysteme.....	27
6.1	Die MagLine-Micro-Produkte .....	27
6.2	Die MagLine-Basic-Produkte .....	28
6.3	Die MagLine-Macro-Produkte .....	30
6.4	Die MagLine-Roto-Produkte .....	31
7	OptoLine: Optische Sensoren von Siko .....	32
8	Fazit .....	33
	Abbildungsverzeichnis.....	35



## 1 Einleitung

Präzise Längenmessung gehört zu den Grundanforderungen industrieller Produktion. Die Spezifikationen der Messsysteme sind dabei so unterschiedlich wie die Anwendungsbereiche, in denen die Sensoren zum Einsatz kommen. Während es in der Lagerlogistik vorkommen kann, dass Messstrecken von bis zu hundert Metern bei frostigen Bedingungen erfasst werden müssen, liegt die größte Herausforderung im Maschinenbau im Bereich der Genauigkeit. Häufig erschwert die Verschmutzung durch Umgebungsmedien den Messprozess zusätzlich: In der Holzbearbeitung beispielsweise müssen Sensoren trotz hoher Staubbelastung zuverlässig funktionieren. Bei Nassbearbeitungen in CNC-gesteuerten Fräsmaschinen sind die Sensoren dauerhaft Kühlschmierstoffen ausgesetzt. Die Funktion der Messsysteme, mit anderen Worten die Zuverlässigkeit der Messergebnisse, darf nicht unter Verschmutzungen wie z. B. umherfliegenden Spänen leiden.

Die Leistungsfähigkeit des Messsystems auch unter rauen Umgebungsbedingungen ist zusammen mit der Genauigkeit und der Wirtschaftlichkeit des Systems eines der Hauptargumente für die Auswahl der geeigneten Messtechnik. In den letzten Jahren hat sich in der Längenmesstechnik aufgrund dieser diversen Anforderungen ein breites Produktspektrum entwickelt. Die magnetischen Sensoren grenzen technologisch gesehen an den Genauigkeitsklassen der optischen Systeme. Jedoch gibt es Anwendungen, die eine so hohe Präzision erfordern, dass nur die optischen Systeme in Frage kommen. Diese sind im Vergleich zu den magnetischen wiederum empfindlicher gegenüber äußeren Einflüssen wie Staub oder Flüssigkeiten. Durch Verkapselung der Sensoren lassen diese sich beispielsweise beim CNC-Fräsen vor beeinträchtigenden Emulsionen schützen. Der Aufwand hierfür ist jedoch hoch und kostenintensiv.



Bei der Auswahl eines passenden Messsystems kommt es also darauf an, die Anforderungen wie notwendige Präzision bei möglichst wenig Beeinträchtigung durch externe Einflüsse so zu erfüllen, dass eine wirtschaftliche Lösung erzielt wird – eine Kombination aus Leistungsfähigkeit und Bezahlbarkeit. Für den Endanwender ist es nicht leicht, die Orientierung am Markt zu bewahren. Doch die Auswahl eines maßgeschneiderten Systems, das entweder auf dem optischen oder auf dem magnetischen Messprinzip basiert, lässt sich durch frühe Klärung bestimmter Eckdaten deutlich vereinfachen.

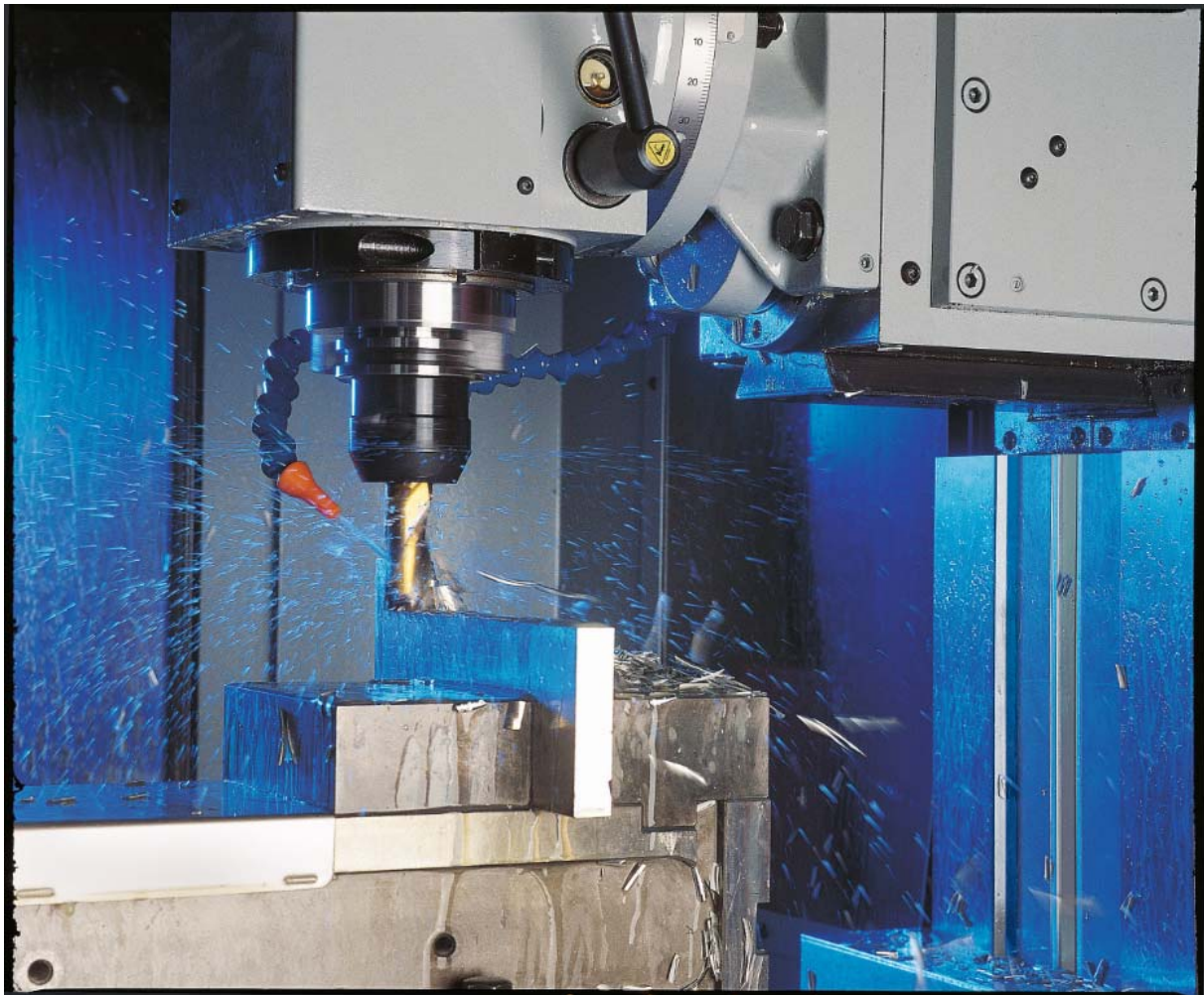


Abbildung 1: Einsatz unter erschwerten Bedingungen - Späne und Schmierstoffe in einer CNC-Maschine



## 2 Grundüberlegungen für die Vorauswahl eines geeigneten Längenmessverfahrens

Zunächst gilt bei der Auswahl eines geeigneten Längenmessverfahrens zu beachten: Je genauer die Messung sein muss, desto wichtiger werden optische Messverfahren.

Hinsichtlich der Einsatzumgebung lässt sich folgende Grundregel aufstellen: Je stärker die Verschmutzung der Einsatzumgebung durch Stäube und Flüssigkeiten ist, desto deutlicher kommen die Vorzüge magnetischer Lösungen zum Tragen. Nach Erfahrung von Uwe Frey aus dem technischen Vertrieb MagLine des im Schwarzwald ansässigen

Messtechnikherstellers Siko GmbH ist die erforderliche Exaktheit der Messung das Schlüsselkriterium bei der Suche nach passenden Sensoren: „In erster Linie entscheiden die Anforderungen an die Genauigkeit. Ist die Vorgabe des Kunden einen Bereich zu vermessen, der mit einer Genauigkeit von  $\pm 5$  Mikrometer toleriert ist, so ergibt sich daraus ohne große Rückfragen, dass ein optisches System zum Einsatz kommt. Im magnetischen Bereich kann ein Genauigkeitsbereich von bis zu  $\pm 10$  Mikrometer abgebildet werden“.

Er weist jedoch zugleich darauf hin, wie viel sich in der Vergangenheit im Bereich der magnetischen Systeme verändert hat: „Noch vor wenigen Jahren waren Werte von kleiner als  $\pm 25$  Mikrometer für magnetische Systeme unerreichbar. Damit mussten hochpräzise Anwendungen zwangsläufig mittels optischer Messverfahren realisiert werden.“ Durch geringere Polteilung der Messstreifen, die durch hochmoderne Produktionsverfahren erreicht werden, ließ sich die Systemgenauigkeit magnetischer Messverfahren erheblich steigern.

Die Firma Siko hat sich seit 1963 als Messtechnik-Anbieter für unterschiedliche Aufgaben wie Längen-, Winkel- und Drehzahlmesstechnik sowie das Messen von Neigung oder Geschwindigkeit etabliert. Das Unternehmen aus dem Schwarzwald rundet ihr umfassendes Portfolio magnetischer Sensoren mit der optischen Sensorik hinsichtlich Präzision nach oben ab.



