

OVER HET FOTOGRAFEREN VAN
ZEER KLEINE SCHELLEN

door
W.C. Laurijssen en A. Verduin

Inleiding

De tweede auteur houdt zich als amateur bezig met kleine tot zeer kleine schellen. Toen hij daarvan fotos wilde maken, stuitte hij op de grenzen van de mogelijkheden van normale kleinbeeld objectieven. Op de vraag "wat nu?" bleken vele antwoorden te bestaan. Fabrikanten van kleinbeeld-apparatuur als Nikon en Canon bieden macro-objectieven aan. De literatuur noemt het Luminar objectief van Zeiss en het Aristophot objectief van Leitz. Voorts lenen stereo-microscopen en gewone microscopen zich voor het fotograferen van zeer kleine schellen. Maar de vraag waar de grenzen van de mogelijkheden van al deze apparatuur liggen, konden ervaren fotografen noch de hun bekende literatuur beantwoorden. Vandaar deze poging de zaken een beetje op een rij te zetten.

Analyse van het probleem

Bij de keuze van de te gebruiken middelen en methoden, gaat het er uiteraard om bij de vereiste vergroting nog een aanvaardbare scherpte en scherptediepte te bereiken, en om perspectivische vervorming te voorkomen.

Voor de scherptediepte van dichtbijopnamen met een fotocamera geldt (Charpentier, p. 111):¹

$$S = 2cF (L-1)/L^2$$

Waarin:

- S = totale scherptediepte,
- c = toelaatbare diameter van de verstrooiingscirkel,
d.i. de toelaatbare diameter van de afbeelding van
een punt van het voorwerp op het negatief,
- L = b/v = primaire vergroting,
- F = diafragmagetal.

Stel dat de secundaire vergroting bij het afdrukken n bedraagt, en dat de toelaatbare diameter van de verstrooiingscirkel op de afdruk gelijk is aan $\bar{c}$, dan is:

$$\begin{aligned} \text{totale vergroting } \bar{L} &= nL \longrightarrow \bar{L} = L/n \\ c &= nc \longrightarrow c = \bar{c}/n \end{aligned}$$

en dus:

$$S = 2\frac{\bar{c}}{n}F \frac{(L/n + 1)}{\bar{L}^2/n^2} = 2cF \frac{\bar{L}+n}{\bar{L}^2}$$

Uit het oogpunt van de scherptediepte is een grote waarde van F dus gunstig. Een objectief bereikt zijn optimaal scheidend vermogen echter bij een bepaalde waarde van F. Gaat men te ver boven deze waarde van F, dan neemt het scheidend vermogen gewoonlijk zo snel af, dat de winst aan scherptediepte niet meer opweegt tegen het verlies aan scheidend vermogen. Bij een kleinbeeldobjectief zal men daarom F veelal niet groter dan 11 à 16 mogen kiezen. Met F = 16, L = 4, n = 8, $\bar{L} = 32$ en $\bar{c} = 0,1$ mm (volgens Charpentier, p. 101, bezit het menselijk oog een scheidend vermogen van 10 lijnen per mm) volgt dus:

$$S = 0,13 \text{ mm.}$$

Men zal dus zeer nauwkeurig moeten instellen!

Uit de formule volgt nog dat de brandpuntsafstand van het objectief geen invloed heeft op de scherptediepte, en dat, als de primaire vergroting ruimschoots groter is dan éénmaal, de scherptediepte nagenoeg evenredig is met $1/\bar{L}$. Uit dit laatste mag men niet concluderen dat kleinere waarden van $\bar{L}$ de voorkeur verdienen. Een kleinere afbeelding bevat nooit meer, of betere, informatie! Vermeldenswaard is tenslotte nog dat bij dichtbijfotografie de scherptediepte voor en achter het instelvlak even groot is (Charpentier, p. 111).

