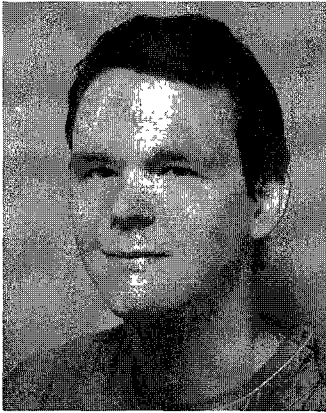


J. Verkerk *Zijn favoriete hobby is het doorzagen en openwerken van technisch geavanceerde fijnmechanische producten. Hij verzamelt compactcamera's, kleinbeeld spiegelreflexcamera's, objectieven, videocamera's en andere bewegende fijnmechanische apparaten om er vervolgens behoedzaam de zaag of een diamant doorslijpschijf in te zetten.*



André Benschop

Figuur 1 Doorsnede van een Nikon F camera met photomic lichtmeetzoeker en motor voor filmtransport 1967 (foto André Benschop)

“Zonde” is een veel gehoorde eerste reactie van mensen die nog niet eerder een van zijn doorgezaagde modellen hebben gezien. Zij weten niet hoeveel tijd en moeite het kost om een goed opengewerkt model te maken. André Benschop is vierde jaars student fijnmechanische techniek aan de Hogeschool van Utrecht. Zijn favoriete hobby is het doorzagen en openwerken van technisch geavanceerde fijnmechanische producten. Hij verzamelt compactcamera's, kleinbeeld spiegelreflexcamera's, objectieven, videocamera's en andere bewegende fijnmechanische apparaten om er vervolgens behoedzaam de zaag of een diamant-doorslijpschijf in te zetten.

“Ik werk uitsluitend met defecte camerabody's en objectieven” vertelt André. “De meeste zijn ooit het slachtoffer geworden van de zwaartekracht al of niet gevolgd door een spoedcursus zwemmen”. Veel van de moderne camera's bevatten elektronica op flexibele prints. Een klein scheurtje is voldoende om het nooit meer te doen.

“Weggooiën is dan zonde! Ik zet er dan liever de zaag in om mensen de mogelijkheid te bieden hun geliefde camera van binnen te bekijken”

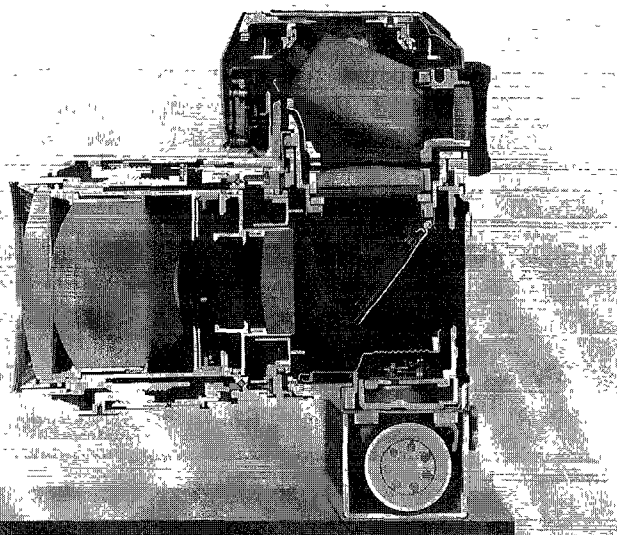
Opengewerkte modellen zijn zeer zeldzaam en duur. Een doorgezaagd objectief kost een veelvoud van het oorspronkelijke, omdat praktisch alles handwerk is. Meestal staan ze dan in een vitrinekast bij de fabrikant of op een tentoonstelling. Het doorzagen is zeer bewerkelijk omdat je de camera eerst helemaal moet demonteren. Dan moet je proberen een beeld te vormen hoe je de werking van de camera het beste kunt zichtbaar maken. Soms zaag je hem doormidden, soms moet je volstaan met alleen een hoek weg te snijden, omdat je anders de vitale delen verwijdert die je nu juist zou willen laten zien. Het doorsnijden van een objectief is nog lastiger omdat de lenzen geklemd zijn. Bij het doorsnijden verdwijnt de klemming en zou de zaagsnede verlopen. Elk onderdeel moet dan apart doorgezaagd worden. Later moet elk deel weer op de juiste wijze gemonteerd worden.