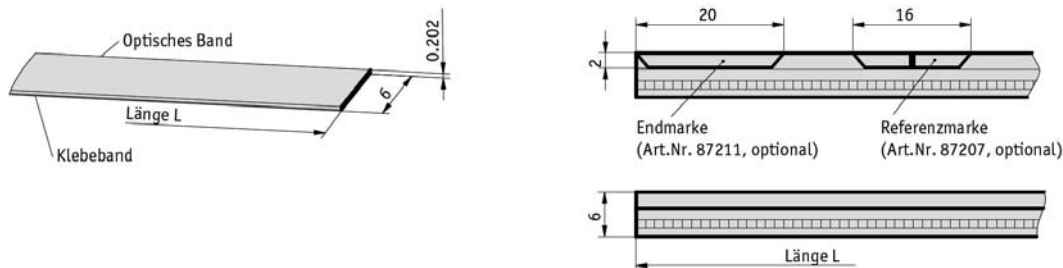
So hat sich die Produktlinie für magnetische Längen- und Winkelmessung „MagLine“ in den letzten Jahren kontinuierlich weiterentwickelt. Die MagLine Micro ist die Produktparte, bei der die höchsten System- und Wiederholgenauigkeiten erreicht werden. Der digitale Magnetsensor MSK1000 beispielsweise kann Auflösungen von bis zu 0,2 Mikrometern (200 Nanometer) realisieren und verfügt dabei über eine Wiederholgenauigkeit von  $\pm 1$  Mikrometern. Die Magnetbänder werden mit höchster Sorgfalt und unter Einsatz hochpräziser Anlagen im eigenen Hause gefertigt. Für die Codierung der Messbänder hat der Hersteller ein spezielles Verfahren entwickelt. Je nachdem ob es sich um ein inkrementales oder ein absolutes Messverfahren handelt, werden ein oder mehrere magnetische Codespuren aufgebracht. Auch in den Bereichen der Wiederholgenauigkeit und der umsetzbaren Achsgeschwindigkeiten ist die jüngere Produktentwicklung beeindruckend.

Mit dem optischen Sensor LSC20 und dem optischen Maßband TS20 werden Längen und Winkel nach dem optischen Messprinzip erfasst. Das hochgenaue Messsystem zählt die Messschritte auch bei hoher Verfahrensgeschwindigkeit (3 m/sec bzw. 1,5 m/sec) zuverlässig. Der optische Maßstab TS20 ist als Längenmesssystem mit bis zu 30 Metern Messlänge, aber auch als Winkelmesssystem für Messungen von kleiner als 360 Grad verwendbar.

### 3 Optische Messsysteme – hohe Präzision und magnetische Unempfindlichkeit

Die optischen Systeme aus dem Hause Siko GmbH werten mittels einer laserbasierten Technik die Informationen auf einem optischen Maßband aus. Die Positionswerte werden als digitale Zählimpulse (A, B, R) an die Nachfolgeelektronik weitergegeben. Das Messprinzip macht sich den Talbot-Effekt zunutze: Die Helligkeitsverteilung ist gitterförmig in definierten Abständen angeordnet. Hinter dem Sensorkopf wird ebenfalls eine Gitterstruktur aufgebracht. Dieses Gitter wird nun von monochromen Wellen bestrahlt, sodass man hinter dem Gitter eine breitere Lichtverteilung erhält. Die Technik erlaubt einen vergleichsweise großen Abstand zwischen Sensor und optischem Maßstab. Der Sensorkopf kann bei dieser Technologie sehr klein ausgeführt werden. Applikationen, bei denen das Baumaß eine kritische Größe darstellt, sind für das Verfahren prädestiniert.





**Abbildung 2: Grundaufbau des optischen Messbands**

### 3.1 Vorteile des optischen Systems

Die Genauigkeit des optischen Sensors LSC20 der Firma Siko ist sehr hoch und liegt bei  $\pm 5$  Mikrometern. Gegenüber dem magnetischen System mit seiner Genauigkeit von  $\pm 10$  Mikrometern bedeutet dies eine Steigerung der Genauigkeit um Faktor 2. Dazu kommt die um Faktor 4 höhere Auflösung von 0,05 Mikrometer gegenüber der aktuellen 0,2 Mikrometer von magnetischen Systemen.

Ein weiterer Vorteil der optischen Systeme liegt in der Unempfindlichkeit gegenüber magnetischen Störeinflüssen. Beim Einsatz von Linearmotoren beispielsweise kann elektromagnetische Strahlung auftreten, die als sogenannte Fremdfelder die Positionswerte des Magnetsensors verfälschen können. Jedoch sind Linearmotoren bei Siko eines der Hauptanwendungsgebiete für magnetische Sensoren – besonders wenn die Motoren unter rauen Umgebungsbedingungen eingesetzt sind. Denn der magnetische Fremdeinfluss der Linearmotoren ist nur dann kritisch, wenn Sensorkopf und Magnetband zu nah am Motor angebracht sind. Hält der Anwender einen definierten Sicherheitsabstand zwischen Sensor und Motor ein oder schirmt diesen ab, werden Störeinflüsse vermieden. Je weiter der Motor vom Sensor entfernt ist, desto weniger Einfluss nimmt er auf die Sensorik. Der Vorteil der optischen Sensoren kommt folglich besonders dann zum Tragen, wenn enge Platzverhältnisse vorliegen oder sehr hohe magnetische Störeinflüsse vorhanden sind.



Bei den magnetischen Systemen besteht rein physikalisch bedingt eine Hysterese in Bezug auf den Messwert. Diese entfällt bei den optischen Systemen, da diese frei von elektromagnetischen Einflüssen sind.

### 3.2 Nachteile des optischen Systems

Optische Messsysteme sind im Gegensatz zu den magnetischen Systemen empfindlich gegenüber Einflüssen aus der Umgebung wie Staub, Späne, Öle oder Fette. Unter rauen Bedingungen ist für das Messsystem zudem ein Schutz gegenüber Schock- und Vibrationsbelastungen sowie Schmutz notwendig. Darüber hinaus ist diese Messtechnik empfindlich gegenüber Temperaturschwankungen und hoher Luftfeuchtigkeit. Durch Betauung auf dem Codestreifen können Messfehler entstehen. Um dies zu vermeiden könnten aufwändige Gehäuse-Konstruktionen zum Schutz vor den genannten Umwelteinflüssen implementiert werden, die aber wiederum den Preis für das Messsystem erhöhen.

Hinsichtlich der Kosten kann man grundsätzlich sagen, dass die optischen Sensoren teurer sind als die magnetischen Sensoren. Ein optischer, inkrementaler Sensor kostet in entsprechender Stückzahl etwa doppelt so viel wie ein magnetischer Sensor. Bei den Maßstäben verhält es sich ähnlich: Der Preis von Magnetbändern ist um das zwei- bis zweieinhalbfache günstiger als der von optischen Bändern. Ein weiterer Nachteil der optischen Messtechnik betrifft die Installation und das Handling durch das Fachpersonal. Bei der Montage von Sensoren treten mechanische Toleranzen in Bezug auf die Führung auf, an welcher der Sensor befestigt wird. Der optische Sensor muss präzise ausgerichtet werden, um die mechanischen Toleranzen auszugleichen. Die Sensorik sollte immer exakt gleich über den Maßstab geführt werden, um präzise Werte dauerhaft zu erhalten. Schon bei der Montage sollten Staub und Schmutz den Sensor nicht beeinträchtigen. Es müssen Maßnahmen getroffen werden, um dies zu verhindern.





Vorteile optische Messsysteme	Nachteile optische Messsysteme
hochpräzise	Schmutzempfindlichkeit
hohe Auflösung (0,05 µm)	Umgebungsbedingungen nicht kondensierend (keine Feuchtigkeit / kein Frost)
hohe Systemgenauigkeit ± 5 µm	Relativ hoher Preis
hohe Wiederholgenauigkeit (0,05 µm)	Installation und Handling aufwändiger (Fachpersonal)
unempfindlich gegenüber starken magnetischen Einflüssen	
keine Hysterese	
flexible Handhabung bei optischem Band	
rotative Messungen kleiner 360 Grad	

**Abbildung 3: Vor- und Nachteile optischer Messsysteme**

### 3.3 Applikationen, die für optische Messsysteme prädestiniert sind

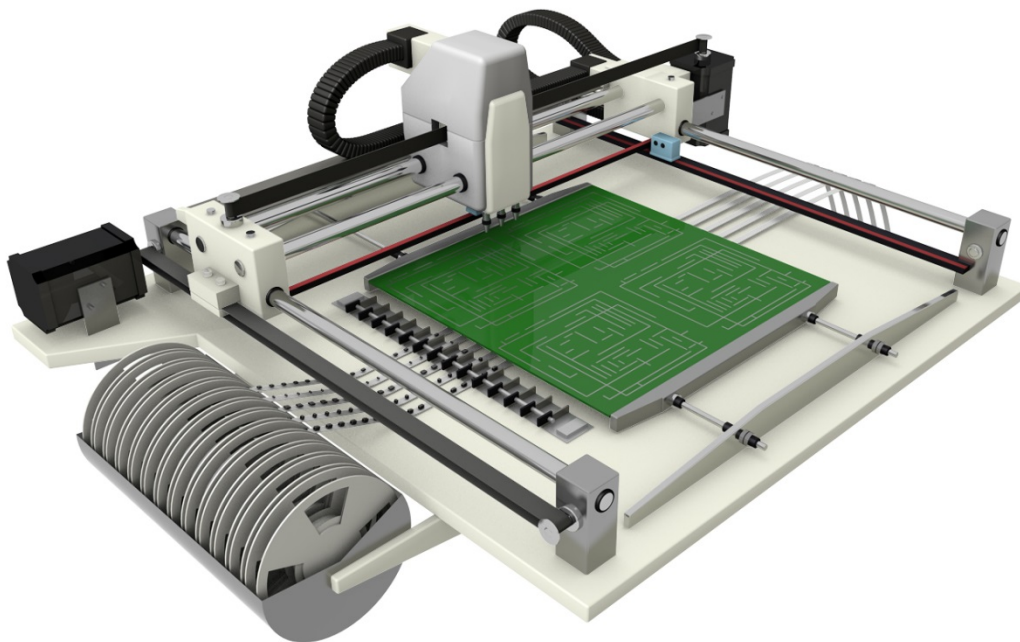
Die hochpräzise Messung mit hoher Wiederholgenauigkeit und Auflösung der optischen Messsysteme wird beispielsweise im Bereich der Pick-&-Place Automation, bei Fertigungsmaschinen und Inspektionsmaschinen in der Halbleiterindustrie, Positioniereinrichtungen und Messeinrichtungen in der Medizintechnik oder der Analysetechnik benötigt. Weitere Anwendungsbereiche liegen bei Ultrapräzisionsmaschinen und Hochpräzisionsapparaturen sowie Messmikroskopen und anderen hochgenauen Geräten der Messtechnik. Auch Anwendungen im Vakuum können messtechnisch realisiert werden.



