

# Magnetisch of foto-

*De keuze voor een magnetische of foto-elektrische sensor kan een constructeur pas maken nadat hij zorgvuldig de inbouwsituatie, de omgevingscondities en vooral de nauwkeurigheidseisen heeft bestudeerd. In dit artikel worden de principiële verschillen tussen beide methoden voor positieregistratie beschreven, met hun voor- en nadelen, afhankelijk van de toepassing en de eisen van de eindklant.*

• DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH •

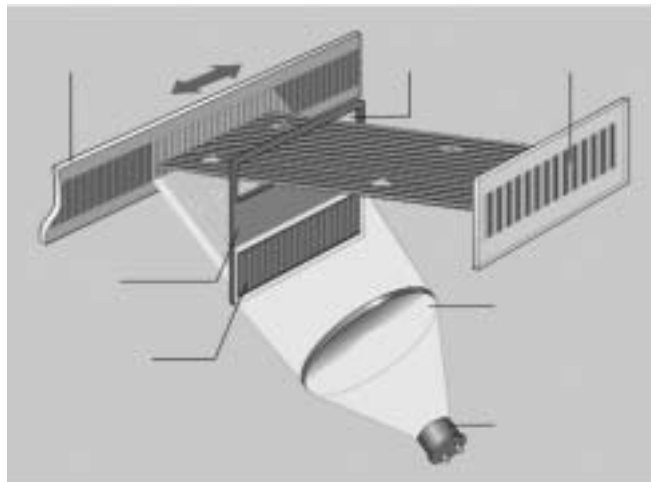
Tot aan de uitvinding van de foto-elektrische aftasting van lineaire verdelingen en hoekverdelingen circa 1960 was bij het bepalen van lengtes en hoeken de scherpte van het menselijke oog maatgevend. Maar de foto-elektrische aftasting en de daarmee mogelijk geworden elektronische verwerking van de positie-informatie zette de deur open naar micro- en later zelfs nanomeettechniek. Daarbij speelden op het gebied van hoge-resolutiesensoren naast de dominerende foto-elektrische meetsystemen lange tijd alleen nog inductieve meetopnemers een zekere rol. De razendsnelle technologische ontwikkeling op het gebied van magneetveldsensoren voor harddiskdrives maakte vervolgens tegen het eind van de jaren negentig de weg vrij voor magnetische sensoren in systemen voor positieregistratie met een hogere resolutie. Maar zo verschillend als de fysische principes van foto-elektrische en magnetische sensoren zijn, zo verschillend zijn ook hun toepassingsgebieden; zie Afbeelding 1 voor enkele optische sensoren.



Afbeelding 1. Optische lengte- en hoekmeetsensoren.

## Foto-elektrisch aftastprincipe

Foto-elektrische sensoren voor lengte- en hoekmeting bestaan ten minste uit een verdeling en een aftasteenheid met belichting en foto-elementen. De aftasteenheid bevat daarnaast meestal nog elektronische signaalverwerking; zie Afbeelding 2. Door een relatieve beweging tussen verdeling enerzijds en belichting en sensoreenheid anderzijds wordt het licht op zijn weg van de belichtingseenheid naar de foto-



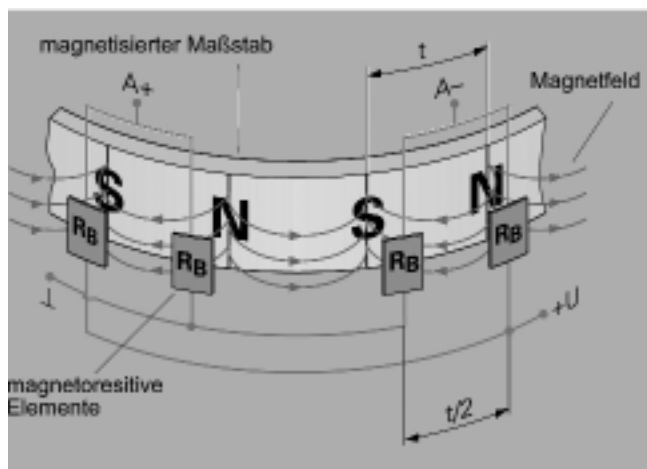
Afbeelding 2. Principe van foto-elektrische aftasting.