Het scheidend vermogen van fotografische objectieven wordt vaak gemeten door er een scherpteproefkaart mee te fotograferen, waarop een zwart-wit lijnenverdeling staat met velden van variërende afstanden tussen de lijnen. Bij gebruik van een voldoende fijnkorrelige film kan men dan op het negatief uittellen hoeveel lijnen per mm nog gescheiden weergegeven worden. Het is bij deze meetmethode gebruikelijk de beeldafstand b nagenoeg gelijk te kiezen aan de brandpuntsafstand f van het objectief. Bij het fotograferen van zeer kleine voorwerpen zal b echter gelijk aan enkele malen f moeten zijn. De vraag rijst dus hoe het onder die omstandigheden met het scheidend vermogen staat. Het antwoord op deze vraag vereist een gespecialiseerde kennis van de optica, waarover de auteurs helaas niet beschikken. In plaats daarvan ontwikkelden zij een eenvoudige werkhypothese. Daartoe werd ondersteld dat (1) het scheidend vermogen van een gegeven objectief hoofdzakelijk daardoor wordt beperkt, dat de richtingen van de van één punt van het voorwerp afkomstige lichtstralen na het passeren van het objectief een kleinigheid afwijken van die welke nodig zou zijn om de lichtstralen weer precies in één punt van het beeldvlak te doen samenkomen, en dat (2) deze richtingsfout van een uittredende lichtstraal nagenoeg uitsluitend afhankelijk is van het punt van het objectief dat door de invallende lichtstraal getroffen wordt, dus niet of nauwelijks van de invalshoek van de lichtstraal, d.i. van de voorwerpsafstand v . Onder deze aannamen is het op het negatief bereikte scheidend vermogen van een gegeven objectief bij een gegeven diafragmagetal F gelijk aan f/b maal de met de scherpteproefkaartmethode gemeten waarde. Het scheidend vermogen op de afdruk is weer $1/n$ maal die op het negatief. Omdat, zoals eenvoudig valt te bewijzen, $f/nb = 1/(\bar{L}+n)$, waarin $\bar{L} = nb/v$ de totaalvergroting voorstelt, volgt derhalve uit de werkhypothese dat het op de afdruk bereikte scheidend vermogen van een gegeven objectief bij een gegeven F gelijk aan ongeveer $1/\bar{L}$ maal de met de scherpteproefkaartmethode gemeten waarde zal zijn, mits $\bar{L}/n$, d.i. de primaire vergroting, ruimschoots groter is dan 1. En daarmee hebben we dan aansluiting gekregen op de in diverse fototijdschriften gepubliceerde gegevens betreffende het scheidend vermogen van tal van fotografische objectieven. Uit deze gegevens blijkt dat het met de scherpteproefkaartmethode gemeten scheidend vermogen van goede kleinbeeldobjectieven gewoonlijk zo rond de 100 lijnen per mm ligt. Volgens de werkhypothese mag van dergelijke lenzen bij een totaalvergroting van $\bar{L}=20$ nog slechts een scheidend vermogen van zo'n 5 lijnen per mm verwacht worden. Omdat ons oog een scheidend vermogen van ca. 10 lijnen per mm bezit (Charpentier, p. 101), zou een dergelijk klein scheidend vermogen reeds in een merkbare, zo niet hinderlijke onscherpte van de afdruk tot uiting moeten komen. Van kleinbeeldobjectieven mag men derhalve geen voor onze doeleinden toereikend scheidend vermogen verwachten. Overigens is de werkhypothese kennelijk een te grove benadering van de werkelijkheid om te verklaren wat het nut is van het omkeren van het objectief wanneer de primaire vergroting meer dan éénmaal is.

Perspectivische vervorming ontstaat als een foto niet onder een gezichtshoek wordt bekeken die gelijk is aan de beeldhoek. De beeldhoek is de werkelijke afmeting van het voorwerp, gedeeld door de voorwerpsafstand v . De gezichtshoek is de afmeting op de afdruk, gedeeld door de afstand a van oog tot afdruk (Charpentier, p. 117). Hieruit volgt dat moet voldaan worden aan:

$$a = \bar{L}v,$$

Is de gezichtshoek kleiner dan de beeldhoek, dan lijkt het perspectief overdreven, hetgeen gemakkelijk hinderlijk wordt. Is de gezichtshoek groter, dan toont de afdruk te weinig perspectief, te weinig diepte, hetgeen in het algemeen niet als erg hinderlijk wordt ervaren. Dit wordt tot uitdrukking gebracht in de formule:

a < Iv (< betekent: kleiner dan of gelijk aan;
 > " " : groter " " " ")