Beispielhafte Anwendungen sind:

### **Pick-&-Place-Automation**

Bei der automatischen Bestückung von Leiterplatten kommt es auf hohe Präzision an. Die einzelnen Bauelemente wie Widerstände, Kondensatoren und Mikrochips müssen exakt auf der PCB-Platte positioniert werden, bevor sie gelötet werden. Die optischen Sensoren sorgen für diese exakte Positionsmessung.



**Abbildung 4: Kompakte optische Sensoren sind prädestiniert zur Erfassung von Weginformationen an Pick-&-Place Anlagen.**



## Halbleiter-Technologie

Die optischen Sensoren kommen in Fertigungsmaschinen und Inspektionsmaschinen in der Halbleiterindustrie zum Einsatz. Unter Reinraumbedingungen werden hier beispielsweise Chips mit Gold oder Aluminium kontaktiert. Bei integrierten Schaltkreisen wird die Funktion der elektronischen Bauelemente oberflächennah ca. 1 Mikrometer tief integriert. Ein Prozess, der absolute Präzision und damit den Einsatz optischer Sensoren erfordert, die zu 100 Prozent hysteresefrei sind.

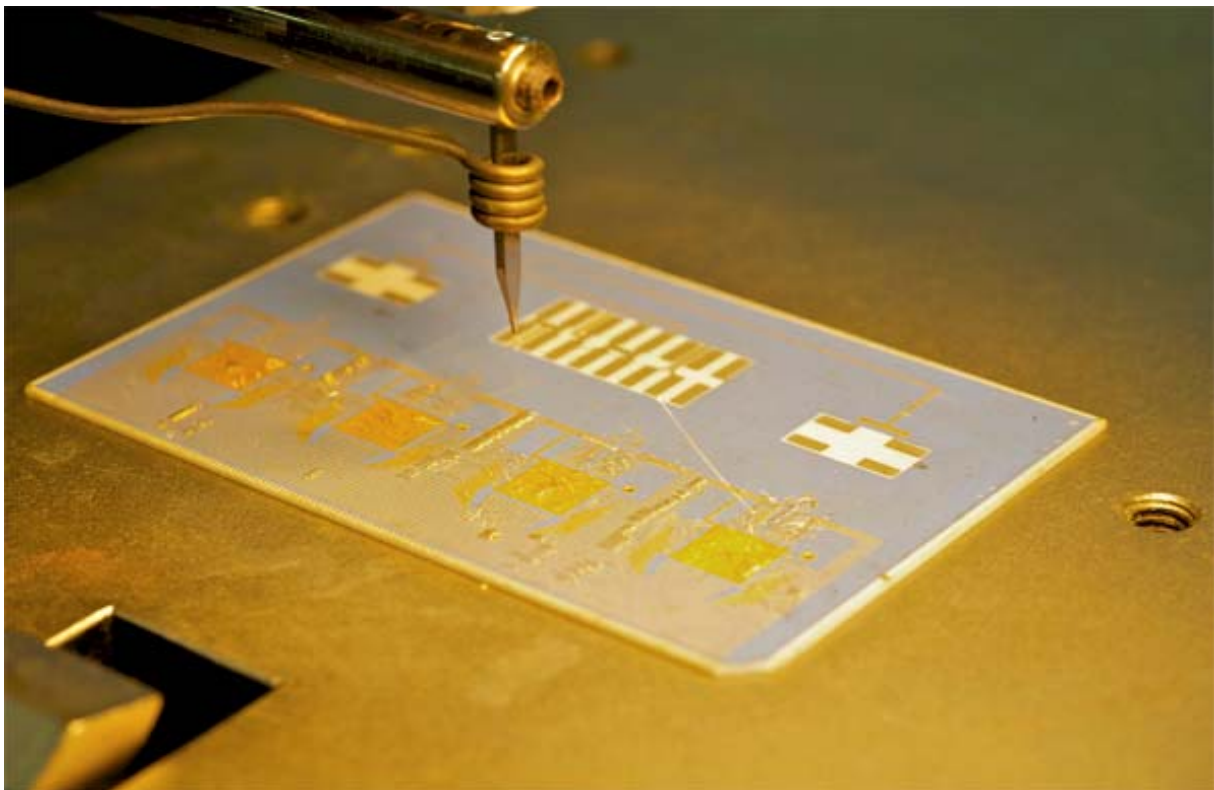


Abbildung 5: Wire Bonder

Bildnachweis: Wire Bonder – Stock Image, istockphoto.com, dolah



## Medizintechnik & Analysetechnik

In der Analysetechnik sind optische Sensoren beispielsweise im Bereich Liquidhandling implementiert. Mit Pipettier-Robotern werden Flüssigkeiten aus Proben-Vorratsbehältern in sehr genauen und kleinen Mengen in hoher Geschwindigkeit aufgenommen, transportiert und wieder abgegeben. Die Position, die einmal abgefahren wurde, darf beim nächsten Mal in nur geringfügiger Abweichung angefahren werden. Da die Proben sehr eng aneinander gereiht sind, wird die Pipettier-Anlage mit hohen Genauigkeitsanforderungen und hoher Reproduzierbarkeit konstruiert. Dafür sind die optischen Systeme prädestiniert.

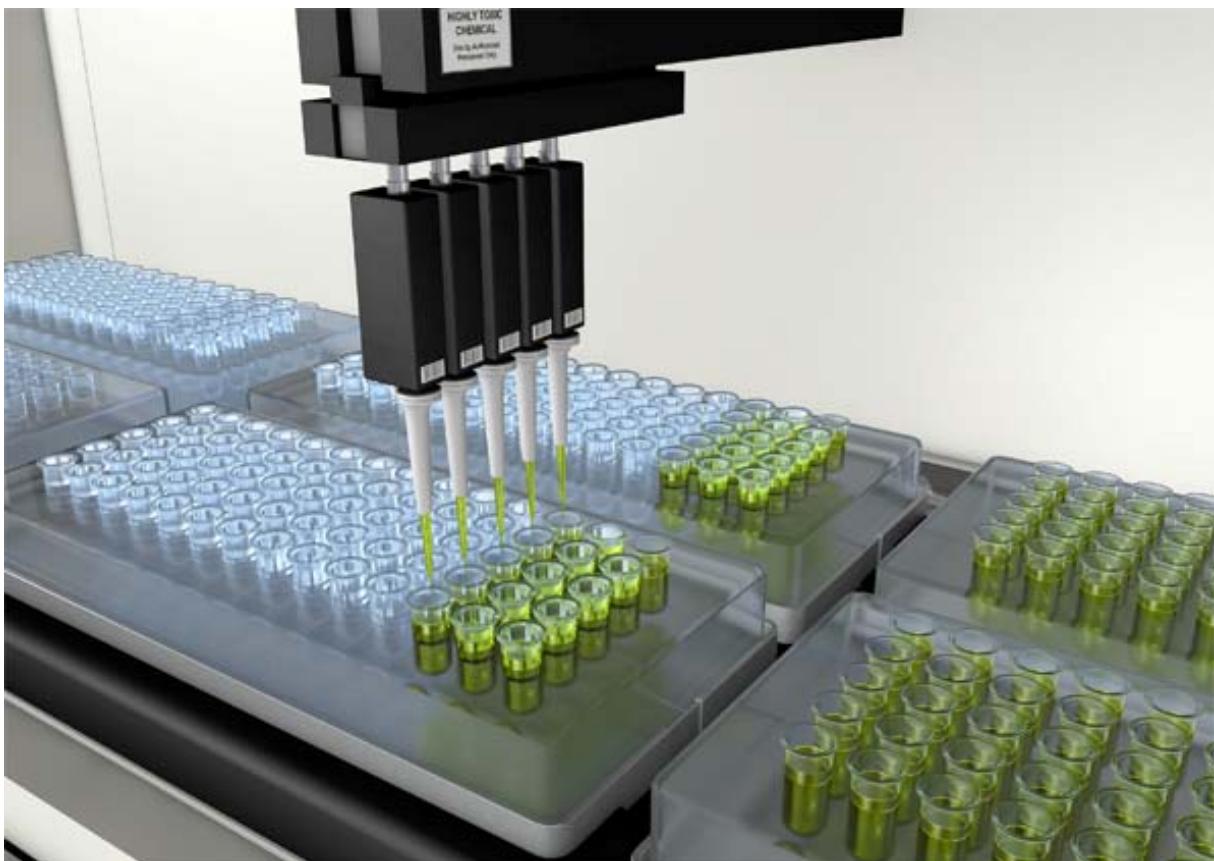


Abbildung 6: Weg- oder Winkelmessungen im Bereich der Medizin- oder Analysetechnik – Pipettier-Automation



## Lineare Antriebstechnik

Linearmotoren werden überall dort eingesetzt, wo schnelle Bewegungen sehr zuverlässig umgesetzt werden müssen. Die optischen Sensoren sind direkt am Linearmotor angebracht, um die Bewegung des Motors zu messen. Das Band, das bei den optischen Systemen eingesetzt ist, verfügt über sehr kompakte Maße. Auch der Sensorkopf des optischen Systems hat eine kleine Einbauform. Somit lassen sich die optischen Sensoren leicht in die Antriebseinheit integrieren.

