

OP

ORGAN DES FORSCHUNGSFONDS
FLUIDTECHNIK IM VDMA

FLUIDTECHNIK

POSITIONSMESSUNG

34 | Unterschiedliche Ansätze in
mobilen Arbeitsmaschinen



Winkel



Neigung



Weg

HYDAC
SONDER-
DRUCK

70 | FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

Benetzung in der
Dichtungstechnik

08 | LOUNGE

„Antrieb ist Fortschritt“



Dr.-Ing. Bernward Welschof

POSITIONSMESSUNG: UNTERSCHIEDLICHE ANSÄTZE IN MOBILEN ARBEITSMASCHINEN



Im Zuge der Weiterentwicklung mobiler Arbeitsmaschinen müssen Maschinenfunktionen immer schneller und präziser ausgeführt werden. Dies ist erforderlich, um die vorgegebenen Entwicklungsziele zu erreichen – wie beispielsweise die Steigerung der Produktivität und der Arbeitsqualität oder eine Arbeitserleichterung für den Maschinenbediener. Es liegt auf der Hand, dass Sensoren in den Regelkreisen der einzelnen Maschinenfunktionen dabei eine wichtige Rolle spielen.

HYDAC hat diese Entwicklungen einerseits als Sensorhersteller und andererseits als Anbieter von Systemlösungen mit begleitet und daraus ein umfangreiches Erfahrungswissen aufgebaut. Darauf gründet dieser Fachbeitrag, der sich mit Sensoren zur Erfassung von Positionen und Bewegungen in mobilen Arbeitsmaschinen beschäftigt und verschiedene Alternativen vorstellt.

MEHR ALS NUR STANDARDLÖSUNGEN

Auf der Basis moderner bzw. neuer Sensortechnologien wurden in den letzten Jahren Sensoren zur Positionserfassung entwickelt, die im Hinblick auf Genauigkeit, Dynamik und applikationsgerechter Robustheit nennenswerte Leistungsverbesserungen bieten. Applikationen, die eine Positions- bzw. Bewegungserfassung erfordern, sind beispielsweise Schwingungsdämpfung, Lastmomentbegrenzung, voll- und teilautomatisierte Arbeitsfunktionen, Arbeitsbereichsbegrenzung, Abstützung sowie Geschwindigkeits- oder Bahnsteuerungen. Typische Anwendungen hierfür findet man in Agrarmaschinen, Baumaschinen, Kommunalmaschinen sowie

Maschinen der Hebe- und Fördertechnik. Viele Arbeitsfunktionen müssen entsprechend der Risikoanalyse eine erhöhte funktionale Sicherheit erfüllen. Hieraus leitet sich auch für Sensoren ab, dass diese nicht nur in der Standardausführung, sondern auch in Ausführungen mit erhöhter funktionaler Sicherheit benötigt werden.

Die unterschiedlichen Forderungen an die Messgenauigkeit und die Messdynamik sowie die applikationsbedingten Einbaumöglichkeiten führen zur Feststellung, dass es „den“ überall passenden Sensor zur Positionserfassung nicht gibt. Aus einer Vielzahl verschiedener Produkte mit unterschiedlichen Messverfahren, die alle ihre Stärken und Schwächen besitzen, empfehlen sich aktuell vor allem zylinderintegrierbare lineare Wegsensoren, Winkelsensoren und Neigungssensoren, welche um die Verwendung in den zuvor erwähnten Applikationen konkurrieren.

WO SIND DIE UNTERSCHIEDE?

Vor einem Vergleich der Leistungsmerkmale anhand applikationsrelevanter Kriterien werden die einzelnen Sensorprinzipien im Grundsatz vorgestellt.