Stelt men $a = 300 \text{ mm}$, dan laten zich met de formule $a \ll \bar{L}v$ en de algemene lensformule $1/b + 1/v = 1/f$ (Charpentier, p. 84) de volgende tabellen berekenen:

L	v(mm)	b(mm)	L	n
≥ 12	≥ 25	groot	groot	onbepaald
10	≥ 30	≤ 150	≤ 5	≥ 2
8	≥ 37,5	≤ 75	≤ 2	≥ 4
4	≥ 75	≤ 37,5	≤ 0,5	≥ 8
2	≥ 150	≤ 30	≤ 0,2	≥ 10
1	≥ 300	≤ 27,3	≤ 0,11	≥ 9

f=25 mm

≥ 6	≥ 50	groot	groot	onbepaald
4	≥ 75	≤ 150	≤ 2	≥ 2
2	≥ 150	≤ 75	≤ 0,5	≥ 4
1	≥ 300	≤ 60	≤ 0,2	≥ 5

f=50 mm

Tenzij men voldoende kleine beeldafstanden kan realiseren en bovendien genoegen neemt met kleine matglasbeelden, zal volgens bovenstaande tabel (d.w.z. als het bezwaar van perspectivische vervorming in de praktijk niet wat blijkt mee te vallen) een 25 mm objectief niet meer bruikbaar zijn bij totaalvergrotingen kleiner dan ca. 8 maal. Wenst men een afdruk van ca. 60 mm, dan is de grootste schelp die men ermee nog mag fotograferen dus ongeveer 7,5 mm. Overigens kan men voor totaalvergrotingen kleiner dan ca. 10 maal beter een 50 mm objectief gebruiken, omdat daarbij blijkens bovenstaande tabellen een grotere waarde van de primaire vergroting L , en dus van het matglasbeeld toelaatbaar is. Bij $L = \text{ca. } 4$ maal bleek het standaard objectief Nikor 50 mm 1:2, achterstevoren gebruikt, heel weinig onder te doen voor het macro-objectief Micro-Nikkor-P Auto 55 mm f/3.5, eveneens omgekeerd gebruikt. Bijgevolg is het standaard objectief geschikt voor schelpen tot ca. 9 mm. In hoeverre voor grotere schelpen een macro-objectief duidelijke voordelen biedt, werd door de auteurs niet onderzocht, omdat het daarbij niet meer om zeer kleine schelpen gaat.

Opdat ook kleurpatronen van de schelpjes op de fotos zichtbaar zijn, verdient het gebruik van panchromatische film de voorkeur. De verlichting van het voorwerp zal veelal tamelijk contrastrijk zijn, omdat men gedwongen is min of meer eenzijdig te verlichten teneinde reliëf aan de oppervlaktesculptuur te geven. De gradatiecurve van de film zal men met het oog daarop liefst niet te steil kiezen. En, vooral, dient de film natuurlijk voldoende fijnkorrelig te zijn en een voldoende groot scheidend vermogen te bezitten. Dunlagige langzame kleinbeeldfilms zullen in het algemeen redelijk aan deze eisen kunnen voldoen. Onze ervaring is bv. dat met Panatomic X van Kodak een "korrelgrootte" van 0,01 mm of minder op het ontwikkelde negatief bereikt kan worden. Van een dergelijke film mag/een scheidend vermogen van ca. 100 lijnen per mm of beter verwachten (Charpentier, p. 269). Een secundaire vergroting van $n = 10$ maal is ernee dus mogelijk zonder dat de beperkingen van de film zich op de afdruk merkbaar maken. Zo'n vergroting stelt natuurlijk wel enige eisen aan de kwaliteit van de vergrotingsapparatuur, en in het bijzonder aan de lens erin.

Het experimentele onderzoek

De doelstelling van het experimentele onderzoek was in hoofdzaak tweeledig: - een vergelijking van diverse objectieven en apparaten aan de hand van de praktijk, en

- nagaan hoe de belangrijkste in de analyse naar voren gebrachte gezichtspunten in de praktijk tot uiting komen.