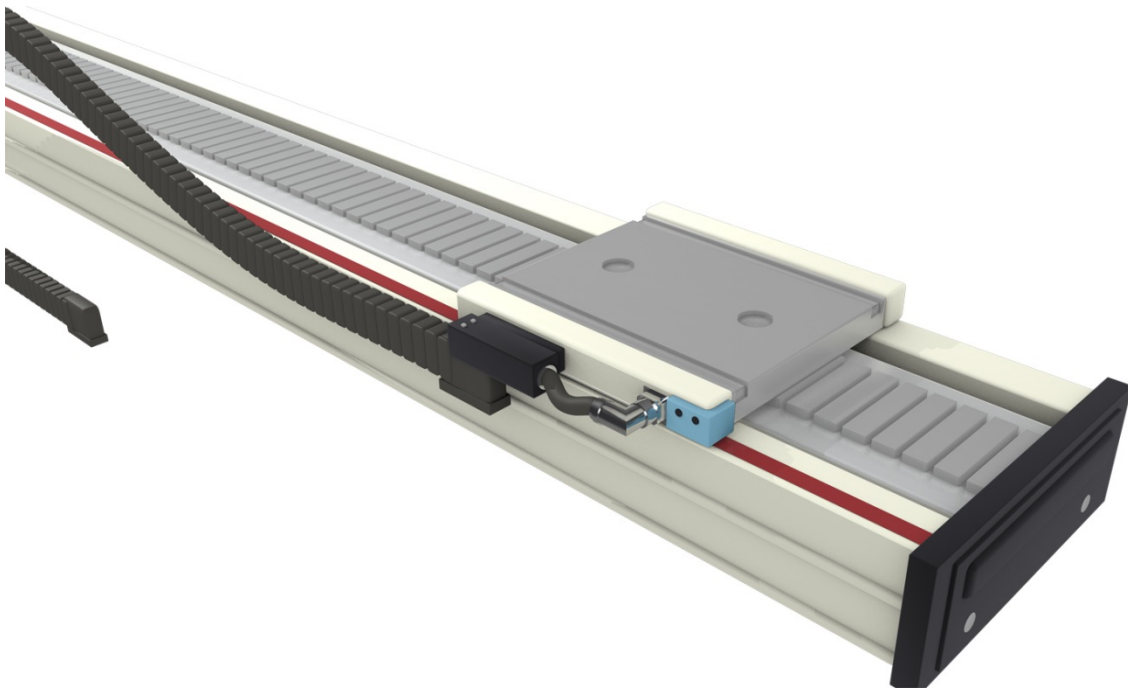


Abbildung 7: Optische Sensoren liefern präzises Feedback an Linearmotoren



#### 4 Magnetische Messsysteme – hohe Wirtschaftlichkeit und unkompliziertes Handling

Bei den magnetischen Messsystemen verfährt der Sensor berührungslos über ein flexibles Magnetband. Das eigentliche Magnetband ist auf eine 0,3 Millimeter starke Stahlträgerschicht aufgebracht. Die Magnetisierung erfolgt dabei mit definierten Polteilungen. Über das Abtasten der Magnetpole wird ein Signal erzeugt, das in digitale Rechtecksignale umgewandelt wird, die von einer Nachfolgeelektronik verarbeitet werden können. Die Sensorik erkennt die Teilung des Bandes und wandelt die Information hochauflösend in eine Weginformation um. Zum Auslesen der magnetischen Feldlinien ist kein direkter Kontakt erforderlich. Der Magnetsensor MSK5000 erlaubt beispielsweise einen Abstand zur Messfläche von bis zu zwei Millimetern.

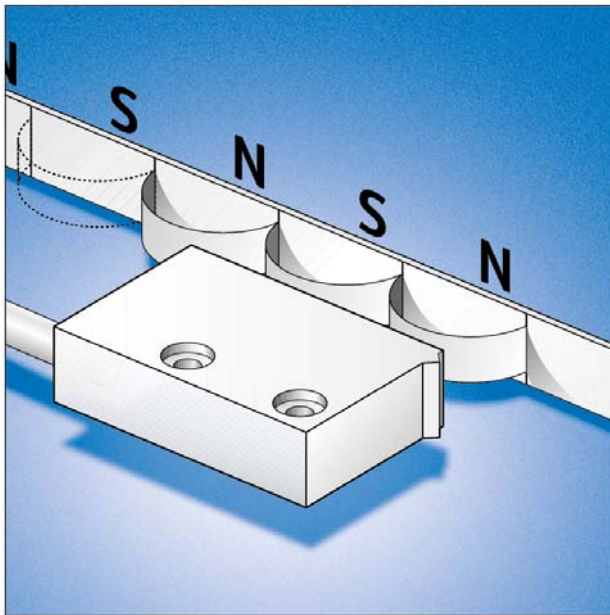


Abbildung 8: Schematische Darstellung der Funktionsweise des magnetischen Messsystems



Inkrementelle Kodierungen ergeben robuste und kostengünstige Allroundlösungen. Beim **inkrementellen Verfahren** ist das Magnetband in gleichmäßigen Abständen in Nord- und Südpole magnetisiert. Bei der Bewegung des Sensors über das Band wird eine Weginformation in Form von Rechtecksignalen übermittelt. Über die Anzahl der überquerten Segmente lässt sich dann exakt die zurückgelegte Distanz ermitteln. Generell ist es bei der inkrementellen Messmethode erforderlich, einen absoluten Bezug zu setzen. Alle ermittelten Wege stehen dann in Relation zu diesem sogenannten Referenzpunkt. Dies ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn das System nach einer stromlosen Phase wiedereingeschaltet wird. Ohne die magnetische Codierung des Referenzpunktes ist in solchen Fällen eine erneute Feinabstimmung durch eine Referenzfahrt erforderlich.

Bei unveränderter Magnetisierung des Bandes lässt sich im sogenannten **quasi-absoluten Verfahren** die Notwendigkeit der Referenzfahrten minimieren. Das Verfahren bedient sich des Prinzips der inkrementalen Positionserfassung. Die Elektronik puffert jedoch die Informationen mittels einer integrierten Batterie. So bleibt das Bezugssystem auch beim Ausschalten der Maschine erhalten. Durch den Einsatz sogenannter Lowest-Power-Technologie ist über lange Zeiträume ein zuverlässiger Betrieb möglich. Die Sensoren kommen bis zu zehn Jahre ohne Wechsel der Batterie aus.

Ist der Kunde jedoch bereit in etwas kostenintensivere Systeme zu investieren, so besteht die Möglichkeit auch Systeme mit **echt-absoluter Messinformation** einzusetzen: Bei diesen Systemen wird kein Referenzpunkt benötigt, da die magnetischen Codierung auf dem Band an jeder Stelle eindeutige Absolutwerte definiert. Die Absolutkodierungen der Magnetbänder steigern die Messsicherheit, da sie ausgestattet mit den passenden Absolutsensoren – wie etwa dem MSA111C von Siko – eine Positionserfassung auch im stromlosen Zustand erlauben. Nach Stromunterbrechungen, etwa nach Abschalten des Systems und erneutem Einschalten, wird auch bei zwischenzeitlich veränderter Sensorposition der tatsächliche Positionswert erfasst und umgesetzt. Je nach Ausführung der Maschine kann dieser Tatsache erhebliche Sicherheitsrelevanz zukommen.



#### 4.1 Vorteile des magnetischen Band-Längenmesssystems

Während die längsten optischen Systeme 30 Meter lang sind, werden die magnetischen Systeme bis 100 Meter angeboten. In der Regel kommt es bei solchen Anwendungen – etwa im Bereich der Lagerlogistik – nicht auf extreme Genauigkeit an. In der Lagerlogistik ist die mechanische Belastbarkeit und Unempfindlichkeit gegenüber Umgebungseinflüssen weitaus bedeutender. Magnetische Sensoren sind gegenüber Verschmutzung, Ölen und Feuchtigkeit resistent und relativ stabil bei Schock und Vibration. Somit eröffnet sich dem Anwender ein breites Feld an Einsatzmöglichkeiten, z. B. für Anlagen und Systeme im Außenbereich oder bei Werkzeugmaschinen. Ein weiterer Vorteil ist die flexible Handhabung beim Magnetband: Der Anwender kann das Band als Rollenware auf Lager legen und selbst konfektionieren.