Automatische camera's

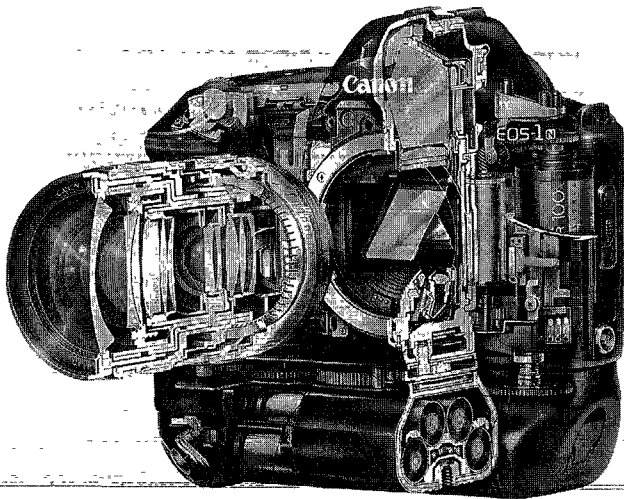
Trots laat hij foto's zien van de door hem doorgezaagde camera's en objectieven. Aan de hand van zijn opengewerkte modellen is ook een aardig beeld te krijgen van de voortschrijdende automatisering van fotocamera's.

Figuur 1 toont een doorsnede van een traditionele mechanische camera. Figuur 2 toont een moderne automatische camera.

Opvallend daarbij is dat de vorm van de behuizing nauwelijks veranderd is. Men heeft dus steeds geprobeerd de elektronica en de aandrijvingen voor de diverse onderdelen in bestaande holle ruimten weg te werken. Dit vergt een grote mate van miniaturisering. Een moderne automatische camera heeft een aantal aandrijfsystemen waarvoor verschillende soorten motoren worden toegepast al naar gelang de functie van de aangedreven component.



Opengewerkte modellen



Figuur 2 Aangedreven worden:

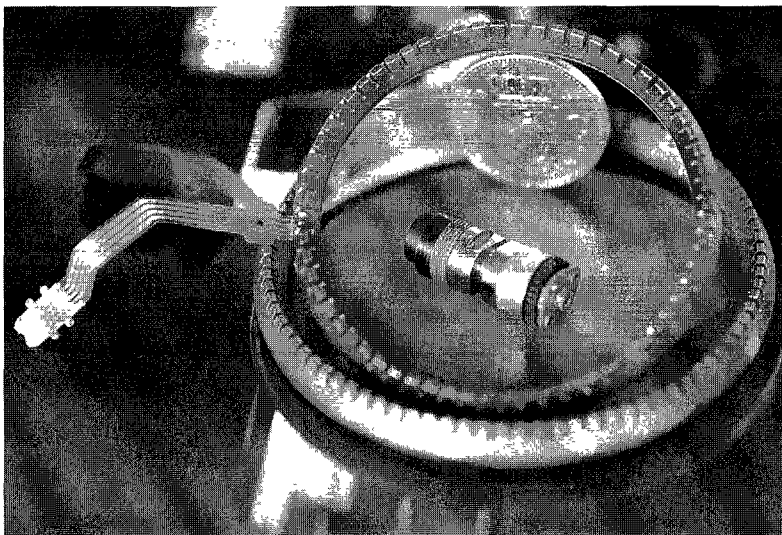
Opengewerkte tekening van een volledig automatische camera, de Canon EOS 1N

- klapspiegel ,
- sluter (belichtingstijd),
- diafragma (hoeveelheid licht),
- objectief (scherpstelling),
- filmtransport, beeld voor beeld en terugspoelen,
- verstellen openingshoek flitser in relatie tot de afstand van het voorwerp.