01 Wegsensoren HLT 1100 HLT 724	zur Vollintegration in Hydraulikzylindern	
	HLT 724 Magnetisch-induktiv	HLT 1100 Magnetostruktiv
	Berührungslos, mit Targetmagnet	Berührungslos, mit Targetmagnet
	Messbereiche: 5 cm bis 40 cm	Messbereiche: 5 cm bis 2 500 cm
	Auflösung: 0,5 mm	Auflösung: 0,1 mm
	Kopfdurchmesser: 20 mm / 24 mm Stab: 8 mm	Kopfdurchmesser: 48 mm Stab: 10 mm
		SIL 2 / PLD in Kategorie 2 und 3

02 Winkelsensoren HAT 1000 HAT 3000		
	HAT 1000 / HAT 3000	
	Magnetisch, berührungslos, HALL-Sensoren	
	Messbereiche: bis 360°	
	Auflösung: 12 bit .. 18 bit	
	SIL 2 / PLD in Kategorie 2 und 3	

Lineare Wegsensoren werden vorrangig in Hydraulikzylindern integriert, wobei die Montageart der Vollintegration, d. h. der Sensor befindet sich komplett im Zylinder, aus Robustheitsgründen favorisiert wird. Das Messsignal wird über eine Kabelverbindung oder über einen am Zylinder montierten Flanschstecker nach außen geführt.

Für die Messfunktion werden verschiedene Messprinzipien eingesetzt. Aktuell bilden überwiegend magnetostruktive, magnetische, magnetisch-induktive oder induktive Messverfahren die Basis für Linearwegsensoren in den verschiedenen Maschinenfunktionen. Größere Messlängen (typisch bis 3 m) werden in der Regel mit magnetostruktiven Wegsensoren erfasst. Für kürzere Messlängen sowie für Kleinzylinder mit geringem Durchmesser eignen sich vor allem magnetisch-induktive oder magnetische Messprinzipien (z. B. auf Hall-Sensorbasis). Potentiometrische Messprinzipien sind verschleißbehaftet und haben bereits seit vielen Jahren robustheitsbedingt an Bedeutung verloren (**Bild 01**).

Winkelsensoren arbeiten meist auf der Basis potentiometrischer, optischer oder magnetischer Messprinzipien. Auch hier verlieren potentiometrisch arbeitende Sensoren robustheitsbedingt an Bedeutung. Ebenso scheiden optische Messverfahren oft auf Grund von Umweltbedingungen aus (z. B. Betauung). Als sehr robust haben sich Winkelsensoren mit einem magnetischen Messverfahren gezeigt, die Hall-Sensorelemente verwenden. Im Standard bieten diese Auflösungen im Bereich von 12 bis 14 bit. Für höhere Ansprüche stehen heute auch Sensoren mit einer Auflösung von 16 bit und mehr zur Verfügung, was lange nur mit optischen Sensoren erreichbar war (**Bild 02**).

Auf der Basis neuer Technologien sind in den letzten Jahren leistungsstarke Neigungssensoren entstanden, mit denen in einigen Applikationen nennenswerte qualitative Verbesserungen erreichbar

POINTIERT

SENSOREN IN DEN REGELKREISEN SPIELEN EINE WICHTIGE ROLLE

ANFORDERUNGEN BEZÜGLICH MESSGENAUIGKEIT UND -DYNAMIK ENTSCHEIDEND

IM ENTSCHEIDUNGSPROZESS STETS DIE GESAMTKOSTEN BETRACHTEN

Auf den bevorstehenden Leitmessen werden dem Publikum innovative Maschinen gezeigt, die im Kontext von Precision Farming oder Smart Construction über präzisere, schnellere, leistungsfähigere und bedienerfreundlichere Funktionen verfügen und für deren Umsetzung die Erfassung von Positionen und Bewegungen oft einen Schlüsselbaustein in der Regelkette bilden. Besucher der Agritechnica (Halle 17, Stand H13) oder auch der SPS Drives (Halle 4A, Stand 401) sind gerne eingeladen, sich am HYDAC-Stand über ein



breitbandiges Sensorprogramm und mehr zu informieren.


03	Neigungssensor (IMU) HIT 1500	
		Hochdynamische, bewegungskompensierte, sichere Neigungsmessung
		Dynamik: bis 50 Hz Auflösung: 0,01°
		MEMS Beschleunigungsmessung in 3 Achsen MEMS Drehratenmessung in 3 Achsen
		Bewegungskompensierte Neigung in 3 Achsen Beschleunigungs- und Drehratenwerte in 3 Achsen
		SIL2 / PL d in Kategorie 3