Neben den linearen Messungen sind bei den magnetischen Messsystemen auch rotative Messung mit einem Messwinkel größer 360 Grad möglich (siehe Abschnitt 5: Besonderheiten rotativer Systeme)

#### 4.2 Nachteile des magnetischen Messsystems

Im Vergleich zu den optischen Systemen verfügen die magnetischen grundsätzlich über eine niedrigere Absolutgenauigkeit, Auflösung und Wiederholgenauigkeit. Ein Magnetfeld wie in einem magnetischen Sensor kann durch ferromagnetische Störquellen von außen negativ beeinflusst werden. Diese Empfindlichkeit gegenüber unmittelbaren Fremd-Magnetfeldern beeinträchtigt die Messgenauigkeit. In Bezug auf die Messgenauigkeit und die ferromagnetischen Einflüsse lässt sich feststellen, dass die Nachteile magnetischer Messtechnik die Vorteile optischer Messprinzipien erklären.





Vorteile magnetischer Messsysteme	Nachteile magnetischer Messsysteme
unempfindlich gegenüber Verschmutzung, Ölen und Feuchtigkeit	geringere Genauigkeit
breites Feld an Einsatzmöglichkeiten	geringere Auflösung
Preisvorteil	geringere Wiederholgenauigkeit
Einsatz bei Temperaturen bis -40°C	empfindlich gegenüber magnetischen Fremdfeldern
relativ unempfindlich gegenüber Schock und Vibration	
Betauung zulässig	
Mechanische Kapselung entfällt	
Leseabstände bis 20mm	
flexible Handhabung des Magnetbands	
rotative Messung <u>größer 360</u> Grad möglich	

Abbildung 9: Vor- und Nachteile magnetischer Messsysteme gegenüber optischen Systemen



### 4.3 Applikationen der magnetischen Messsysteme

Die robuste magnetische Messtechnik wird zur berührungslosen Erfassung von Weg- und Winkelpositionen eingesetzt. Die Einsatzgebiete magnetischer Sensoren sind vielfältig über den gesamten Maschinebau und der industriellen Automation verteilt. Sie sind beispielsweise in linearen oder rotativen Antriebssystemen (Direktantriebe, Motorfeedback), bei Möbel- und Parkettfertigungsautomaten oder z.B. auch in medizinischen Hightech-Anwendungen wie Computer Tomographen im Einsatz. Sie eignen sich zudem für extreme Anwendungsbereiche wie der Steinverarbeitung oder Glasbearbeitung.

Auch die Spiegelnachführung in Solarkraftwerken oder die bei der Bühnentechnik, in Gabelstaplern sowie Müll- und Schrottpressen haben sich die Magnetsensoren als besonders geeignet erwiesen.

Beispielhafte Anwendungen sind:

#### Holzbearbeitung

Wo gehobelt wird, fallen Späne – bei der Holzbearbeitung ist dies immer der Fall. Die Unempfindlichkeit des Messsystems ist in diesem Bereich ausschlaggebend: Staub, Späne oder aggressive Schmiermittel von der Maschine können Sensoren beeinträchtigen. Die magnetische Messtechnik ist absolut resistent und erfüllt die hohen Anforderungen an die Präzision. Bei der industriellen Fertigung von Parkettböden sorgt eine präzise und schnelle Maschine für ein hochwertiges Endprodukt.



Die Parkettpanelen müssen beim Verlegen ohne große Lücken zusammenpassen. Die Anforderung an die Präzision beim Fräsen der individuellen Maße und verschiedenen Profile der Parkettpanele wird von den magnetischen Systemen optimal erfüllt.



**Abbildung 10: Autarker, elektronischer Längenanschlag bei Formatkreissägen**

Bildnachweis: Wilhelm Altendorf GmbH & Co. KG



## Lagertechnik

In der Lagertechnik spielt weniger die Präzision als die Forderung nach größeren Leseabständen, also der Abstand zwischen dem Maßstab und dem Sensor, eine wichtige Rolle. Beim Rangieren mit einem Gabelstapler ist es essentiell, die genaue Position der Gabel zu erfassen. Man muss die exakte Höhe der Gabel kennen, damit der Stapler nicht nach vorne kippt oder den falschen Lagerplatz im Hochregallager anfährt. Für diesen Einsatz sind die magnetischen Sensoren ideal geeignet. Ein weiteres Beispiel aus der Lagertechnik sind hebebühnenartige Aufzüge, die große Teile wie Fahrzeuge an die richtige Position befördern können. Die magnetische Messtechnik wurde beispielsweise bei der Bestückung der Verkaufstürme für PKW eingesetzt.



Abbildung 11: Einsatz der magnetischen Messtechnologie in der Lagertechnik



## Pick-&-Place-Automation

Bauelemente, mit denen Leiterplatten bestückt werden, sind sehr klein und müssen im Bestückungsautomaten präzise geführt und positioniert werden. Die Anforderungen an die Genauigkeit sind hierbei sehr hoch. Je nach Spezifikation der Maschine kann ein magnetischer Sensor hinsichtlich Genauigkeit ausreichend sein, z. B. wenn die Packungsdichte nicht sehr hoch ist und wirtschaftliche Aspekte eine Rolle spielen.

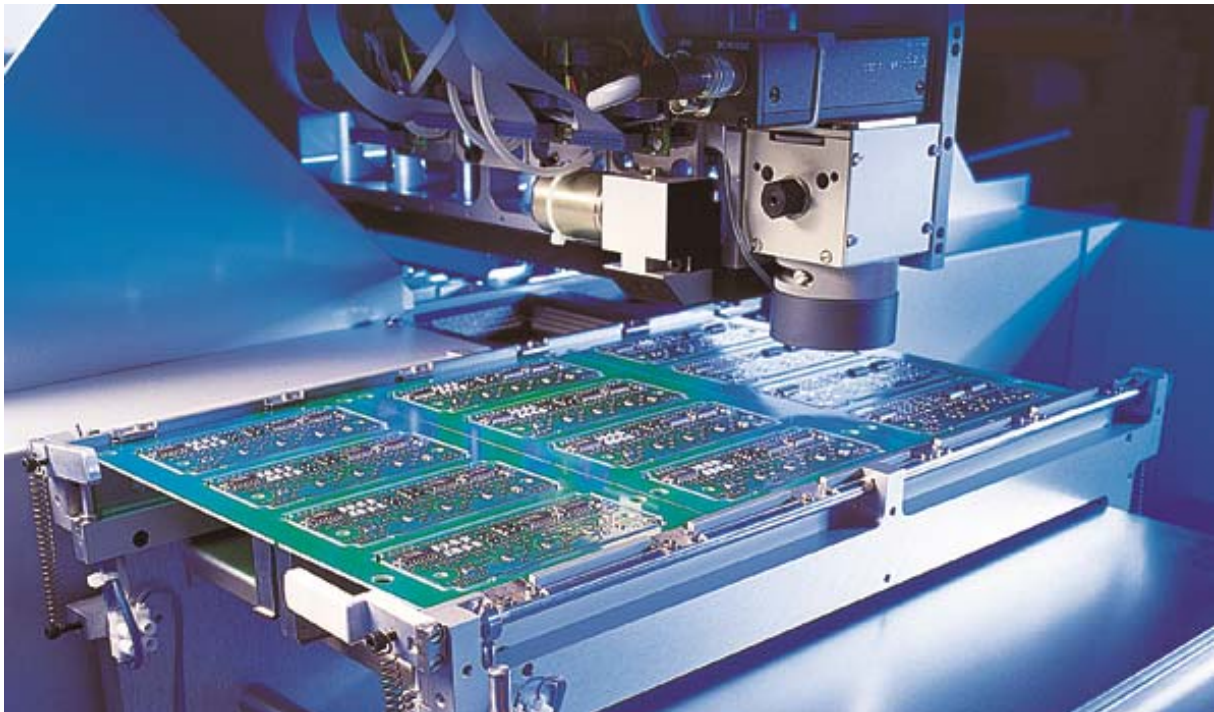


Abbildung 12: Präzise Bestückung durch die magnetische Messtechnik



## Solarenergietechnik

Die robuste magnetische Messtechnologie wird zur Positionserfassung von Solarspiegel- und Parabolmodulen eingesetzt. Bei Sonnennachführsystemen müssen die Solarspiegel eines Feldes mit mehreren Hundert Spiegeln so gesteuert werden, dass die Sonneneinstrahlung der einzelnen Spiegel genau in einem so genannten Heliostat gebündelt werden. Dieser wandelt in Funktion eines Wärmekraftwerks die Sonnenenergie in Wärmeenergie um. Je genauer die Sonnenstrahlen zum Heliostat hin projiziert werden, desto effizienter arbeitet die Anlage. Die Position der Solarspiegel-Achsen sollte daher möglichst präzise sein. Da die Anlage aber auch Witterungseinflüssen wie Temperaturschwankungen, Feuchtigkeit, UV-Licht etc. ausgesetzt ist, sollte das Messsystem gegenüber diesen Einflüssen resistent sein. Ein typischer Einsatzfall für die magnetischen Sensoren.