Vaak worden klapspiegel en sluter door dezelfde motor aangedreven, soms samen met het terugspoelen van de film

Figuur 3 Ultrasonische ringmotor (ring USM) voor het aandrijven van het objectief
Binnenin ligt een ultrasonische micromotor (André Benschop)

- Daarnaast bevat de camera een aantal microprocessors
- centrale processor,
 - besturingsprocessor scherpstelling objectief,
 - besturingsprocessor voor de flitser.



Een extra processor is soms aanwezig voor het inspiegelen van informatie in de rand van de film, zoals datum, tijd en camera-instellingen

Als extra is een encoder aanwezig voor de detectie van de stand van de zoomlens. Aan de hand van de ingestelde afstand wordt de openingshoek van de flitser automatisch aangepast.

Wanneer foto's uit de hand genomen worden is er kans op een zekere bewegingsonscherpte door trillen van de hand. Naarmate de ingestelde brandpuntsafstand groter wordt (het beeld verder weg is) moet de sluitertijd korter worden om deze bewegingsonscherpte te vermijden. De microprocessor zorgt voor een begrensde sluitertijd omgekeerd evenredig met de afstand, zodat bewegingsonscherpte niet meer voor kan komen. Omdat de sluitertijd begrensd wordt, zorgt de microprocessor ervoor dat de film voldoende belicht wordt door het diafragma groter te kiezen of door te flitsen.

Aandrijfsystemen

Voor enkele aandrijfsystemen heeft men bijzondere oplossingen toegepast, die we hierbij nader zullen bekijken.

In figuur 1 is zichtbaar dat de bedieningselementen voor diafragma en scherpstelling op enige afstand van de camerabody zijn gesitueerd. Voor de bediening moet enige afstand overbrugd worden. Hiervoor zijn zowel mechanische als elektrische oplossingen bedacht. Bij de mechanische oplossing zitten aandrijfmotor en vertraging in de camerabody en geven de beweging mechanisch door. De lange reeks van bewegende onderdelen die de beweging moeten doorgeven hebben een merkbare hysteresis.

Bij de elektrische oplossing wordt de aandrijfmotor in het objectief geplaatst. De vorm van de motor moet tegemoet komen aan twee belangrijke eisen: hysteresisvrije aandrijving en passend in de beschikbare ruimte rond de lens.

Ultrasonische ringmotor

In 1982 startte Canon met de ontwikkeling van ultrasonische motoren. Sinds 1987 worden deze motoren toegepast in camera's voor het automatisch scherpstellen, de eerste toepassing van ultrasonische motoren in consumentenproducten.

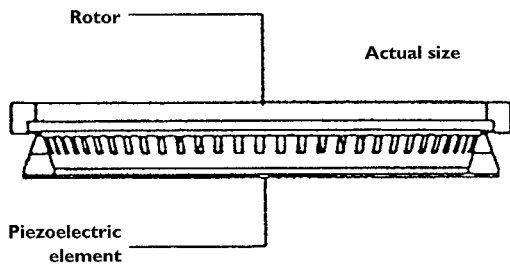
Ultrasonische ringmotoren (ring USM) worden in objectieven ingebouwd. De ringmotor, zie figuur 3, zorgt voor een directe aandrijving van de verstelling van het objectief. Deze speciaal ontwikkelde motor heeft een