# elektrisch registreren?

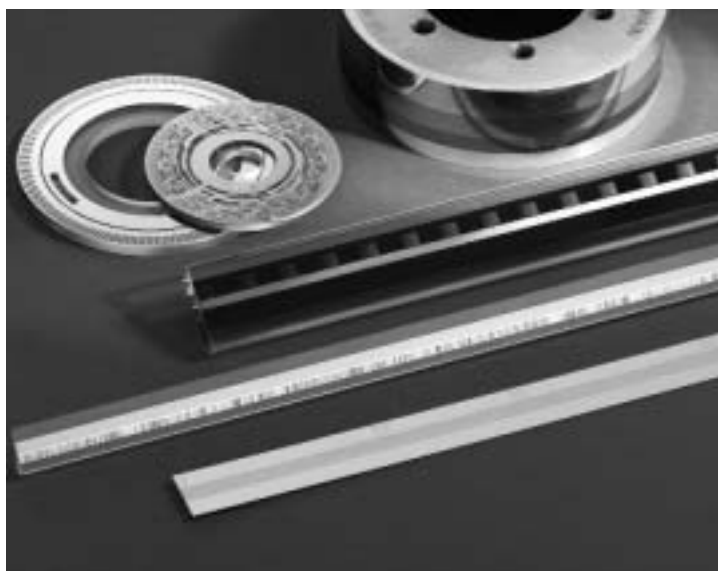
elementen gemoduleerd. Daarbij ontstaan afhankelijk van het aftastprincipe periodieke intensiteitsveranderingen. Afhankelijk van de gekozen aftastmethode bedragen de periodes (de lengte van een sinusvormig aftast- respectievelijk uitgangssignaal bij foto-elektrische sensoren) tussen  $200\ \mu\text{m}$  en  $128\ \text{nm}$ . Bij sensoren voor roterende bewegingen worden periodes tot  $0,002$  graden gehaald. Voor dynamische regelkringen worden dergelijke signalen nog omhoog geïnterpoleerd (typisch 1024- tot 4096-voudig)

## Magnetisch aftastprincipe

Magnetische sensoren voor positieregistratie bestaan uit een magnetische verdeling en een aftastkop, die uit afzonderlijke magneetsensoren en bijbehorende analyse-elektronica bestaat. Wanneer de aftastkop over de verdeling beweegt, worden hierin gewoonlijk sinusvormige spanningssignalen gegenereerd. Magnetische sensoren maken gebruik van hard-magnetische metalen schaalverdelingen en magnetoresistieve aftastelementen. Daarmee kunnen signaalperiodes van  $200\ \mu\text{m}$  en meer worden gerealiseerd. Vanaf een signaalperiode van circa  $400\ \mu\text{m}$  worden er contactloos werkende systemen met voor industrieel gebruik geschikte inbouw- en aanbuwtoleranties verkregen. Vanwege hun geringere magneetgevoeligheid worden Hall-sensoren gewoonlijk alleen bij duidelijk grovere verdelingen gebruikt.



Afbeelding 3. Magnetisch aftastprincipe.



Afbeelding 4. Maatrepresentaties.

## Incrementele en absolute verdelingen

Bij de maatrepresentaties wordt onderscheid gemaakt tussen incrementele en absolute verdelingen; zie ook Afbeelding 4. De incrementele verdeling bestaat uit een regelmatige roosterstructuur. Wanneer men er met de aftastkop overheen beweegt, worden daaruit meestal twee periodieke,  $90^\circ$  faseverschoven, sinusvormige meetsignalen geproduceerd. Hierdoor is richtingsherkenning mogelijk. Incrementele verdelingen beschikken meestal over een tweede spoor, waarop één of meer referentietekens zijn aangebracht. De door het referentieteken vastgelegde absolute positie is precies aan een meetstap toegewezen.

Absolute verdelingen bestaan meestal uit meerdere parallelle sporen met verschillende, maar regelmatige structuren. In iedere meetpositie wordt in de aftastkop een eenduidige positiewaarde geproduceerd. Die maakt het mogelijk al bij het inschakelen van de sensor, zonder een verplaatsing van de aftastkop, via de verdeling de absolute positie hiervan te bepalen. Hierdoor hoeft de aftastkop na het inschakelen geen referentiebeweging te maken. De nauwkeurigheid van absolute sensoren wordt telkens door het fijnste spoor bepaald.

### Nauwkeurigheid van sensoren

De nauwkeurigheid van op een verdeling gebaseerde sensoren wordt in principe bepaald door twee parameters. Dat zijn de nauwkeurigheid van de positie van iedere delingsperiode op de verdeling en de kwaliteit van het sinusvormige signaalverloop binnen de meetsignaalperioden. De afwijking van de incrementen van de streefpositie wordt aangeduid als verdelingsfout en komt voort uit het productieproces. De vorm van het signaalverloop binnen een signaalperiode wordt echter door een groot aantal factoren beïnvloed. Naast de vorm van de incrementen is deze afhankelijk van het fysische aftastprincipe, het sensorontwerp, de nageschakelde elektronica en van externe storingsgrootheden.