Tabelle Qualitativer Vergleich exemplarischer Leistungsmerkmale				
Leistungsmerkmale	Weg	Winkel	Neigung	
	zylinderintegriert	magnetisch	klassisch bedämpft	IMU(MEMS)
Mechanische Robustheit Sensor und Anbindung	++	- (0)	+	+
Genauigkeit der Positionsbestimmung	+ / ++	+ / ++	--	0 / +
Einfluss Kinematik, Spiel, ...	-	-(0)	++	++
Einfluss Durchbiegung, Schwingung, ...	--	--	+	++
Dynamik	+	++	--	0 / +
Aufwand mechanische Anbindung und Integration	-	-	++	++
Nachrüstbarkeit und Optionspakete	--	-(0)	++	++

sind, beispielsweise bei schwingungsgedämpften Auslegern. Neue elektronische Bauteile, wie MEMS-Chips (Micro Electro Mechanical System), die auch in Smartphones und PKW eingesetzt werden, haben die Neigungssensoren auch im Hinblick auf Preis und Baugröße revolutioniert. Auf der Basis einer Sensorfusion, beispielsweise von Beschleunigungs- und Drehratensensoren, sind sogenannte IMU (Inertial Measuring Unit) entstanden, die neben bewegungskompensierten Winkelsignalen auch Signale zum bewegungsdynamischen Zustand liefern. Im Vergleich zu bisherigen gedämpften Systemen, wie etwa Winkelsensoren mit Pendel oder kapazitiv-flüssigkeitsgefüllte Sensoren, bieten MEMS-basierte Neigungssensoren deutlich bessere dynamische Eigenschaften (**Bild 03**).

DER JEWEILIGE ANWENDUNGSFALL ENTSCHEIDET

Bei der Auswahl eines geeigneten Sensors zur Positions- bzw. Bewegungserkennung sind der jeweilige Anwendungsfall und die damit verbundenen Anforderungen beispielsweise an die Messgenauigkeit oder die Messdynamik entscheidend. Die sich bei einem Vergleich der technischen und kommerziellen Eigenschaften zwischen einem zylinderintegrierten Linearwegsensor, einem Winkelsensor und einem Neigungssensor ergebenden Vorzüge bilden die Grundlage für die richtige Wahl. Für den Fall, dass eine erhöhte funktionale Sicherheit gefordert wird, gibt es Ausführungen in einer Cat2- oder Cat3-Architektur. Die **Tabelle** zeigt einen qualitativen Vergleich exemplarischer Leistungsmerkmale.

Bezüglich der mechanischen Robustheit des Sensors, beispielsweise gegen Steinschläge, punktet ein zylinderintegrierter Wegsensor wegen der idealen „Verpackung“. Betreffend der Genauigkeit bieten Linearwegsensoren und Winkelsensoren die besten Werte.

Die höchste Messgenauigkeit bei rotatorischen Bewegungen liefern Winkelsensoren. Sollen aus der Applikation kommende Effekte, wie kinematische Einflüsse, Durchbiegungen oder ein mechanisches Spiel berücksichtigt werden bzw. außen vor bleiben, sind Neigungssensoren die erste Wahl (richtiger Montageort vorausgesetzt). Auch im Falle einer Nachrüstbarkeit oder im Ersatzteilfall (Plug-and-Play) liegen die Vorteile bei den Neigungssensoren.

Die Frage nach den Kosten gestaltet sich vielschichtiger. Oft lassen sich Konstrukteure nur vom Preis des Sensors leiten. Im Entscheidungsprozess sind allerdings die Gesamtkosten zu betrachten, welche die Sensoranbindung bzw. -integration beinhalten. Der auf den ersten Blick scheinbare Preisvorteil, den Weg- oder Winkelsensoren im Vergleich zu Neigungssensoren bieten, kann beispielsweise in der Gesamtbetrachtung durch den individuell notwendigen mechanischen und konstruktiven Zusatzaufwand leicht verloren gehen.

ES GIBT KEINE UNIVERSALLÖSUNG

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass für die immer anspruchsvolleren Forderungen an die Maschinen, und damit an die Maschinenfunktionen, moderne und leistungsfähige Sensoren zur Erfassung der Position bzw. von Bewegungen zur Verfügung stehen. Favorisiert werden derzeit zylinderintegrierte Wegsensoren, Winkelsensoren und Neigungssensoren. Für die vielfältigen Maschinenfunktionen und Umgebungsbedingungen gibt es keine Universallösung, weshalb individuell zu prüfen ist, welcher Sensor die technischen und kostenseitigen Forderungen bestmöglich erfüllt.

Fotos: HYDAC

www.hydac.com