Opengewerkte modellen

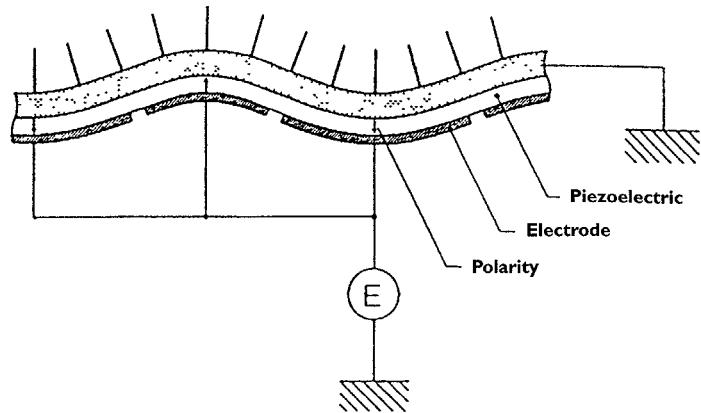
groot aantal voordelen boven de hoogtoerige miniatuur gelijkstroommotoren met tandwielaandrijving

- gunstige koppelkarakteristiek over een groot traploos instelbaar toerenbereik van 0,2 tot 40 omw/min,
- geen mechanische overbrenging en dus ook geen tandwielgejank,
- geen motorgejank, de frequentie ligt boven de gehoorrens en de motor is dus niet hoorbaar
- geen speling en hysteresis,
- grote hoekversnelling door lage massastraagheid
- lage kosten en laag gewicht,
- gering energieverbruik (< 1 W) en hoog rendement

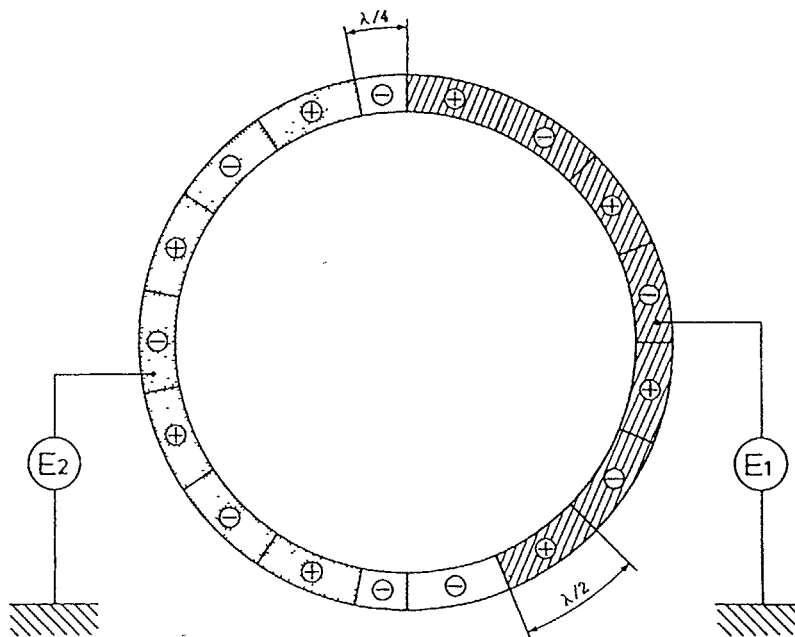
Een nadeel is dat het rendement van maximaal 40% sterk afneemt bij lagere temperatuur (vorst).



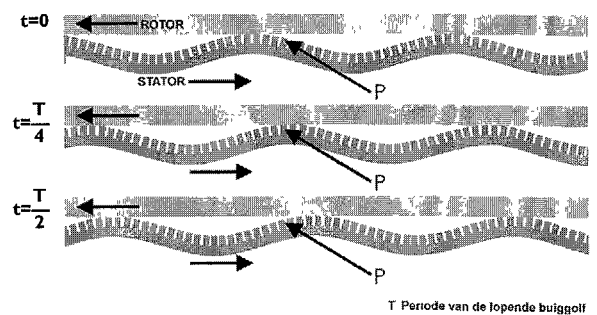
Figuur 4a De ultrasonische ringmotor bestaat uit een rotor en een stator waartussen wrijvingskrachten werken (Canon)