Getracht is deze doelstelling te realiseren door enkele speciaal voor dit doel uitgezochte schelpjes onder diverse omstandigheden en met diverse apparaten te fotograferen.

Als film werd gebruikt Panatomic X van Kodak, welke werd ontwikkeld met Mikrodol van Kodak.

De beschikbare apparatuur bestond uit:

- 1- een Micro-Nikkor-P Auto 55mm f/3.5 objectief. Deze werd achterstevoren gebruikt, in combinatie met een Nikon camerahuis met fijn genatteerd matglas,
- 2- een stel speciaal voor dit soort fotografie ontworpen Aristophot-objectieven van Leitz-Wetzlar, te weten een Summar 24mm, een Summar 35mm, een Summar 42mm en een Summar 80mm objectief, deze eveneens gecombineerd met bovenomschreven Nikon camerahuis,
- 3- een stel speciaal voor dit soort fotografie ontworpen Luminar objectieven van Zeiss, te weten een Winkel 1:4,5/40mm en een Winkel 1:3,5/25mm objectief. Ze werden eveneens met een Nikon camerahuis gecombineerd,
- 4- een Leitz-Wetzlar binoculair microscoop Ortholux Pol met Orthomat Kamera en automatische belichtingsregeling. Van de diverse op de objectieffrevolver aanwezige objectieven werd alleen het 1:1 objectief gebruikt,
- 5- een Leitz-Wetzlar stereo-zoom microscoop Elvar, met een Leitz systeemcamera met Leica camerahuis. Ter onderscheiding van een binoculaire microscoop wordt een dergelijk apparaat ook wel stereoloupe genoemd. Diafragmering is mogelijk met behulp van door de eigenaar vervaardigde, verwisselbare inlegplaatjes met centrale perforatie. Deze kunnen op eenvoudige wijze in het apparaat worden geplaatst.

Resultaten

De gevolgde werkwijze bleek zich niet zo goed te lenen voor het met zekerheid vaststellen van kleine kwaliteitsverschillen tussen de diverse objectieven en apparaten. De oorzaak hiervan is dat de

fotos niet alleen verschillen in de kwaliteit van de optiek weer-spiegelen, doch ook kleine verschillen in de ligging van het instelvlak en/of in de verlichting (de verdeling van het licht over het voorwerp), alsook afwijkingen van de juiste belichtingsduur. Laatstgenoemde effecten bleken een systematische vergelijking van optische kwaliteiten vaak zeer moeilijk te maken. Onder dit voorbehoud kunnen uit de resultaten de volgende conclusies worden getrokken:

- de dieptescherpte bleek inderdaad steeds zeer gering te zijn, zoals de figuren 1 t/m 3 tonen. De verschillen in scherptediepte tussen de fotos waren klein en van weinig invloed op de kwaliteit daarvan. Hierbij dient opgemerkt dat geen fotos gemaakt werden met zinloos kleine waarden van F;
- bij de tijdens het onderzoek aangehouden "standard" totale vergroting van 40 maal liet het scheidend vermogen van zowel de Luminar- als de Aristophot-objectieven nog niet veel te wensen over. De Luminar-objectieven werden gebruikt bij stand 15 van het diafragma, de Aristophot-objectieven bij stand 12;
- met de binaire microscoop Ortholux en de stereo-zoom microscoop Elvar werden nagenoeg gelijke resultaten bereikt als met bovengenoemde objectieven. De Ortholux kan het beste bij volle opening worden gebruikt. De diafragma-plaatjes in de Elvar leken van weinig invloed op de kwaliteit van de fotos, behoudens dat bij een te kleine perforatie een duidelijke achteruitgang in scheidend vermogen optrad;
- de met het Micro-Nikkor objectief verkregen resultaten bleven duidelijk achter bij die welke met de bovengenoemde apparatuur werden verkregen. Het beperkte scheidende vermogen van dit objectief wordt storend bij totaalvergrotingen boven ca. 20 maal;
- bij een secundaire vergroting van tien maal werd nog geen merkbare hinder van het beperkte scheidend vermogen van de Panatomic X film ondervonden;
- met de Luminar en Aristophot objectieven werd een onderzoek ingesteld naar de juistheid van enkele uit de analyse voortvloeiende conclusies. In grote lijnen bevestigde dit onderzoek dat de brandpuntsafstand van het objectief noch de verhouding tussen primaire en secundaire vergroting een duidelijke invloed op scherpte of scherptediepte van de fotos uitoefent.