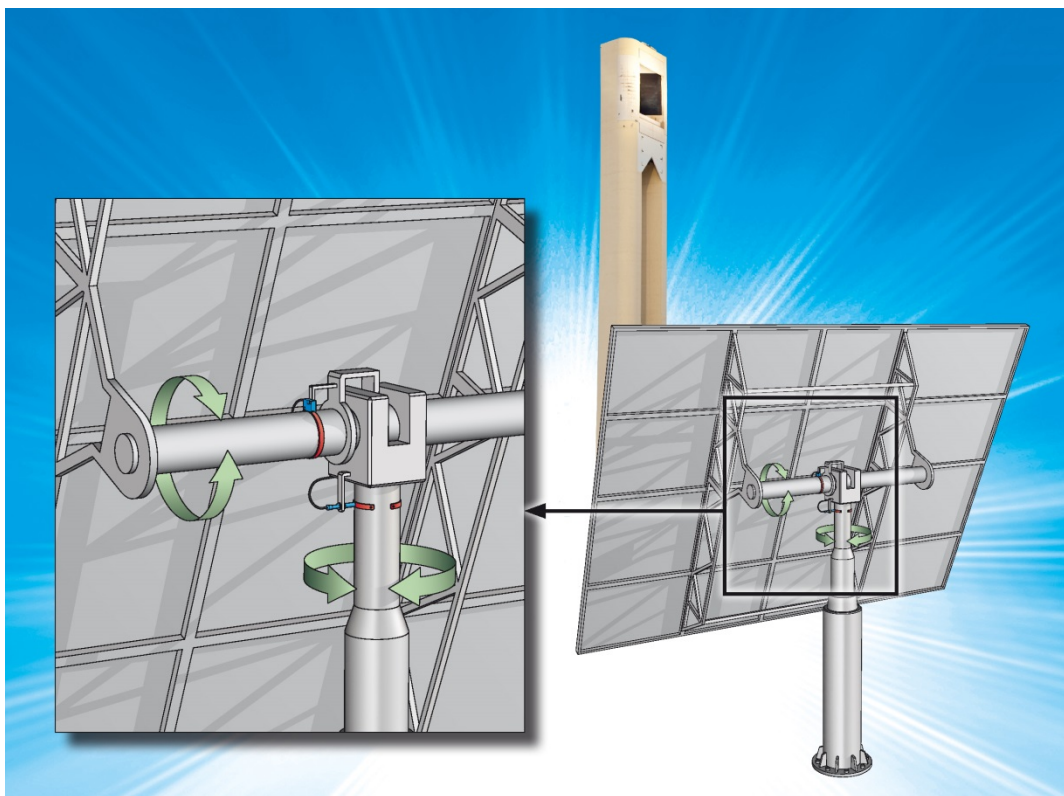


Abbildung 13: Präzise Sonnennachführung für maximalen Ertrag durch die Sonnenenergie



## Lineare Antriebstechnik

In Anwendungen der linearen Antriebstechnik sind magnetische wie auch optische Sensoren im Einsatz. Entscheidend ist dabei die Empfindlichkeit des Messsystems gegenüber magnetischen Störfeldern (Fremdfelder). Denn im direkten Umfeld von Linearmotoren kann elektromagnetische Strahlung auftreten, die den Magnetsensor negativ beeinflussen kann. Wenn die Motoren unter rauen Umgebungsbedingungen eingesetzt sind, haben sich die magnetischen Sensoren trotz des magnetischen Fremdeinflusses der Linearmotoren etabliert, sofern ein definierter Sicherheitsabstand zwischen Sensor und Motor eingehalten wird.

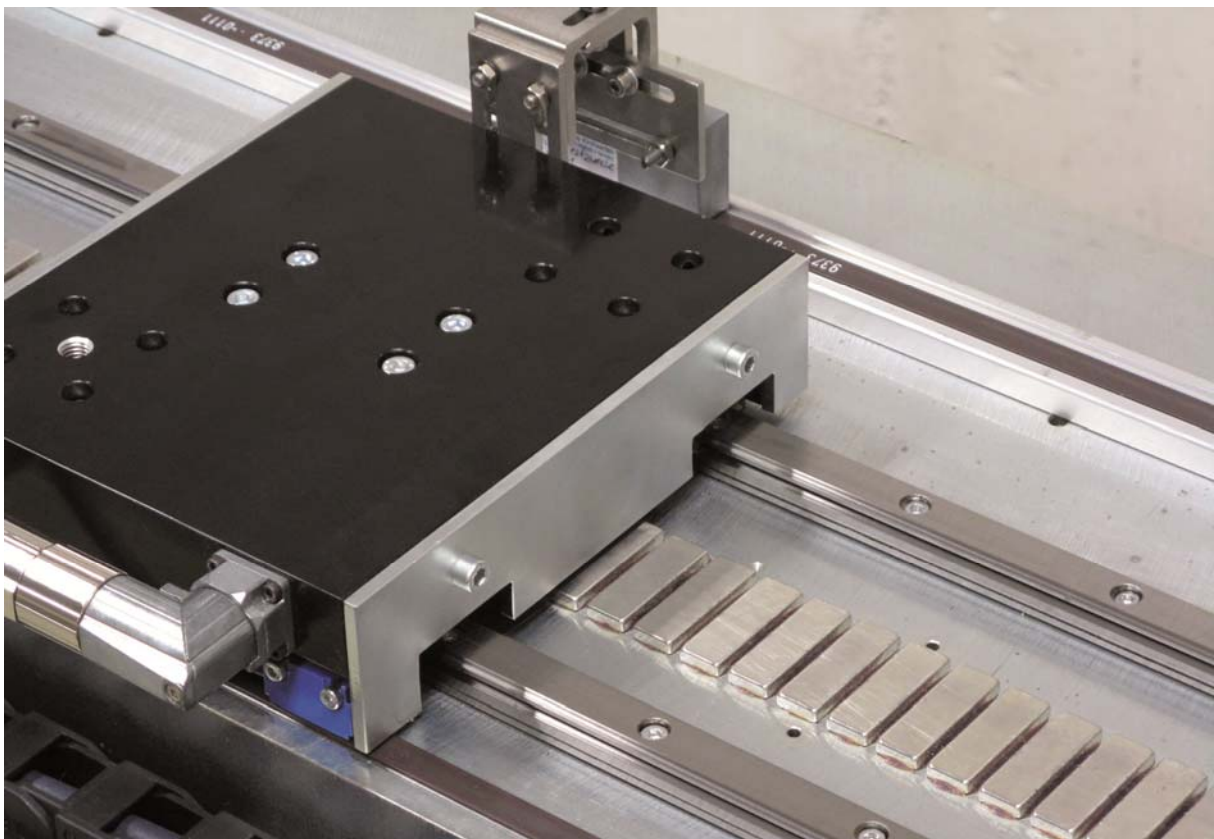


Abbildung 14: Magnetische Sensoren liefern das notwendige Feedback an Linearmotoren



## Medizintechnik & Analysetechnik

In der Medizin- und Analysetechnik entscheiden die Genauigkeitsanforderungen über den Einsatz eines optischen oder magnetischen Messsystems. Somit kann die magnetische Messtechnik auch das gefragte System in Pipettieranlagen oder Zentrifugiereinheiten sein. Bei der Positionierung der Patientenliege in einem Computertomographen (CT) beispielsweise ist die magnetische Messtechnik für die Einstellung der Höhe, Neigung und Lage in dem CT verantwortlich. Die Position des Patienten auf der Liege wird durch die Messtechnik-Lösung erfasst und nimmt direkten Einfluss auf die Präzision der Aufnahme.



Abbildung 15: Rotative- sowie Längenmessung an einem Tomographen





## Digitaldruck

Im Digitaldruck werden Maßangaben meist in der internationalen Einheit „inch“ angegeben. Mit der Messtechnik von Siko lassen sich die Parameter des Messsystems exakt auf diese Maßeinheit einstellen. Auflösungen sind somit nicht nur im metrischen, sondern auch im US-amerikanischen Maßsystem möglich. Für viele andere Messsysteme bedeutet diese Anpassung einen höheren Aufwand bei der Einrichtung/Programmierung des Messsystems.



Abbildung 16: Applikation Digitaldrucker

Bildnachweis: Ecosolvent printer - Stock Image, istockphoto.com, Insanet



## 5 Besonderheiten rotativer Systeme

Die Wegmessung kreisförmiger Bewegungen birgt spezifische Anforderungen: Trotz der Tatsache, dass Drehen und Schwenken zu den Standardanwendungen im Maschinenbau gehören, stellen sie für die Hersteller von Messsystemen eine nicht zu unterschätzende Herausforderung dar. Die magnetisch kodierten Messbänder werden bei Siko als flexible Magnetringe ohne Flansch oder verklebt mit einem metallischen Ring (Flansch) angeboten. Beim Aufkleben auf den Ring würden unweigerlich Stoßstellen entstehen, die Messwertgenauigkeiten hervorrufen. Um diese zu vermeiden, hat sich bei Siko eine eigene Ringfertigung etabliert, bei der das Magnetband erst aufgebracht und anschließend kodiert wird. Auf diese Weise wird eine Systemgenauigkeit von bis 0,01 Grad erzielt. Neben dem Portfolio eigener Ringe in verschiedenen Größen bietet Siko auch kundenspezifische Anpassungen. Die Siko-Bänder können ab einem gewissen Flanschdurchmesser eigenständig durch den Kunden aufgebracht werden, um Winkelmessungen unter 360 Grad zu ermöglichen. Bei größeren Stückzahlen besteht für die Kunden die Möglichkeit, die eigenen Ringe von Siko kodieren zu lassen.