Uit de faseverschoven signalen van de aftastkop kunnen ook posities binnen een signaalperiode worden bepaald. In dat geval is er sprake van interpolatie respectievelijk onderverdeling. De tussenpositie wordt daarbij meestal als arctan van het quotiënt van de amplitudes van sinus- ( $0^\circ$ ) en cosinus signaal ( $90^\circ$ ) berekend. Daarom kunnen meetstappen en resoluties worden bereikt die slechts eenduisendste van een signaalperiode of minder bedragen. Afwijkingen van de daadwerkelijke signaalvorm van de ideale sinus leiden bij de arctan-vorming tot afwijkingen binnen een signaalperiode. Een belangrijk criterium voor het beoordelen van de signaalvorm is het aangeven van deze afwijking in procenten ten opzichte van de signaalperiode. Bij sensoren met een hoge resolutie bedraagt deze minder dan 1%.

### Eigenschappen van de meetprincipes

De wezenlijke verschillen tussen foto-elektrische en magnetische meetmethoden volgen uit de bijzondere eigenschappen van licht. Licht kan worden geabsorbeerd of gereflecteerd. Het kan door middel van optiek gefocust of verstrooid worden. Daardoor is het mogelijk passieve verdelingen in te zetten. Er gaat pas een meetbare fysische werking van de verdeling uit zodra deze met een intensieve lichtbron wordt belicht. Het door de verdeling heendringende respectievelijk gereflecteerde licht kan door middel van optiek ook over vergelijkenderwijs grote afstanden (van een paar 100 mm) met weinig verlies op detectoren worden afgebeeld.

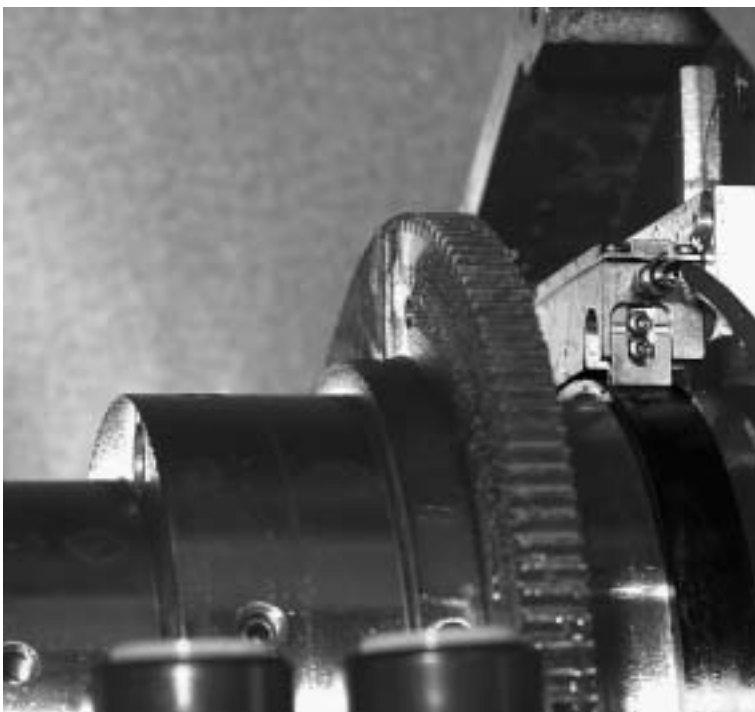
Magnetische verdelingen zijn daarentegen actief. Van hen gaat ook zonder externe energietoevoer een veld uit. Dit neemt echter sterk af zodra de afstand tot de verdeling toeneemt. Als vuistregel geldt dat de magnetische fluxdichtheid op een afstand van 10% van de signaalperiode boven de verdeling al tot 50% afneemt. Belangrijk voordeel van magnetische verdelingen is de robuustheid ervan ten opzichte van de meeste verontreinigingen.

Een belangrijke doelstelling bij de ontwikkeling van nieuwe, op verdeling gebaseerde sensoren is de verbetering van de nauwkeurigheid. Deze speelt met name op het gebied van de chip-productie een grote rol. Bij foto-elektrische systemen zijn er primair door de nauwkeurigheid van het productieproces en de daarbij ingezette referentiesensoren grenzen aan de verdelingsnauwkeurigheid. Foto-elektrische structuren kunnen in principe tot op nanometerniveau nauwkeurig worden gestructureerd. Tegelijkertijd zijn zeer kleine signaalperioden mogelijk, want zelfs bij delingsperioden kleiner dan de golflengte van het zichtbare licht is een aftasting mogelijk, doordat gericht gebruik wordt gemaakt van buigingseffecten en interferenties.