Enkele praktische wenken

Trillingen kunnen periodieke vervormingen van de fotoapparatuur veroorzaken, die niet alleen "meegefotografeerd" worden, doch ook meevergroot. Daarom, en omdat de apparatuur, bv. door het gebruik van een balg, nog al eens trillingsgevoelig zal zijn, dient men voorzichtig te zijn met trillingen. Bij voorkeur werke men op een stevige betonnen vloer, zo laag mogelijk in het gebouw, zo dicht mogelijk bij een ondersteuning van de vloer en zo ver mogelijk van alle verkeer.

Voorts leert de ervaring dat zelfs het wegklappen van de spiegel van een spiegelreflexcamera het gevaar van hinderlijke trillingen kan inhouden bij grote totaalvergrotingen (mondelijke mededeling van de heer C. Hoorn, verbonden aan het Rijksmuseum van Natuurlijke Historie te Leiden).

- Vaak zal het object te klein zijn voor het directe gebruik van de lichtmeetapparatuur van de camera. In dat geval kan men de belichtingsduur meten met een beeldvullend mat vuilwit papiertje dat men op de plaats van het voorwerp houdt. Voor lichte

schelpjes geeft dit de vereiste belichtingsduur tamelijk nauwkeurig aan. Voor bv. donkerbruine schelpen (de kleur van koffiebonen) mag men zeker wel de drievoudige belichtingsduur kiezen.

- Veelal zal men voor de verlichting aangewezen zijn op tenminste twee onafhankelijke lichtbronnen. De ervaring leerde dat vaak zeer bruikbare resultaten bereikbaar zijn met één lichtbron en het in fig. 5 geschetste hulpstukje. Wegens de ongelijkmatige verdeling van het door het aluminiumfolie teruggekaatste licht, is deze werkwijze alleen voor zeer kleine schelpen bruikbaar. Deze moeten dan in het "brandpunt" van de aluminium "spiegel" geplaatst worden. Door een juiste positionering van lichtbron en schelp zoeken men dan naar een verlichting die enerzijds de sculptuur van de schelp goed doet uitkomen, en anderzijds een zo gelijkmatig mogelijke verlichting van de schelp geeft, opdat de contrasten op het negatief binnen aanvaardbare grenzen blijven, of althans bij het afdrukken eenvoudig kunnen worden gecorrigeerd.

- Het gebruik van objectieven met een kleine brandpuntsafstand heeft het voordeel dat een groot matglasbeeld kan worden bereikt. Dit vergemakkelijkt de scherpstelling en de algemene beoordeling van dit beeld, en brengt de mogelijkheid van directe lichtmeting met de semi-spot meetmethode binnen bereik. Men vermijde echter perspectivische vervorming, zoals aangegeven onder "analyse".

- Men vermijde zelfs zeer kleine ongerechtigheden (vuil, aangroeisels, niet egale opperhuid) op de schelp. Deze plegen de foto zeer ongunstig te beïnvloeden, vooral als de scherpte marginaal is. Dit laatste is nagenoeg steeds het geval op met een rasterplaat gemaakte reproducties! Zie plaat 3, fig. 2.

- Ingeval de bereikbare scherptediepte aan de kleine kant is t.o.v. de afmetingen van de schelp, verkrijgt men veelal de fraaiste opnamen als de "voorggrond" van de schelp niet hinderlijk onscherp is. Vergelijk plaat 3, fig. 2 en 4.

- Voor het fotograferen kleve men de schelp op een, ook wat betreft de kleur, geschikt gekozen achtergrond, en brenge men de schelp onder de binoculair in de juiste stand.

- 1) Charpentier, P., 1974.. Fototechniek, 4e druk.
Utrecht/Antwerpen, Spectrum.