Figuur 4b De rotor bestaat uit een gekartelde ring waartegen aan de onderkant piezo-elementen zijn bevestigd (Canon)



Figuur 4c De piezo-elementen zijn in twee groepen verdeeld, die elk gevoed worden door een wisselspanning van 30 kHz. De spanningen E_1 en E_2 zijn onderling 90° in fase verschoven, afhankelijk van de gewenste draairichting (Canon)



Figuur 4d Onder invloed van de elektrische spanning trekt het ene element hol en het andere bol. Daardoor ontstaat een lopende golf, die de gekartelde zijde van de ring doet krimpen en rekken. Op de plaatsen waar de kartels in contact zijn met de rotor rekt de kartelring en wordt de rotor verplaatst (Canon)

Die lopende golf is een mechanische oscillatie die het ene moment wordt aangestoten door E_1 , een kwart fase later door E_2 , weer een kwartfase later door E_1 , enz. De vorm van de getande ring is geoptimaliseerd voor het efficiënt opwekken en instandhouden van de oscillatie. Op de ring zitten verder nog twee piezo-elementen als opnemers om te detecteren of de ring in oscillatie blijft en in hoeverre de frequentie moet worden bijgesteld om hem in oscillatie te houden

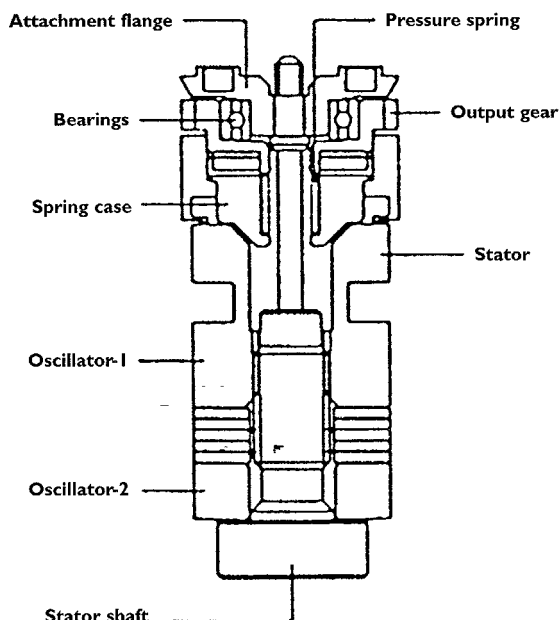
Door de amplitude van de spanning te vergroten verandert de amplitude van de lopende golf, de kartels gaan verder uit elkaar en de verplaatsingssnelheid van de rotor neemt toe. Het toerental is dus eenvoudig te regelen met de grootte van de elektrische spanning, zie figuur 4d

Ultrasonische micromotor

Geheel anders werkt de ultrasonische micromotor (micro USM), zie figuur 5, die eveneens toegepast wordt als objectiefaandrijving voor het automatisch scherpstellen. Het belangrijkste verschil met de ringmotor is de wijze waarop de oscillerende trilling wordt gerealiseerd. Bij de ringmotor wordt de statorring gebogen door een lopende oscillerende golf. Bij de micromotor wordt een uiteinde in een cirkelvormige trilling gebracht, die zorgt voor de aandrijving.

Voordelen boven de ringmotor zijn

- ruime toepasbaarheid doordat de afmetingen van de lens niet meer bepalend zijn voor de afmetingen van de stator,
- de meer compacte bouw in een geïntegreerde com-