Bij magnetische verdelingen ligt dat principieel anders. Weliswaar kunnen met geschikte methoden ook magnetische dragermaterialen op nanometerniveau worden gestructureerd, maar in de meettechniek hebben deze technologieën uit de datatechniek geen betekenis. De oorzaken hiervoor zijn de afhankelijkheid van het in de aftastkop analyseerbare magneetveld van de grootte van een magnetische periode op de verdeling en van de afstand van de aftastkop tot het oppervlak van de maatrepresentatie. Hoe kleiner de magnetische incrementen worden, des te dichter moet een sensor langs de verdeling worden geleid. Bovendien neemt de afstandsgevoeligheid sterk toe. In huidige harddiskdrives bedraagt de aftastspleet tussen magneetspoor en leeskop minder dan 20 nm. Dit vergt absolute stofvrijheid. Het openen van een diskdrive leidt daarom onherroepelijk tot uitval. Ondanks de hoge eisen aan de omgevingscondities in de diskdrive komt het tot fouten bij het uitlezen van de data. Daarom moeten uitgekiende correctiemethoden de integriteit van de data waarborgen en er zo nodig voor zorgen dat een dataspoor nogmaals wordt uitgelezen.

In de meettechniek moeten de signalen echter bij de eerste uitlezing al correct en bovendien interpolateerbaar zijn. Ook volledige stofvrijheid is bij vrijwel alle toepassingen onmogelijk. Daarom zijn bij magnetische sensoren afhankelijk van de toepassing signaalperiodes van 200  $\mu\text{m}$  en meer gebruikelijk geworden. De meeste systemen werken met signaalperiodes van 400  $\mu\text{m}$  tot 1 mm. Binnen dit bereik kunnen veldsterktes worden behaald die een goede storingsbestendigheid garanderen. En dit, dankzij het magnetische principe, in verregaande mate onafhankelijk van verontreinigingen door vloeistoffen of stof.

De nauwkeurigheid van magnetische verdelingen kan die van foto-elektrische verdelingen evenaren. Door de in verhouding vereiste grote signaalperiodes is de afwijking bij



Afbeelding 5: In draaibank ingebouwde magnetisch ERM-sensor onder vervuilingbelasting.

magnetische aftasting echter ongeveer een factor 10 tot 100 groter dan bij foto-elektrische aftasting. In dezelfde mate geringer is daardoor ook de haalbare systeemnauwkeurigheid. Voor de gebruiker betekent dit dat assen die met magnetische sensoren zijn uitgerust, voor wat betreft positioneringsprecisie, gelijkloop en dynamiek achterblijven bij assen met foto-elektrische sensoren. Tegelijkertijd liggen geluidsontwikkeling en energieverbruik hoger. Daar staat tegenover dat de langere signaalperiodes van magnetische systemen meestal grotere aanbuwtoleranties toelaten.

### Typische toepassingen

De meeste nauwkeurige meetassen worden voorzien van sensoren met een eigen lagering. Dat betekent dat de relatieve beweging tussen aftasteenheid en verdeling door een interne lagering van de sensor wordt gestuurd. Sensoren met een eigen lagering garanderen een zeer nauwkeurige toewijzing van verdeling en aftasteenheid. Bovendien maken zij vergaande afscherming tegen vocht en verontreinigingen mogelijk en zijn ze door de gebruiker eenvoudig te monteren. In sensoren met eigen lagering komen de voordelen van magnetische systemen daarom niet tot hun recht. Dit leidt ertoe dat in sensoren met eigen lagering

vrijwel uitsluitend foto-elektrische aftastmethodes worden ingezet.

Maar niet alle meettaken zijn op te lossen met afgeschermdesensoren. In toepassingen waarbij grote holle-asdiameters nodig zijn, hoge relatieve snelheden optreden of afdichtingen ontoelaatbare wrijvingskrachten, respectievelijk -momenten zouden veroorzaken, worden sensoren gebruikt die als open of modulair worden aangeduid. Bescherming tegen verontreinigingen is bij open sensoren bijna niet mogelijk. Daarom worden foto-elektrische systemen hier alleen toegepast wanneer de omgevingscondities verontreinigingen in verregaande mate uitsluiten en er hoge precisie of resolutie nodig is. Dit is bijvoorbeeld het geval in machines in de halfgeleider- en de elektronica-industrie. Daar worden onder cleanroom-condities open foto-elektrische sensoren uit de hoogste nauwkeurigheidsklassen ingezet. Wanneer echter de robuustheid ten opzichte van omgevingsinvloeden of gematigde nauwkeurigheidseisen vooral binnen een signaalperiode centraal staan, dan zal de keuze bij open sensoren vallen op een magnetisch systeem. Voorbeelden hiervoor zijn C-assen van draaibanken, freesspillen en rotatie- en drukmachines.

### Informatie

HEIDENHAIN NEDERLAND  
Tel. 0318 - 58 18 00  
[www.heidenhain.nl](http://www.heidenhain.nl)