Für magnetische Sensoren existieren bei Siko die fertig verarbeiteten Messringe, die über eine so hohe Fertigungsgüte verfügen, dass Messungen von mehr als 360 Grad möglich werden. Im Bereich der optischen Sensoren bietet Siko keine Messringe, sondern Messbänder, die auf den Flansch aufgeklebt werden. Somit können Winkelfunktionen unter 360 Grad ab einem Durchmesser von 50mm gemessen werden. Das Handling der Rollenware ist bei den optischen Bändern deutlich anspruchsvoller und muss von Fachpersonal mit geeigneter Qualifikation durchgeführt werden. Folglich können zwar Schwenkachsen, nicht jedoch fortlaufende Drehbewegungen mit optischer Sensorik in offener Bauweise gemessen werden. Problemlos lassen sich beispielsweise die Schneidwinkel einer Säge bei Gärungsarbeiten mit diesem Verfahren erfassen. Die Drehungen der Antriebswelle eines Elektromotors lassen sich dagegen sehr einfach mit magnetischen Systemen (z.B. auch Lagerlos) auswerten.



## 6 Die Siko-Produktfamilie MagLine: Magnetische Längen- und Winkelmesssysteme

Um dem Anwender die Orientierung zu erleichtern hat Siko sein Produktspektrum nach Grundspezifikationen und Anwendungsbereichen in vier verschiedene Produktfamilien unterteilt:

### 6.1 Die MagLine-Micro-Produkte

Die Produkte der Micro-Familie besitzen die höchste System- und Wiederholgenauigkeit. Sie sind speziell für die Anforderungen hochpräziser und -dynamischer Bearbeitungen entwickelt worden. Dementsprechend kommen sie insbesondere im Bereich der linearen und rotativen Führungs- und Antriebstechnik zum Einsatz. Eine Vielzahl von Anwendungen, bei denen traditionell kostenintensive Glasmaßstab-Lösungen eingesetzt werden, lässt sich mit dieser wirtschaftlichen und flexiblen Form der Sensorik ausrüsten. Gegenüber den optischen Verfahren erweist sich die magnetische Sensorik als weitaus robuster und weniger stör anfällig. Maschinentypische Einwirkungen wie Vibrationen, Schwingungen und Stöße beeinträchtigen die Exaktheit des Messergebnisses nicht. Die robuste magnetische Sensorik trotz auch der in Werkzeugmaschinen unvermeidbaren Verschmutzung und mechanischen Belastung. Um mechanische Fehlerquellen zu minimieren, wird bei den Sensoren auf bewegliche Teile verzichtet. Die Elektronik wird vollständig vergossen. Beständige Kunststoff- oder Ganzmetallgehäuse stellen sicher, dass die Funktionsfähigkeit der Sensorik selbst bei direktem Kontakt mit Flüssigkeiten und Feststoffen innerhalb der Maschine erhalten bleibt.



Es werden sowohl inkremental als auch absolut messende Systeme angeboten.

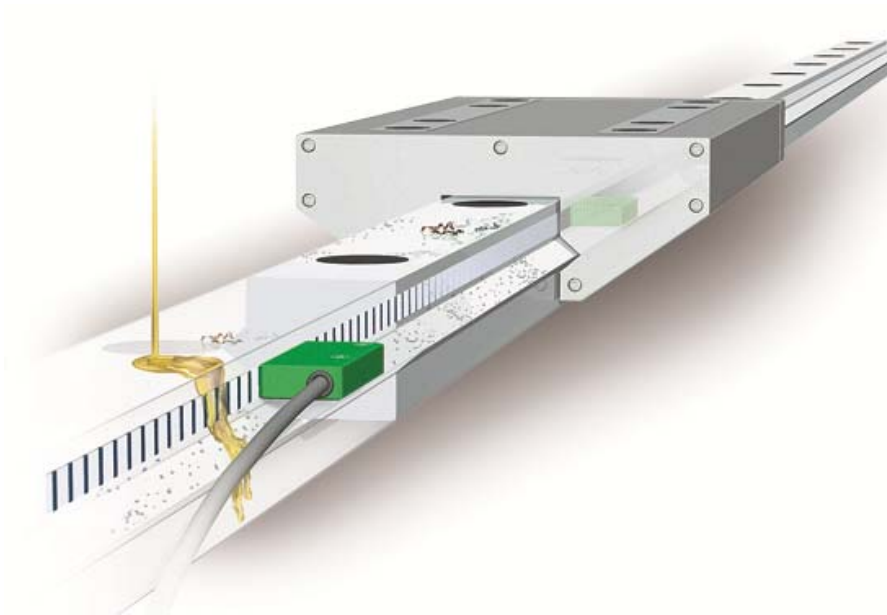


Abbildung 17: MagLine Micro mit einer Auflösung von max. 0,2  $\mu\text{m}$  (200nm)

## 6.2 Die MagLine-Basic-Produkte

Bei den Basic-Produkten liegt das Hauptaugenmerk auf der Wirtschaftlichkeit des Systems. Die Sensorlösungen haben sich bestens bewährt für alle Anwendungen, die nicht den extremsten Präzisionsansprüchen des Maschinenbaus genügen müssen. Zufriedene Kunden finden sich etwa in den Bereichen der Holz-, Metall- oder Steinbearbeitung. Auch in Maschinen zur Glas- oder Kunststoffverarbeitung lassen sich die Systeme einsetzen. Die Vielzahl der Einsatzbereiche führt auch dazu, dass die Basic-Familie über das breiteste Produktspektrum verfügt. Als sehr erfolgreich haben sich innerhalb der Basic-Familie die sogenannten Ready-to-use Produkte entwickelt.



Es handelt sich dabei um Sensoren, die über ein eigenes Display verfügen. Sie werden mit einem selbstklebenden Magnetband kombiniert, das seitens des Anwenders unkompliziert am Messort aufgebracht werden kann. Mit sehr geringem Aufwand lässt sich so etwa der Längenanschlag einer Säge ausrüsten.

Auch diese Produktreihe bietet inkremental und absolut messende Lösungen.

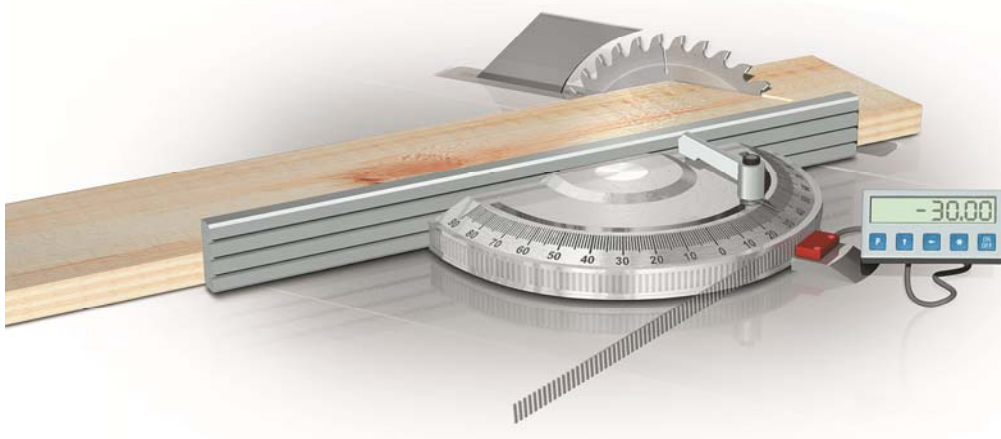


Abbildung 18: MagLine Basic mit einer Auflösung von max. 1  $\mu\text{m}$



### 6.3 Die MagLine-Macro-Produkte

Die Macro-Familie bietet Lösungen für lange Messstrecken. Durch das kontaktfreie Messverfahren lassen sich Höhenunterschiede ausgleichen, die ab einer gewissen Länge der Messstrecke unweigerlich entstehen. So ist es für die spezifischen Anforderungen der Lager- und Fördertechnik ein bedeutender Vorteil, dass Leseabstände bis zu 20 mm möglich sind. Auch im Bereich der Bühnen- und Studioteknik ist die exakte Positionserfassung im Millimeterbereich bei müheloser Integration in die Steuerungen verschiedener Hersteller ein zentrales Kriterium bei der Kaufentscheidung vieler Kunden. Die Möglichkeit das komplexe Zusammenspiel zahlreicher beweglicher Einheiten von einem zentralen Standort aus millimetergenau zu erfassen wird in diesem Bereich besonders geschätzt. Auch im Bereich langer Messdistanzen legt Siko größten Wert auf die mechanische Widerstandsfähigkeit der Sensoren. Der internationalen Schutzarten-Klassifizierung folgend erfüllen die Sensoren die Anforderungen der Klasse IP 67. Sie sind damit so stark vor Außeneinflüssen geschützt, dass sie selbst in Extrembedingungen wie etwa im Bereich der Steinbearbeitung eingesetzt werden können.



Abbildung 19: MagLine Macro mit einer Auflösung von max. 0,25 mm



## 6.4 Die MagLine-Roto-Produkte

Die Roto-Produkte erlauben es Winkel und Drehzahlen bei rotativen Bewegungen zu messen. Die Sensoren können damit in offener, lagerlosen Ausführung als kostengünstige Alternative zu herkömmlichen optischen Drehgebersystemen verwendet werden. Auch hier gilt, dass den magnetischen Systemen der Vorzug zu geben ist, wo raue Umgebungsbedingungen den Einsatz von optischen Sensoren erschweren. Dies ist z.B. bei Auswuchtmaschinen der Fall. Selbst im Ölbad arbeitet das System zuverlässig. Der Vorteil der berührungslosen Messung wirkt sich besonders deutlich in der Aufzugstechnik aus. Der Dauerbetrieb führt bei Messsystemen mit direktem Kontakt unweigerlich zu starken mechanischen Belastungen und damit zu erheblichem Wartungsaufwand und Stillstandzeiten.