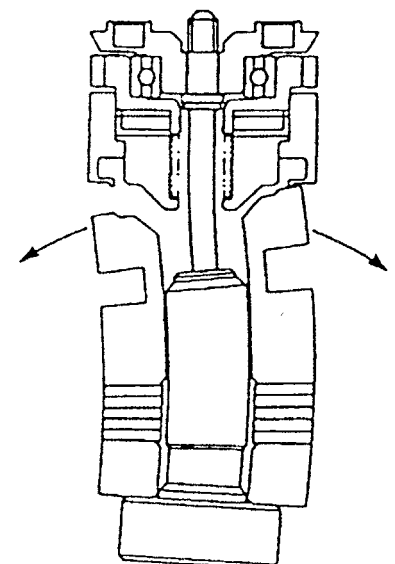
Figuur 5 Ultrasonische micromotor voor het eerst toegepast in 1990 voor de aandrijving van een autofocus objectief

		ringmotor	micromotor
Geometrie ring	buitediameter [mm]	77	11
	binnendiameter [mm]	67	-
	hoogte [mm]	10	2,5
	gewicht [g]	45	11
Input	frequentie [kHz]	29	36
	vermogen [W]	≤ 1	≤ 1
Output	onbelast toerental [omw/min]	40	950
	houdkoppel [Ncm]	16	0,7
	rendement [%]	35	40
hoekresolutie in		1,25	

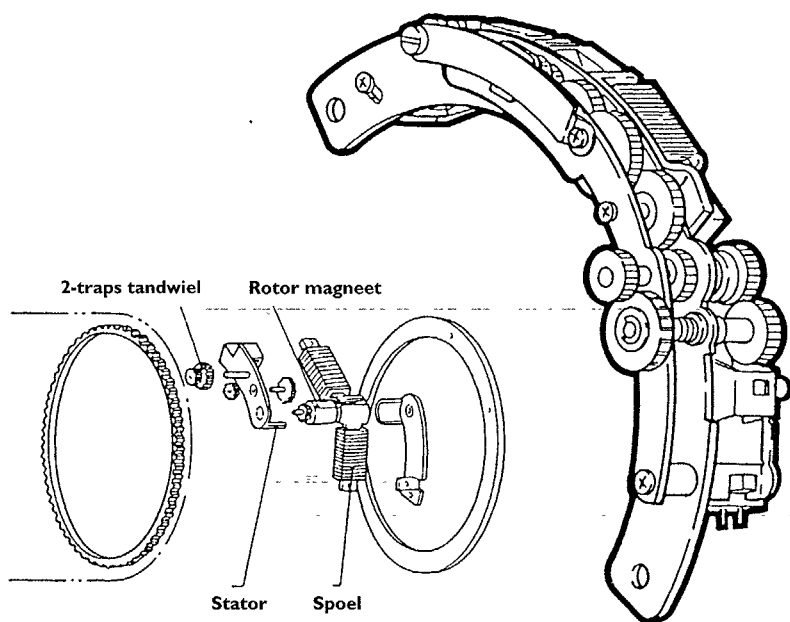
Tabel 1. Specificaties van verschillende ring USM's (Canon) van figuur 3

- pakte unit, waardoor een reductie in afmetingen en gewicht gerealiseerd wordt van meer dan 50%,
 - de kosten zijn ongeveer een derde van die van de ringmotor, waardoor de micromotor ook toepasbaar is in minder dure autofocusobjectieven,
 - ondanks het lage toerental kan ook nog een tandwielvertragingen worden aangekoppeld waardoor een nog lager toerental mogelijk is.
- Vergeleken met magnetische motoren is de snelheid laag en het koppel hoog, terwijl ze geen lawaai maken.

Figuur 6 toont de werking waarbij de stator zich buigt aan de kop van de motor tijdens het afwikkelen op de rotor. Het afwikkelen kan ook zichtbaar gemaakt worden door op een tafelblad een gulden op z'n kant



Figuur 6 Piezomotor waarbij de stator zich buigt aan de kop van de motor tijdens het afwikkelen op de rotor. De rondlopende buiging wordt veroorzaakt door bekrachtiging van de piezo-elementen met een wisselende spanning. De amplitude van de trilling is zeer klein, in de orde van 3 micrometer

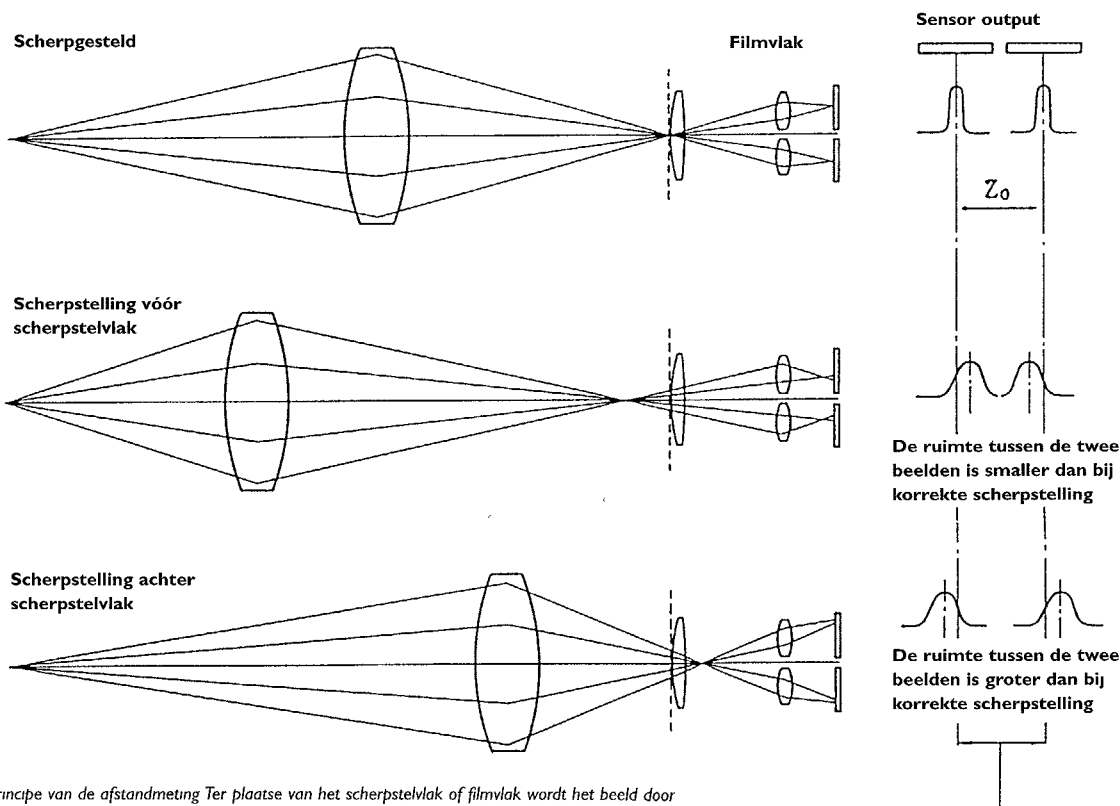


Figuur 7 Magnetische motor waarvan de vorm is aangepast aan de beschikbare ruimte. Door omkering van functies zitten de magneten op de as, terwijl de stator een langgerekte vorm heeft gekregen om voldoende windingen kwijt te kunnen en daarmee een voldoende koppel te realiseren. De tandwielen zorgen voor een toerenreductie en een toename van het aandrijfkoppel.

te laten draaien. Na korte tijd valt hij om loopt op de buitenrand, terwijl hij steeds dichterbij het tafelblad komt. Aan de beeltenis is te zien dat hij langzaam ronddraait. Dit langzame draaien is het gevolg van het verschil in straal tussen de rand van de gulden en de straal waarop hij loopt. Naarmate dit verschil kleiner wordt, wordt ook het draaien van de beeltenis trager. Bij de motor wordt de rondlopende buiging van de as veroorzaakt door het bekrachtigen van de piezo-elementen met een wisselende spanning. De amplitude van de buiging is zeer klein, in de orde van 3 micrometer.