Der Temperaturbereich für magnetische Sensoren liegt standardmäßig bei - 10 bis + 70 Grad Celsius. Für Spezialanwendungen, beispielsweise im Bereich der mobilen Automation, sind jedoch auch Systeme für - 40 bis + 85 Grad Celsius verfügbar.

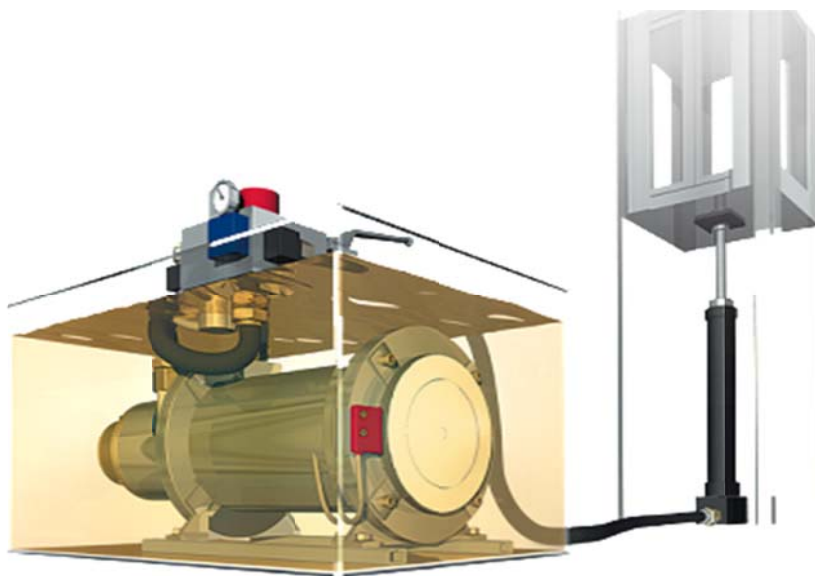


Abbildung 20: MagLine Roto mit einer Auflösung von max. 0,001°



## 7 OptoLine: Optische Sensoren von Siko

Zur Produktlinie OptoLine von Siko gehören der optische Inkrementalsensor LSC20 und das optische Maßband TS20. Beide erfassen Längen und Winkel nach dem optischen Messprinzip. Wie bei der MagLine-Produktfamilie handelt es sich bei OptoLine um ein offenes Messsystem, das sich einfach und platzsparend montieren lässt. Damit lässt es sich flexibel in neue oder bestehende Systeme gleichermaßen integrieren.

Der optische Abtastkopf LSC20 verfügt über folgende Maße: 34,3 mm x 14,3 mm x 11,7 mm. Im Abtastkopf sind die Sensorik und die Interpolation untergebracht. Die Anbautoleranzen sind sehr hoch und liegen bei 1 mm +/- 0,15 mm. Am Sensorkopf befindet sich ein dreifarbiges Einstell-LED mit den Farben Grün, Rot oder Gelb. Die LED-Signale zeigen dem Anwender auch bei schwierigen Einbausituationen die korrekte Ausrichtung von optischem Sensor und optischem Band.

Im Lieferumfang enthalten ist ein 15-pol-D-Sub-Stecker, der per Plug-and-Play an das Diagnose-Tool DT20 angeschlossen wird. Der Stecker enthält keine Elektronik, weshalb der Sensor auch ohne diese mit einem offenen Kabelende eingesetzt werden kann. Die Genauigkeit des optischen Sensors liegt bei  $\pm 5 \mu\text{m}$ , unabhängig von der Messlänge. Die Sensorsignale werden in Auflösungen von 0,1 oder 0,05  $\mu\text{m}$  ausgegeben. Die maximal mögliche Verfahrensgeschwindigkeit ist von der gewählten Auflösung abhängig. So sendet der optische Sensor bei einer Auflösung von 0,1  $\mu\text{m}$  auch bei 3m/sec stabile Signale.

Das optische Band TS 20 besteht aus einem flexiblen Metallstreifen mit geätzten Feinstrukturen, in der Breite von 20  $\mu\text{m}$ . Es weist eine Dicke von 0,2 Millimetern bei einer Breite von 6 Millimetern auf und kann in einer Länge bis zu 30 Metern geliefert werden.

Möglich ist eine hohe Einsatztemperatur bis zu plus 70 Grad Celsius auf. Die Lagerung kann in einem Temperaturbereich zwischen minus 20 Grad und plus 85 Grad Celsius erfolgen. Die relative Luftfeuchtigkeit beim Einsatz des optischen Bandes sollte zwischen 10 bis 90 Prozent betragen.





## 8 Fazit

Für alle Einsatzbereiche gilt grundsätzlich die Faustformel: Je länger die Gesamtlänge der zu messenden Einheit ist, desto stärker wirkt sich der Preisvorteil der magnetischen gegenüber der optischen Lösung aus.

Der Markt hat sich im Bereich kontaktfreier und selbstkonfektionierbarer Messsysteme in den letzten Jahren erheblich ausdifferenziert. Durch moderne Produktionsverfahren lassen sich mittlerweile im magnetischen Bereich Messbänder herstellen, die frühere Schwächen dieses Verfahrens weitgehend überwunden haben. Messgenauigkeiten bis  $\pm 10$  Mikrometer erlauben es nun die Sensorik auch im Bereich präziser CNC-gesteuerter Werkzeugmaschinen einzusetzen. Die geringe Anfälligkeit gegenüber Verschmutzungen durch Späne und Schmierstoffe hat deutliche Vorteile gegenüber den früher fast ausschließlich eingesetzten Glasmaßstäben. Anders als letztere sind die magnetischen Messstreifen als Rollenware verfügbar und können so flexibel eingesetzt werden.

Als interessanter Kompromiss zwischen den traditionellen Glasmaßstäben und der magnetischen Sensorik haben sich konfektionierbare optische Messsysteme etabliert. Sie können ebenfalls auf Lager gelegt und dem Messgegenstand angepasst werden. Sie sind deutlich genauer als die höchstauflösenden Magnetsysteme, erkaufen diese Präzision jedoch in gewisser Weise durch höhere Anforderungen an die Umgebungsbedingungen. Starke Verschmutzung kann die Messergebnisse ebenso verfälschen wie Kondensationsfeuchtigkeit. Eine wesentliche Stärke des optischen Systems liegt in der magnetischen Unempfindlichkeit, die sie für Anwendungen im Bereich der Lineartechnik prädestiniert.

In die Entscheidung für ein optisches oder magnetisches Messsystem fließen mehrere Faktoren ein: Die Anforderung an die Absolut- und Wiederholgenauigkeit, an die Empfindlichkeit gegenüber magnetischen Störfeldern und an Einflüsse durch Umgebungsbedingungen sowie an wirtschaftliche Aspekte hinsichtlich Kosteneffizienz. Gefragt ist ein Messtechnik-Anbieter, der Lösungen orientiert an den kundenspezifischen Vorgaben bietet und das Messsystem exakt an die Erfordernisse der Messaufgabe anpasst.





**Ansprechpartner:**

SIKO GmbH  
Weihermattenweg 2  
79256 Buchenbach  
[www.siko-global.com](http://www.siko-global.com)

**Produktbereich MagLine**

**Andreas Wiessler**  
Bereichsleiter MagLine  
Tel.: +49 7661 394-358  
E-Mail: [andreas.wiessler@siko.de](mailto:andreas.wiessler@siko.de)

**Produktbereich OptoLine**

**Kerstin Graw**  
Produktmanagerin OptoLine  
Tel.: +49 7661 394-254  
E-Mail: [kerstin.graw@siko.de](mailto:kerstin.graw@siko.de)



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einsatz unter erschwerten Bedingungen - Späne und Schmierstoffe in einer CNC-Maschine .....	4
Abbildung 2: Grundaufbau des optischen Messbands .....	7
Abbildung 3: Vor- und Nachteile optischer Messsysteme .....	9
Abbildung 4: Pick-&-Place Automation .....	10
Abbildung 5: Wire Bonder.....Bildnachweis: Wire Bonder – Stock Image, istockphoto.com, dolah ..	11
Abbildung 6: Pipettier-Automation .....	12
Abbildung 7: Feedback an Linearmotoren .....	13
Abbildung 8: Schematische Darstellung des magnetischen Messsystems.....	14
Abbildung 9: Vor- und Nachteile magnetischer Messsysteme .....	17
Abbildung 10: Autarker, elektronischer Längenanschlag bei Formatkreissägen..... .....Bildnachweis: Wilhelm Altendorf GmbH & Co. KG ..	19
Abbildung 11: Einsatz der magnetischen Messtechnologie in der Lagertechnik.....	20
Abbildung 12: Präzise Bestückung durch die magnetische Messtechnik .....	21
Abbildung 13: Präzise Sonnennachführung für maximalen Ertrag durch Sonnenenergie .....	22
Abbildung 14: Magnetische Sensoren liefern das notwendige Feedback an Linearmotoren.	23
Abbildung 15: Rotative- sowie Längenmessung an einem Tomographen.....	24
Abbildung 16: Applikation Digitaldrucker..... .....Bildnachweis: Ecosolvent printer - Stock Image, istockphoto.com, Insanet..	25
Abbildung 17: MagLine Mirco mit einer Auflösung von max. 0,2 µm.....	28
Abbildung 18: MagLine Basic mit einer Auflösung von max. 1 µm.....	29
Abbildung 19: MagLine Macro mit einer Auflösung von max. 0,25 mm .....	30
Abbildung 20: MagLine Roto mit einer Auflösung von max. 0,001° .....	31