Andere compacte aandrijfsystemen

Reeds eerder zijn andere oplossingen gezocht voor het aandrijven van een objectief met automatische focussering die in de lenstubus kan worden ingebouwd. Omdat de beschikbare ruimte klein is, heeft men naar een oplossing gezocht in een bijzondere constructie. De magneet is ondergebracht in de rotor en de stator bevat de stroomwindingen van deze borstelloze motor. Opvallend is de keuze voor langwerpige spoelen die het magneetveld voor de rotor verzorgen. Door hun vorm is er ruimte voor veel windingen en dus



Figuur 8 Principe van de afstandmeting. Ter plaatse van het scherpstelvlak of filmvlak wordt het beeld door een dubbelbrekende lens gesplitst in twee beelden. De afstand tussen de twee beelden is een maat voor de correcte scherpstelling.

Opengewerkte modellen

een hoog koppel. Via een tandwielvertraging wordt het toerental gereduceerd. Ook deze vertraging moet in de beschikbare ruimte passen, wat leidt tot de boogvormige constructie van figuur 7.

Voor het aandrijven van het diafragma wordt een miniatuur stappenmotor toegepast. De vertraging is zo gekozen dat elke omwenteling van de motor overeenkomt met een wijziging van de diafragmaopening met 1/8 stop.

Automatische scherpstelling

Behalve aandrijvingen bevat een camera verschillende sensoren voor onder andere lichtmeting en scherpstelling. De scherpstelling van het EOS autofocusstelsel gebruikt een methode TTL-SIR (through the lens secondary imaged registration) genaamd. Een soortgelijk principe wordt ook door andere camerafabrikanten toegepast.

Het principe van de afstandmeting wordt weergegeven in figuur 8. Op de plaats van het filmvlak valt het licht op een dubbelbrekende lens, die de bundel splitst in twee bundels met gelijke beeldinformatie. De afstand tussen de twee afbeeldingen hangt nu af van de scherpstelling. Valt het scherpstelpunt vóór het beeldingsvlak of filmvlak, dan komen de afbeeldingen te dicht bij elkaar. Wanneer het scherpstelpunt áchter het beeldingsvlak ligt, dan is de onderlinge afstand groter

dan bij correcte scherpstelling. Met een speciale fotocel wordt de afstand tussen de twee beelden (intensiviteitsverdelingen) gemeten en teruggekoppeld naar de scherpstelmotor.

Wat André boeit is de inventiviteit van de verschillende oplossingen en om die niet alleen maar op getekende plaatjes te zien, maar ook zoals ze in werkelijkheid zijn uitgevoerd. Hij is daarom zeer geïnteresseerd in het openen en doorsnijden van mooie apparaten. Een redelijk uit de hand gelopen hobby wanneer je zijn apparatuur en polijstmogelijkheden ziet. Gezien de vele uren die nodig zijn om een goed opengewerkt model te maken, zijn de door hem opengewerkte modellen veel kostbaarder dan het oorspronkelijke apparaat. Voorlopig heeft hij veel voldoening aan het fotograferen van zijn modellen en het tentoonstellen ervan bij de Hogeschool te Utrecht waar hij binnenkort hoopt af te studeren. Maar wie weet, zijn er misschien bedrijven die geïnteresseerd zijn in goede opengewerkte modellen van hun product.

Noot

Met dank aan de heer Van Bree van Canon Nederland voor het opzoeken en beschikbaarstellen van documentatie.

Co-makership

- in precisie
- in kwaliteitsbeheersing
- in machinebouw



Bezoek onze homepage op internet
www.worldonline.nl/~mevifmi
voor meer informatie



MEVI B.V.
fijnmechanische industrie

Postbus 238, 5700 AE Helmond
Weth. den Oudenstraat 1, 5706 ST
Helmond
Tel. 0492-538615 fax. 0492-538735
e-mail: info@mevi.com